

7 1
CEPIS 83



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
PROGRAMA DE SALUD AMBIENTAL



CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE - CEPIS

Investigación sobre DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES

Memoria del Simposio realizado en
el CEPIS
del 4 al 8 de julio de 1983

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

Financiado por:
FUNDACION PANAMERICANA DE LA SALUD Y EDUCACION (PAHEF)



71 CEPIS83-329

Investigación sobre
DESINFECCION DE AGUA EN
ABASTECIMIENTOS RURALES

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 93150, 2509 AD The Hague
Tel. (C7C) 814911 ext. 141/142
RN: 5796 / ism 329
LC: 71 CEPIS 83

P R O L O G O

Una encuesta preliminar sobre el aprovisionamiento de agua en el medio rural de diversos países demostró que un elevado número de sistemas abastece de agua "no adecuada para consumo humano" en lo que toca al aspecto bacteriológico, razón por la cual se proyectó un programa de investigación para determinar:

- 1° Cuáles son las razones que originan este problema.
- 2° Estudiar el comportamiento de dosificadores muy simples de cloro.

Este programa fue ejecutado por el CEPIS/OPS, con el financiamiento de la Fundación Panamericana de la Salud y Educación (PAHEF) y con la colaboración de la Subsecretaría de Salud Pública del Chubut de la República Argentina, el Instituto Nacional de Salud de Colombia, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado de Costa Rica, la Universidad de Chile y la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú.

La presente publicación resume las actividades realizadas, los resultados de la investigación y las conclusiones y recomendaciones para resolver los problemas citados.

En esta investigación participaron los siguientes profesionales encargados del Proyecto en sus respectivos países:

- . Ing. Felipe Solsona, Argentina
- . Ing. Julián Góngora, Colombia
- . Ing. Víctor M. Cordero, Costa Rica
- . Ing. Daniel Rodríguez, Chile
- . Ing. Luis Quispe, Perú

Por el CEPIS:

- . Ing. Alberto Flórez Muñoz, Director
- . Dr. Carl R. Bartone, Coordinador de la Unidad de Desarrollo de Tecnología
- . Ing. José M. Pérez Carrión, Asesor en Tratamiento de Agua - Oficial Responsable del Proyecto

Colaboraron en la preparación y edición del presente documento:

- . Sra. Luz María Belaunde de Bustamante, Secretaria
- . Srta. Rosana Battifora Camborda, Secretaria
- . Sr. Luis Torres, Dibujante

CONTENIDO

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| CAPITULO I DESCRIPCION DEL PROYECTO | 1 |
| 1. JUSTIFICACION | 2 |
| 2. DESCRIPCION DE LA INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES | 3 |
| 2.1 Objetivos | 3 |
| 2.2 Actividades realizadas | 3 |
| 2.3 Evaluación de la investigación | 5 |
| CAPITULO II CARACTERISTICAS DEL SEMINARIO | 7 |
| 1. OBJETIVOS | 8 |
| 2. LOS PARTICIPANTES | 8 |
| 3. DESARROLLO DEL EVENTO | 8 |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 9 |
| 4.1 Problemática tecnológica | 9 |
| 4.2 Problemática administrativa y operacional | 10 |
| 4.3 Problemática socio-cultural | 11 |
| 4.4 Problemática financiera | 12 |
| 4.5 Programa regional de investigación y divulgación | 13 |
| CAPITULO III TRABAJOS PRESENTADOS | 15 |
| <u>Investigación sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales en Argentina - Ing. Felipe Solsona</u> | |
| 1. PROBLEMATICA NACIONAL DE LA DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES | 16 |
| 1.1 Tipos de sistemas de desinfección utilizados | 16 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 1.2 Problemas de diseño y eficiencia | 17 |
| 1.3 Problemas de provisión de clorógenos | 18 |
| 1.4 Reacción de los usuarios frente a la cloración | 18 |
| 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION | 19 |
| 2.1 Desarrollo de dosificadores en solución | 19 |
| 2.2 Dosificadores a presión atmosférica | 19 |
| 2.2.1 Dosificador de lata de cerveza | 19 |
| 2.2.2 Dosificador botella y vaso de plástico | 24 |
| 2.3 Dosificadores en cañerías | 26 |
| 2.3.1 Dosificador en cañería de aspiración | 26 |
| 2.3.2 Dosificador en cañería de impulsión | 29 |
| 2.4 Instalaciones | 29 |
| 2.5 Problemas técnico-operacionales por el uso de dosificadores | 29 |
| 2.6 Personal y medios involucrados en la investigación | 30 |
| 2.7 Recomendaciones | 30 |
| 2.8 Resumen | 30 |
| <u>Desinfección de aguas en pequeñas localidades del Brasil - Ing. Leo Muniz de Souza Lima</u> | |
| 1. SISTEMAS UTILIZADOS | 45 |
| 2. MATERIAL NECESARIO | 45 |
| 3. FUNCIONAMIENTO | 46 |
| 4. DIFUSOR AL VACIO | 46 |
| <u>Manual de orientación para sistemas de abastecimiento de agua en pequeñas comunidades-desinfección - CETESB, Brasil</u> | |
| 1. INTRODUCCION | 49 |
| 2. PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA CLORACION | 50 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 2.1 Cloro gasificado | 50 |
| 2.1.1 Características generales | 50 |
| 2.1.2 Aplicabilidad del producto | 51 |
| 2.1.3 Ventajas en la utilización de este producto | 51 |
| 2.1.4 Desventajas en la utilización de este producto | 51 |
| 2.1.5 Dosificadores para cloro gasificado | 52 |
| 2.2 Cal clorada ($\text{CaO} \cdot \text{Cl}_2$) | 52 |
| 2.2.1 Características generales | 52 |
| 2.2.2 Aplicabilidad del producto | 52 |
| 2.2.3 Ventajas en la utilización de este producto | 53 |
| 2.2.4 Desventajas en la utilización de este producto | 53 |
| 2.3 Hipoclorito de sodio (NaOCl) | 53 |
| 2.3.1 Características generales | 53 |
| 2.3.2 Aplicabilidad de este producto | 53 |
| 2.3.3 Ventajas en la utilización de este producto | 53 |
| 2.3.4 Desventajas en la utilización de este producto | 54 |
| 2.4 Equipos para dosificar la cal clorada e hipoclorito de sodio | 54 |
| 2.4.1 Tipos | 54 |
| 2.4.2 Bombas dosificadoras | 54 |
| 2.4.3 Hidroeyectores | 55 |
| 2.4.4 Sistema de fabricación local | 55 |
| 2.5 Pastillas de hipoclorito de calcio | 56 |
| 2.5.1 Características generales | 56 |
| 2.5.2 Ventajas en la utilización de este producto | 56 |
| 2.5.3 Desventajas en la utilización de este producto | 56 |
| 2.5.4 Equipo para aplicación y dosificación de las pastillas | 57 |
| 3. COSTOS | 57 |
| 3.1 Costo de los productos | 57 |
| 3.2 Costo de los equipos | 58 |
| <u>Agua potable y salud - Estudio de la incidencia de diarrea aguda, en localidades rurales con y sin abastecimiento de agua potable - MOP-SENDOS, Chile</u> | |
| 1. FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO | 69 |
| 2. MUESTRA ANALIZADA | 69 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 3. METODOLOGIA EMPLEADA | 69 |
| 4. RESULTADOS OBTENIDOS | 70 |
| 5. CONCLUSIONES | 71 |
| <u>Sistemas de desinfección de agua en el medio rural. Clorador de erosión. Resultados de la investigación de desinfección. Chile - Ing. Daniel Rodríguez</u> | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES | 72 |
| 2. OBJETIVOS Y ALCANCES | 72 |
| 3. SITUACION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL EN CHILE | 73 |
| 3.1 Historia y situación actual | 73 |
| 3.2 Plan de desarrollo futuro | 75 |
| 4. DESINFECCION DEL AGUA EN LOS SERVICIOS RURALES | 79 |
| 4.1 Equipos cloradores empleados en el país | 79 |
| 4.1.1 Equipos de aplicación directa | 79 |
| 4.1.2 Equipos de aplicación en solución | 79 |
| 4.2 Situación actual de los sistemas de cloración en los servicios rurales | 80 |
| 4.3 Consideraciones sobre el programa nacional de desinfección | 84 |
| 5. INSTALACION DE UN CLORADOR DE EROSION | 85 |
| 5.1 Generalidades | 85 |
| 5.2 Descripción del equipo | 85 |
| 5.2.1 Disolvedor de pastillas | 87 |
| 5.2.2 Estanque de solución | 88 |
| 5.2.3 Bomba dosificadora | 88 |
| 5.3 Recomendaciones del fabricante | 89 |
| 5.3.1 Recomendaciones de operación | 89 |
| 5.3.2 Recomendaciones de mantenimiento | 89 |

| | <u>Pág.</u> | |
|-------|--|-----|
| 5.4 | Compuesto de cloro utilizado | 90 |
| 5.5 | Resultados de terreno | 91 |
| 5.5.1 | Determinación de la concentración de cloro | 91 |
| 5.5.2 | Calibración del aparato | 91 |
| 5.5.3 | Consumo de tabletas | 94 |
| 5.6 | Costos del sistema de cloración | 94 |
| 5.6.1 | Costo de adquisición | 95 |
| 5.6.2 | Costo de transporte e instalación por Regiones | 96 |
| 6. | CONSIDERACIONES FINALES | 96 |
| | <u>Programa de investigación sobre "Sistemas de desinfección por medios hidráulicos para agua potable rural". Experiencia colombiana - Ing. Julián Góngora</u> | |
| 1. | PROBLEMATICA NACIONAL DE LA DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES | 104 |
| 1.1 | Análisis de la situación | 104 |
| 1.2 | Análisis de la demanda | 105 |
| 1.3 | Análisis de los costos | 106 |
| 1.4 | Incidencia de los costos por concepto de insumos en el ingreso familiar | 106 |
| 1.5 | Análisis de la oferta | 107 |
| 1.6 | Conclusión | 108 |
| 2. | RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 108 |
| 2.1 | Unidad de desinfección | 108 |
| 2.1.1 | Clorinador tipo Venturi (Acuatécnica) | 108 |
| 2.1.2 | Clorinador a gravedad (tornillo de fijación) | 109 |
| 2.1.3 | Clorinador por Venturi (metalúrgica útil) | 109 |
| 2.1.4 | Clorinador a gravedad (flotador en PVC) | 110 |
| 2.1.5 | Clorinador por gravedad (tipo Unipack) | 110 |
| 2.2 | Criterios de diseño, operación y mantenimiento | 110 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 2.2.1 Para diseño | 110 |
| 2.2.2 Para operación | 111 |
| 2.2.3 Para mantenimiento | 111 |
| 2.3 Ensayos realizados | 111 |
| 2.4 Observación y estudios | 118 |
| 2.4.1 Aspectos técnicos y operativos | 118 |
| 2.4.2 Aspectos socio-culturales | 118 |
| 2.4.3 Aspectos administrativos | 119 |
| 2.5 Aspectos operacionales | 119 |
| 2.5.1 Recursos humanos | 119 |
| 2.5.2 Recursos materiales | 119 |
| 2.5.3 Recursos económicos | 120 |
| 2.6 Aspectos socio-culturales | 120 |
| 2.6.1 Capacidad operativa y administrativa de la comunidad | 120 |
| 2.6.2 Financiación local | 121 |
| 2.6.3 Capacitación de operadores | 121 |
| 2.6.4 Evaluación de la aceptación e impacto sobre la comunidad | 122 |
| 2.7 Conclusiones y recomendaciones | 122 |
| 2.7.1 Conclusiones | 122 |
| 2.7.2 Recomendaciones | 124 |
| 3. ANEXO | 126 |
| <u>Proyecto de investigación de desinfección de agua en el medio rural. Costa Rica - Ing. Víctor Manuel Cordero</u> | |
| 1. SITUACION ACTUAL | 137 |
| 2. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 139 |
| 2.1 Descripción | 139 |
| 2.1.1 Equipo | 139 |
| 2.1.2 Fabricación de las pastillas | 141 |
| 2.1.3 Instalación | 142 |
| 2.2 Análisis de costo | 142 |
| 2.2.1 Costo del clorador | 142 |
| 2.2.2 Costos en la fabricación de pastillas | 142 |

| | <u>Pág.</u> | |
|---|--|-----|
| 2.3 | Características de las pastillas | 142 |
| 2.4 | Aspectos operacionales | 145 |
| 2.5 | Localidades estudiadas | 145 |
| 2.5.1 | Barrio Jesús de Atenas | 145 |
| 2.5.2 | Calle Zamora de San Ramón, Alajuela, San Ramón, San Rafael | 146 |
| 2.5.3 | Quebrada Honda de Patarrá, San José, Desamparados, Patarrá | 146 |
| 2.6 | Capacidad operativa y administrativa de las comunidades | 147 |
| 2.7 | Aceptación e impacto | 147 |
| 2.8 | Conclusiones y recomendaciones | 148 |
| <u>Utilización de resinas para desinfección de aguas en pequeños abastecimientos - Ings. Luis Quispe, María Frisancho y Erik Juscamayta. Lima, Perú</u> | | |
| 1. | INTRODUCCION | 154 |
| 2. | DESARROLLO DEL TRABAJO Y RESULTADOS EXPERIMENTALES | 154 |
| 3. | BREVE DESCRIPCION DE LAS QUERATINAS | 155 |
| 4. | ABSORCION Y DESORCION DE CLORO | 156 |
| 4.1 | Por las escamas de pescado | 156 |
| 4.1.1 | Absorción | 156 |
| 4.1.2 | Desorción | 157 |
| 4.2 | Por la parte queratinosa de cuernos de res | 158 |
| 4.2.1 | Absorción | 159 |
| 4.2.2 | Desorción | 160 |
| 5. | DESARROLLO DEL TRABAJO Y RESULTADOS EXPERIMENTALES EN LA ABSORCION Y DESORCION DE YODO | 161 |
| 5.1 | Por resinas de intercambio iónico | 161 |
| 5.2 | Por escamas de pescado | 166 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 167 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA | 167 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 8. ANEXO: DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DE YODO CON EL REACTIVO DPD | 168 |
| 8.1 Discusión general | 168 |
| 8.2 Aparatos | 168 |
| 8.3 Reactivos | 168 |
| 8.4 Preparación de la curva de calibración | 168 |
| 8.5 Análisis de una muestra | 169 |
| <u>Estudio de producción in situ de hipoclorito - T. Kien Tjiok. IRC/OMS</u> | 178 |
| <u>Algunas consideraciones sobre los aspectos de promoción y educación para la salud y participación comunitaria - Dra. Carmen de Thays</u> | |
| 1. INTRODUCCION | 180 |
| 2. CONSIDERACIONES GENERALES | 181 |
| 3. CONSIDERACIONES ESPECIFICAS | 184 |
| CAPITULO IV ANEXO I - LISTA DE PARTICIPANTES SEMINARIO | 187 |
| CAPITULO V ANEXO II - AGENDA DEL SEMINARIO | 192 |

CAPITULO I

DESCRIPCION

DEL

PROYECTO

1. JUSTIFICACION

La mayoría de las personas que habitan en el medio rural de los países en desarrollo se encuentran en condición económica muy baja. La situación es tan aguda que ni siquiera pueden satisfacerse las necesidades básicas de vivienda, educación y salud, a un nivel compatible con la dignidad humana.

Las consecuencias son tan alarmantes que en el medio rural de la Región, sólo 37 millones de habitantes tienen un sistema de aprovisionamiento de agua, y alrededor de 80 millones de hombres, mujeres y niños carecen de este servicio, dando como resultado una elevada incidencia de enfermedades gastrointestinales, una mortalidad infantil que supera en algunos países el 140‰ y que la esperanza de vida sea inferior a 40 años.

Aunque no es fácil obtener información confiable sobre la calidad del agua para consumo humano y la de los abastecimientos rurales de América Latina, se puede concluir que se presentan los siguientes problemas comunes:

- falta de soluciones tecnológicas compatibles con los recursos y grado de desarrollo existentes en el área;
- ausencia de unidades de desinfección en un gran número de sistemas rurales de agua potable;
- discontinuación de desinfección. Donde existen unidades de desinfección, sufren interrupción temporal o total por:
 - . deterioro de dosificadores;
 - . falta de sustancias químicas; y
 - . deficiencias de operación y mantenimiento
- falta de decisiones oportunas de alto nivel para ordenar la ejecución de programas de desinfección;
- carencia de recursos financieros permanentes que no sólo faciliten la compra e instalación del equipo de desinfección sino también el suministro permanente de las sales de cloro;
- falta de programas efectivos de vigilancia y control de calidad del agua para consumo humano, por parte de las autoridades de salud pública;
- inadecuada o carencia de consideración de factores comunitarios para que a través de actividades de educación sanitaria, los pobladores comprendan los beneficios del consumo de agua desinfectada, a fin de lograr una completa aceptación del proceso. Sólo cuando la comunidad se compenetre en las bondades de la desinfección, se podrá obtener su completo apoyo en la operación y mantenimiento del sistema y pagará gustosa una suma para la compra permanente de sales de cloro.

En vista de estos problemas, la División de HPE de la OPS, resolvió ejecutar una investigación dirigida a la obtención de información sobre el estado de la desinfección de agua en abastecimientos rurales, y los problemas correspondientes a los aspectos técnicos, administrativos y socio-económicos, contando con el apoyo financiero de PAHEF, ejecutándose dicha investigación conforme se indica a continuación.

2. DESCRIPCION DE LA INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES

2.1 Objetivos

General

Contribuir a que los Programas de Agua Potable y Saneamiento Básico de la Región ofrezcan una desinfección efectiva del agua que abastecerá a los poblados del medio rural.

Los objetivos específicos de la investigación fueron:

- identificar el estado de la desinfección de agua en el medio rural (por muestreo);
- identificar los tipos de cloradores utilizados;
- encontrar criterios de diseño, operación y mantenimiento de los siguientes clorinadores:
 - Hidráulicos
 - De erosión
 - De difusión o saturación
 - De resinas
- determinar los factores que influyen en las técnicas de desinfección del agua potable para poblados rurales en los componentes logísticos, técnicos y laborales requeridos para mantenerlas en operación durante su período de vida;
- determinar los factores socio-económicos y culturales que influyen en la desinfección del agua en sistemas rurales.

2.2 Actividades realizadas

1° etapa previa:

- a) Obtención de información técnica de países desarrollados y en desarrollo sobre cloradores para uso en medio rural.
- b) Obtención de información sobre tipos de cloradores utilizados en los países del área. Criterios de diseño, operación y mantenimiento, en forma general en los países del área y, con detalle, en Argentina, Colombia, Chile, Costa Rica y Perú.

- c) Identificación y selección de los siguientes organismos nacionales para colaborar en la investigación:

Subsecretaría de Salud Pública del Chubut - Argentina
Instituto Nacional de Salud-Ministerio de Salud - Colombia
Universidad de Chile - Chile
Instituto de Acueductos y Alcantarillado - Costa Rica
Universidad Nacional de Ingeniería - Perú

2° etapa - ejecución de la investigación:

- a) Definición del estado de la desinfección en abastecimientos rurales de agua.
- b) Construcción e instalación de cloradores piloto.
- c) Determinación de criterios de diseño, operación y mantenimiento de cloradores indicados.
- d) Determinación de factores socio-económicos y culturales de carácter relevante y que influyen en la desinfección del agua en sistemas rurales.
- e) Evaluación de las unidades de cloración seleccionadas.

Se investigaron los siguientes hipocloradores:

| Tipo | Organismo Investigador | Ubicación |
|--------------|--|------------|
| Hidráulico | Subsecretaría Salud Pública - Chubut | Argentina |
| Erosión | Universidad de Chile | Chile |
| Hidráulico | Proyecto de Desarrollo Rural del Instituto Nacional de Salud | Colombia |
| Difusión | Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado - AyA | Costa Rica |
| Macroresinas | Universidad Nacional de Ingeniería | Perú |

- f) Análisis de datos y obtención de conclusiones:

Se determinaron previamente los criterios de confiabilidad y los de rechazo de datos; posteriormente se analizaron los datos obtenidos encontrándose eficiencias, grado de adaptación tecnológica de las soluciones planteadas a factores técnico-administrativos y socio-culturales que influyen en el proceso de desinfección.

g) Preparación de informes técnicos:

La investigación se realizó en forma general en Colombia, Chile, Costa Rica y Perú, seleccionando las comunidades representativas de las condiciones existentes en cada país y, en detalle, una comunidad en la que se utilizó el clorador previamente estudiado, conforme se aprecia en los trabajos que constituyen el Capítulo 3 de esta Memoria.

3° etapa - divulgación de los resultados:

- a) Ejecución de un seminario en el CEPIS, sobre desinfección del agua en abastecimientos rurales.
- b) Publicación de los resultados del seminario.
- c) De existir interés, probable repetición de eventos similares en otras subregiones o países, financiados con fondos locales.

4° etapa:

Esta etapa se ejecutó simultáneamente con las anteriores y comprendió el mecanismo permanente de evaluación de:

- a) Las hipótesis y planes en la planificación.
- b) Las técnicas utilizadas en el período de investigación.
- c) La gestión administrativa y técnica en forma continuada.
- d) Los resultados de la investigación al ejecutar el talles de divulgación.
- e) La eficacia del programa al analizar los resultados, efectos y cambios logrados a mediano plazo.

2.3

Evaluación de la investigación

Se cumplió a cabalidad con los objetivos y actividades previstos. No obstante, se presentaron los siguientes problemas:

- Dada la gran disparidad de soluciones utilizadas, la variación de las características de los medios rurales estudiados y la gran gama de problemas específicos, se optó por ofrecer únicamente metas y guías de investigación, solicitando a cada institución la elaboración específica de cada programa de investigación. Esta política, si bien facilitó la ejecución de la investigación, dificultó en cambio la interpretación y comparación de los resultados.
- Otros problemas que influyeron en la ejecución normal de las actividades fueron los trámites administrativos interinstitucionales y legales, así como la poca disponibilidad de tiempo de los investigadores, tanto a nivel de organismos nacionales como internacionales.

- Adicionalmente, el costo final de la investigación se elevó, especialmente en lo concerniente a aportes nacionales y locales, debido al incremento de la duración de las investigaciones.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS

DEL

SEMINARIO

1. OBJETIVOS

- 1° Permitir un intercambio extenso de experiencias entre los investigadores principales y hacer un análisis comparativo de los resultados encontrados.
- 2° Establecer futuras directrices para investigaciones sobre desinfección de agua en la Región.
- 3° Desarrollar un programa de divulgación de los resultados e información sobre metodologías para la implantación de sistemas completos de desinfección de agua en el medio rural, que abarquen los componentes mencionados.

2. LOS PARTICIPANTES

Participaron veinte profesionales pertenecientes a organismos públicos de 10 países, entre los cuales estaban los investigadores principales del programa, un grupo selecto de especialistas en el tema y observadores de agencias financieras y organismos internacionales (ver lista de participantes - Anexo I).

3. DESARROLLO DEL EVENTO

El seminario se llevó a cabo en la sede del CEPIS, en Lima-Perú, del 4 al 8 de julio de 1983, con una intensidad diaria de ocho horas.

Las exposiciones de los temas fueron realizadas por los respectivos investigadores.

Se estudiaron los siguientes tópicos:

- a) Panorama del estado de la desinfección de agua en el medio rural de América Latina.
- b) Presentación de los resultados de la investigación.
- c) Análisis de la problemática relacionada con cada uno de los aspectos:
 - . técnicos
 - . administrativos
 - . operacionales
 - . económicos
 - . socio-culturales
 - . proceso de desarrollo y transferencia de tecnología en general
- d) Planteamiento de posibles soluciones y recomendaciones para un programa de investigación y diseminación.

En el Anexo II de esta memoria se detallan los puntos contenidos en el programa de este seminario.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Problemática tecnológica

Analizados los aspectos técnicos del problema de la desinfección del agua en abastecimientos rurales, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1° La desinfección es sólo un medio para lograr un objetivo dentro de la calidad de agua por lo que también debe considerarse dentro de éste, la protección de las fuentes y -en base a ambas- establecer prioridades en la aplicación de la desinfección de acuerdo a las necesidades del proyecto específico en cada lugar.
- 2° Cada país deberá buscar su solución tecnológica considerando los factores socio-económicos y culturales que le son propios, estableciendo un espíritu crítico respecto a ella e insistiendo en que la solución técnica ideal es aquella que tiene las siguientes características: costo reducido; exactitud; fácil construcción, operación y mantenimiento.
- 3° Se considera que las soluciones más apropiadas son aquellas que pueden llevarse a cabo con los elementos locales disponibles, es decir, soluciones que no dependen de dispositivos o accesorios de importación. Sin embargo, debe afirmarse que ninguna de las tecnologías presentadas puede recomendarse como ideal.
- 4° Es necesario tratar de unificar el empleo de una misma solución tecnológica.
- 5° El principal problema tecnológico no está en el equipo de cloración exclusivamente, sino en la operación y mantenimiento de éste. Por ejemplo, es más importante que el equipo satisfaga el último aspecto (operación y mantenimiento) sacrificando una parte de la precisión, ya que la demanda de cloro es variable.
- 6° Dentro de la problemática tecnológica, el costo de los equipos en sí mismo no resulta tan importante, por lo que se debe considerar que no necesariamente la tecnología apropiada es siempre la de más bajo costo, sino aquella que resuelva en mejor forma la operación y mantenimiento.
- 7° No sólo deben considerarse los aspectos operativos y económicos, sino también otro punto indispensable: la participación de la comunidad. Esto conduce a la siguiente recomendación: el equipo profesional debe ser interdisciplinario; el ingeniero debe trabajar con otros profesionales que tengan alguna intervención en el suministro de los servicios, surgiendo así la necesidad de que en todo proyecto se consideren necesariamente aspectos socio-culturales.

- 8° Se estima que las investigaciones y soluciones que se presentaron en el seminario, divergen en sus aspectos técnicos y en sus resultados ya que hubo disparidad de criterios y condiciones de ejecución en cada país. Los trabajos fueron presentados atendiendo fundamentalmente el aspecto de diseño, dando una menor atención a otros aspectos de la problemática general de la desinfección.
- 9° Es conveniente que se formule un catálogo general que contenga todas las tecnologías mostradas en el seminario, así como otras existentes; difundirlo entre todos los países de la Región y que cada uno adopte aquellas que le signifiquen o representen mayores ventajas de diseño, funcionamiento, operación y economía y que, desde luego, impliquen una mayor aceptación de la población con miras a una participación mayoritaria de la misma.
- 10° Es necesario difundir la información tecnológica para evitar la duplicidad de esfuerzos y para no continuar con aquellas soluciones que no han dado resultados convincentes.

4.2

Problemática administrativa y operacional

Considerando que la parte administrativa es tan importante como la técnica -ya que más de la mitad de los sistemas que se dejan de operar se debe sustancialmente a que tienen una mala administración- se acordó que:

- 1° La administración significa uno de los mayores problemas de una operación y mantenimiento. Es importante que las juntas que operan los servicios cuenten con un respaldo técnico-administrativo, ya que muchas veces, después de la entrega de un sistema, éste se deteriora debido a deficiencias administrativas.
- 2° La resolución del problema económico es uno de los aspectos más importantes para lograr una buena desinfección, por lo que se recomienda que cada país defina una política que contemple la asignación de recursos económicos adecuados. Esto se podrá lograr si los organismos financieros externos exigen, para el otorgamiento de créditos, el establecimiento de una contra/partida nacional que cubra este costo. También se puede considerar que las agencias internacionales promuevan y difundan en los países la importancia de este aspecto.
- 3° Cada país deberá diseñar un plan o programa para enfrentar la distribución masiva de agentes desinfectantes, así como repuestos y accesorios.
- 4° Se debe investigar qué agencias internacionales pueden participar en la adquisición de equipos y desinfectantes, de tal forma que se puedan reducir los costos de adquisición para aquellos países que lo soliciten, o tengan restricciones arancelarias.
- 5° Se debe considerar el establecimiento de programas de control de calidad, que se apoyen principalmente en la propia comunidad, para lo cual se debería adoptar métodos simples adaptados a su realidad y sobre todo de bajo costo.

- 6° Por otra parte, los organismos encargados de la vigilancia de la calidad deberán establecer prioridades considerando un incremento paulatino de la intensidad de acción, basándose principalmente en los resultados obtenidos y la disponibilidad de recursos, y no en normas o pautas preestablecidas que generalmente corresponden a áreas urbanas o a países desarrollados.

4.3

Problemática socio-cultural

Es necesario tomar en consideración el interés de las comunidades respecto a la necesidad de contar con un servicio; el conocer sus propias tendencias y ejecutar un diagnóstico de los problemas tendientes a desarrollar una política de sensibilización y educación.

Se ha encontrado que cuando las comunidades no tienen interés en la implementación de un servicio, es fundamentalmente por el desconocimiento de los beneficios que va a recibir, causado por la carencia de una promoción adecuada.

La falta de educación y los múltiples problemas de carácter social que frecuentemente identifican a las comunidades rurales latinoamericanas contribuyen a la existencia de ese desinterés.

Los problemas socio-culturales son tantos y de una sutileza tal, que la aplicación unilateral de las soluciones, sin tomar en cuenta observaciones e idiosincrasias de la comunidad, producen resultados negativos en muchos programas rurales.

Las "mejoras prioritarias para los técnicos" no necesariamente ocupan el mismo nivel de importancia para la comunidad, lo cual es punto medular en la solución de problemas de provisión de servicios en el medio rural.

Por todo lo anterior se considera que:

- 1° Se verifica la participación de la comunidad en los trabajos necesarios de implementación de un sistema de agua en la zona rural y que siempre se generan problemas en la operación y mantenimiento de los sistemas.
- 2° La educación sanitaria, no siempre existente en los programas rurales, es de suma importancia para la ejecución de programas tendientes a crear mejores condiciones de vida y salud en la propia población rural, debiendo capacitarse a los promotores rurales, concientizar a la comunidad utilizando un lenguaje y medios de información accesibles.
- 3° Los órganos ejecutores no conseguirán alcanzar sus objetivos si no tienen una estructura adecuada que permita la necesaria orientación a la comunidad; el problema crece cuando el profesional no tiene la habilidad para asumir o enfrentarse con toda la responsabilidad que impone un trabajo comunitario.

- 4° Finalmente, los comportamientos socio-culturales de las comunidades obtenidos en las experiencias piloto, no pueden ser aplicados íntegramente a otras áreas salvo que existiesen condiciones de similitud comprobada.

4.4

Problemática financiera

Al analizar los aspectos financieros, los grupos de trabajo concluyeron que:

- 1° Como primer problema, se presenta una falta de disponibilidad de recursos financieros que redundando inmediatamente en problemas técnicos, operacionales y administrativos.
- 2° Se debe eliminar el concepto de "agua gratis" debiendo implantarse sistemas tarifarios que cubran como mínimo los gastos de operación y mantenimiento, ya sea a través de entidades municipales, juntas o empresas administradoras, o a través de la propia comunidad.
- 3° Se debe propender a que las empresas urbanas generen excedentes, optimizando sus sistemas, de tal forma que los recursos puedan ser reorientados al sector rural.
- 4° Se verifica la necesidad de concientizar a la comunidad en el sentido del beneficio que la implantación de un sistema de agua traería para la población, lo que influirá para que la misma comunidad colabore en la construcción del sistema, así como también para que participe en la operación y mantenimiento, o pague normalmente una tarifa establecida para tal finalidad.

La gente en muchos casos, no paga las tarifas que se le fijan, provocando con esto que el sistema se abandone por falta de recursos que le permitan su continuidad en la operación, conservación, y peor aún, en ampliaciones futuras.

Las causas de la falta de pago son de múltiple origen: carencia de conocimiento en los beneficios de carácter sanitario que los usuarios van a tener u otras razones de carácter psicológico, político; falta de recursos económicos; tarifas mal preparadas; una mala administración, etc.

- 5° Normalmente, no son adecuados los salarios de los encargados de la operación y mantenimiento de los sistemas, lo que provoca una constante rotación de la mano de obra.
- 6° Se requiere una mayor colaboración de las instituciones locales en las obras de agua potable, pues casi siempre los aportes nacionales son a fondo perdido, por falta de una oportuna restitución de las municipalidades o de las comunidades.

- 7° Se sugiere que no se cambien los fondos generados en o para el sector, ya sea a nivel nacional, regional o local, con lo cual podría lograrse su refinanciamiento parcial.
- 8° Muchas veces se presentan casos de déficit financiero debido al elevado costo generado por el uso de soluciones tecnológicas clásicas, y no compatibles con el nivel de recursos existentes.
- 9° La creación de fondos rotativos nacionales contribuiría a balancear costos y facilitar la operación y mantenimiento, superando los posibles obstáculos producidos por las comunidades económicamente deficitarias.

4.5

Programa regional de investigación y divulgación

A)

Política general:

- 1° Continuar con la evaluación de tecnologías para la desinfección de agua siguiendo una metodología común que facilite la comparabilidad o intercambio de resultados.
- 2° Promover proyectos de demostración con el fin de aplicar algunas de las soluciones tecnológicas más prometedoras a escala masiva, y buscar y evaluar soluciones apropiadas correspondientes para los subsistemas de:
 - . comunicación y educación social
 - . aprovisionamiento de cloro
 - . administración local
 - . operación y mantenimiento
 - . control de calidad de agua
 - . capacitación
- 3° Diseminar ampliamente los resultados.

B)

Acciones de los países:

- 1° Identificación de prioridades nacionales de investigación sobre desinfección rural.
- 2° Preparación de propuestas de desarrollo, evaluación y demostración de sistemas de desinfección rural.
- 3° Incorporación de los proyectos en programas existentes de desarrollo rural y/o en programas de inversión en el sector agua y saneamiento rural, especialmente los financiados por BID, BIRF, GTZ, AID, etc.
- 4° Promover y facilitar la información y comunicación entre los propios investigadores y CEPIS/OPS.

C) Acciones CEPIS/OPS:

- 1° Preparar y divulgar una memoria del seminario, la que debería contener los siguientes aspectos:
 - . descripción de la investigación realizada y sus resultados
 - . conclusiones y recomendaciones del seminario.
- 2° Elaborar nuevos protocolos de investigación de unidades de desinfección para el medio rural.
- 3° Preparar y difundir "Hojas de Divulgación" de información técnica sobre unidades de desinfección de agua para abastecimientos rurales.
- 4° Identificar organismos nacionales e internacionales que puedan proveer de fondos para investigación, y colaborar al establecimiento de los contactos preliminares entre ellos y las investigaciones nacionales.
- 5° Proveer de información técnica, así como de avances de investigaciones similares, especialmente a través de la REPIDISCA.
- 6° Que el CEPIS realice un acompañamiento y preste mayor apoyo técnico a los programas de investigación en el área de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano.
- 7° Confeccionar un manual sobre "desinfección de agua en abastecimientos rurales".

D) Líneas de investigación:

- 1° Continuar la evaluación y perfeccionamiento de los equipos de cloración actualmente en uso.
- 2° Desarrollar y evaluar la tecnología en:
 - . desarrollo de nuevas unidades
 - . evaluación preliminar de los prototipos en el campo
- 3° Ejecutar programas de demostración de sistemas integrales de desinfección a escala regional siguiendo los delineamientos de política establecidos en el numeral 2° del punto (A) de este capítulo (política general).
- 4° Evaluar el impacto en la salud y bienestar, producido por el aprovisionamiento de agua en calidad y cantidad para el medio rural.

CAPITULO III

TRABAJOS PRESENTADOS

Investigación sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales en Argentina

Ing. Felipe Solsona

1. PROBLEMATICA NACIONAL DE LA DESINFECCION DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES

En la República Argentina, numerosas son las instituciones que proveen agua en el ámbito rural: el Servicio Nacional de Agua Potable a través de sus servicios provinciales; algunos servicios de saneamiento ambiental; ciertas municipalidades; entes pertenecientes a Direcciones de Recursos Hídricos, y aun compañías particulares son sólo parte del gran espectro de proveedores de agua.

Toda esa acción da pie a una buena cobertura de la población rural nucleada. Sin embargo, como es casi norma en los países en vías de desarrollo, "cobertura" no implica necesariamente "provisión de agua potable" y esto se verifica en la mayoría de los países del Tercer Mundo, en que prioritariamente se trata de dar agua y sólo en segundo lugar se trabaja para que esa agua reúna condiciones de sanidad asegurada, siendo la más básica de esas condiciones la desinfección de las mismas por el agregado de clorógenos.

Dentro de ese contexto puede afirmarse que en la Argentina, en general, el servicio rural de aguas es bastante eficiente, y una estimación aproximada (no existen datos exactos) daría que la cloración se efectúa en el 60% de esos servicios. Independientemente de cuál sea la empresa que proyectó y construyó un sistema, tal sistema será entregado a la comunidad o será puesto en operación invariablemente con un sistema de desinfección instalado.

1.1 Tipos de sistemas de desinfección utilizados

Si bien como se mencionó en el último párrafo del punto anterior, en todos los casos las empresas que construyen los sistemas de provisión de agua entregan o ponen en funcionamiento un sistema de desinfección, las características de estos últimos son de lo más variadas. En efecto, y dependiendo de factores tales como importancia o complejidad de la planta de tratamiento; disponibilidad de fondos para el sistema de cloración; disponibilidad de tales o cuales sistemas en el mercado y aun de preferencias a nivel de los proyectistas, numerosos son los diseños y tipos de cloradores que se emplean.

Entre estos podemos considerar dos grandes categorías: a) de fabricación industrial y b) hechos en el lugar.

Entre los primeros se individualizan:

- i) bombas dosificadoras a diafragma
- ii) sistemas bombona-venturi

Entre los segundos:

- iii) eyectores de agua productores de vacío
- iv) flotantes con tubo
- v) recipiente con válvula de flotante
- vi) botellones invertidos
- vii) tanque y regulación
- viii) jackets plásticos y válvula clip

Estos sistemas están diagramados en las Figuras 1.1 a 1.8.

1.2 Problemas de diseño y eficiencia

Con respecto a los cloradores utilizados en la Argentina, y en general en todos los países, podría afirmarse que la situación ideal es aquélla en la que un dosificador cumple con las siguientes cuatro premisas básicas:

- costo reducido
- exactitud (error menor del 10%)
- fácil producción en cualquier lugar
- sencilla operación y mantenimiento

Con absoluta seguridad puede aseverarse que de todos los sistemas descritos anteriormente, y que como se ha mencionado, son de uso difundido en el país, ninguno cumple acabadamente con las cuatro premisas.

Tal situación puede verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 1-1

| Tipo de dosificador | Costo | Exactitud (error %) | Producción | OSM |
|-------------------------|----------|---------------------|-----------------|----------|
| Bombas dosificadoras | Muy alto | < 10 | Industrial | Cuidada |
| Bombona-venturi | Alto | 10 - 20 | Semi industrial | Cuidada |
| Eyector de agua | Mediano | 30 - 50 | Semi industrial | Sencilla |
| Flotante con tubo | Reducido | 20 - 30 | Local | Sencilla |
| Recipiente c/v flotante | Reducido | 20 - 30 | Local | Cuidada |
| Botellón invertido | Reducido | 50 - 100 | Local | Sencilla |
| Tanque y regulación | Reducido | > 100 | Local | Sencilla |
| Sachet y válvula clip | Reducido | 50 - 100 | Local | Sencilla |

Con respecto a problemas específicos de operación y mantenimiento, cabe decir que todos los equipos descritos, al tener en general conductos de poco diámetro se tapan fácilmente. Las bombas a diafragmas requieren disponibilidad de electricidad, y frecuentemente los motores sufren problemas. Las bombonas sufren atascamiento en los conductos y cada tanto se debe cambiar la membrana elástica. La válvula de flotante del recipiente con válvula, sufre el ataque corrosivo del cloro y en general el problema de la corrosión está presente para todos los diseños.

En cuanto a la operación, la misma es sencilla en todos los casos; no presenta mayor complejidad y puede ser efectuada aun con operarios de planta de bajo nivel de adiestramiento.

1.3 Problemas de provisión de clorógenos

La Argentina es un país semi industrial y presenta en casi toda su área geográfica buenos medios de comunicación aun en regiones alejadas.

Por la primera razón se explica que en casi todas las provincias haya, o bien fábricas productoras de cloro, o bien proveedores bien surtidos con distintos tipos de clorógenos. Por la segunda, esos clorógenos pueden llegar fácilmente a cualquier localidad rural del país.

Eso en cuanto a la posibilidad de aprovisionamiento.

En cuanto al aprovisionamiento en sí, en cambio, la situación no es tan ideal. No siempre se dispone de cloro para desinfectar en todos los sistemas, y además cuando se dispone del clorógeno, no siempre hay una reserva suficiente, o directamente no clora. Esto obedece a dos factores.

El primero se debe a que, por razones socio-económicas en algunos casos o por razones políticas en otros, las tarifas del agua potable que se cobren al usuario son muy bajas, insuficientes para poder hacer frente a los costos de operación del sistema; y a veces también (y esto se da principalmente en las poblaciones menores) los responsables del sistema (cooperativa-empresa, etc.) no presionan lo suficiente a los usuarios para que éstos paguen en forma puntual.

El segundo factor se explica en el punto siguiente.

1.4 Reacción de los usuarios frente a la cloración

Tal como se mencionó en el punto 1.2, los equipos más sencillos (que son los que más se emplean en los sistemas menores) son los más afectados por errores de dosificación o por dificultades en el funcionamiento.

Esto trae aparejado que en algunas oportunidades, la red de distribución no contenga cloro y en otras haya exceso del químico. El usuario sufre entonces muy notables variaciones en el gusto y olor del agua. Hay quejas y se presiona al operador de la planta.

La resultante es que entonces el operador tiende a dejar de dosificar, a no solicitar clorógeno cuando hace falta o cuando se está acabando, y hasta ha habido casos en que ha llegado a sabotear los equipos para justificar su no utilización. Esta es la otra razón por la cual en muchos sistemas no se clora alcanzando esta estimativa del 40% en la no cloración.

Todo lo antedicho sirve como corolario final para reforzar el criterio de que los dosificadores a utilizarse deben reunir las características de ser exactos y de sencilla operación y mantenimiento, sin dejar de ser baratos y de fácil producción local.

2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

2.1 Desarrollo de dosificadores en solución

Las condiciones que se presentan en una planta de tratamiento respecto a la dosificación de sustancias líquidas son de dos tipos:

- a) descarga a presión atmosférica
- b) descarga en cañerías

La primera es la directa dosificación en lugares abiertos: canales, tanques, depósitos.

La segunda es la directa dosificación con introducción de la sustancia en una cañería generalmente conectada a una bomba,

En este caso se reconocen dos posibilidades:

- b₁) descarga en cañería de aspiración
- b₂) descarga en cañería de impulsión

En el trabajo empeñado se obtuvieron logros en los casos a) y b₁), no habiéndose completado la totalidad de estudios para obtener un dosificador tipo b₂), si bien se trabajó en el desarrollo de uno de estos sistemas,

A continuación se hará una descripción del estudio de los diseños logrados respetando el análisis de los siguientes puntos: esquema general del equipo, descripción de las partes, eficiencia y operación,

2.2 Dosificadores a presión atmosférica

Se desarrollaron dos equipos, que aunque basados en el mismo principio de carga hidráulica constante, difieren en el material empleado en su construcción, lo que provoca una diferente eficiencia.

2.2.1 Dosificador de lata de cerveza

A) Esquema general del equipo

El esquema general del equipo consta de un recipiente con solución stock que descarga su contenido en el dosificador a través de un tubo flexible,

La salida es también con un tubo flexible que lleva una válvula de regulación, lo que permite controlar el caudal a dosificar (ver Figura 1.9).

B) Recipiente de solución stock

Si bien desde el punto vista teórico este recipiente puede tener cualquier capacidad, en la práctica lo usual será utilizar desde un cubo o balde de cinco litros hasta tanques de fibra cemento de cualquier capacidad,

Teniendo en cuenta que en áreas rurales lo más accesible puede ser un cubo de 20-25 litros, y que con un volumen a dosificar de 25 litros de hipoclorito 10% se puede desinfectar un agua con una demanda de un ppm durante un período de 24 horas -suficiente para una población de 20,000 habitantes- se recomienda este tipo de recipiente. En las experiencias, al comienzo se utilizaron cubos de latón y de plástico. En el primer caso, tanto el material desnudo como la utilización de diversas pinturas fueron seriamente afectados por el poder oxidante del cloro. Sólo la pintura tipo epoxibituminosa resistió tal ataque.

Sin embargo, por ser difícil en ciertas áreas conseguir tal pintura y por tener costo alto, se recomienda el uso de cubos o recipientes de plástico, inatacables por el cloro.

El recipiente cuenta con una descarga en su parte inferior, sobre una pared lateral y es importante que cuente con una tapa.

Se ha de instalar a una altura aproximada de un metro sobre el nivel del dosificador para minimizar los errores por variación de la carga hidráulica en su interior.

C) Filtro para solución

Al ser los conductos y pasos relativamente estrechos, la solución a dosificar debe estar libre de partículas sólidas que puedan causar obstrucciones.

Esto requiere dos condiciones. Una que se utilice clorógeno líquido (hipoclorito 8-12%) o bien clorógeno sólido disuelto muy bien filtrado antes de echar en el recipiente de stock, ya que siempre al disolver hipoclorito 25-35% queda un considerable insoluble. La otra, que se conecte al comienzo el conducto; esto es, dentro del mismo recipiente, un filtro que retenga cualquier eventual sólido.

Excelentes resultados se han obtenido con filtros de nafta comunes, de los utilizados en automóviles.

Sin embargo, también es factible confeccionar un filtro eficiente y sin costo, con un pequeño frasco o tubo de plástico con tapa también plástica de los que traen grageas medicinales.

El fondo del tubo estará agujereado y se conectará un trozo de bolígrafo que se pegará con masilla o pegamento epoxi.

En el otro extremo, la tapa tendrá conveniente cantidad de agujeros, y en el interior se colocará un algodón no muy apretado para que el líquido pase con facilidad. El trozo de bolígrafo se conectará por medio de una manguerita plástica flexible a otro trozo de bolígrafo colocado en la parte lateral inferior del recipiente y que actúa como descarga del mismo (ver Figura 1.10).

D) Dosificador

El dosificador está constituido por un contenedor y un flotante.

El contenedor es una lata de cerveza o gaseosa vacía.

Si bien las latas pequeñas de 330-350 ml pueden utilizarse perfectamente, se aconseja para mayor precisión el uso de latas de 450-470 ml.

A la lata debe sacársele la tapa con un abrelatas y sobre la pared, a ras del fondo, se le practica un agujero por donde se introduce un trozo de bolígrafo de plástico, que debe penetrar al interior no más de 0.5 cm y saldrá al exterior 4 ó 5 cms. Este trozo de bolígrafo se suelda con pegamento o masilla epoxi.

Sobre la parte superior se coloca una tapa cuadrada o circular que se pega también al borde.

Esta tapa tiene dos agujeros. Uno central por donde se introduce un trozo de bolígrafo que penetra en el interior 1 cm aproximadamente, y que está firmemente soldado o pegado. El otro agujero será de 0.5 cm y servirá como respiradero para que salga el aire.

El material de la tapa puede ser cualquiera: madera, plástico, chapa, etc. El flotante podrá ser un trozo de espuma de poliuretano cilíndrico o bien puede ser construido con un envase vacío de spray o aerosol.

A este envase se le quita la válvula y se sella el agujerito que deja la misma. En la parte superior del flotante se coloca un trozo de goma de 3-4 cm de lado o diámetro. Esta goma tendrá un espesor aproximado de 1 cm y es condición que sea blanda para permitir un buen cierre. Gomas de burletes son especiales para este fin. La goma se pega al trozo de espuma de poliuretano o envase de aerosol con pegamento epoxi, y estará centrada con respecto al eje longitudinal de los mismos.

La separación entre la pared lateral del flotante y la interna de la lata contenedora no será mayor de 0.5 cm.

Las latas y tapa habrán de pintarse con pintura epoxi bituminosa que resista el ataque oxidante del cloro.

En caso de usarse flotante de espuma de poliuretano, éste no se pinta, como tampoco se pintará la goma para que no pierda su elasticidad. Por otra parte, el ataque a la misma es muy poco apreciable (ver Figura 1.11).

E) Válvula de regulación

Sobre la manguera de descarga de clorógeno, a la salida del dosificador, se coloca una válvula de regulación. Esta válvula en realidad, al tener que regular muy bajos caudales que pasan a través de tubos plásticos flexibles de poco diámetro, es factible realizarla con elementos muy simples.

Una pinza de Mohr puede resultar útil, pero en caso de querer confeccionarla con elementos sencillos, se obtienen muy buenos resultados con dos tipos de diseño. En el primero se utilizan un tapón rosca macho y otro rosca hembra de 1/2 ó 3/4 de pulgadas. El tapón rosca hembra lleva un agujero en dos paredes opuestas y por allí se pasa el tubo flexible. Una moneda sobre la parte superior del tubo e inferior del tapón rosca macho evita que éste lastime al tubo (ver Figura 1.12).

En el segundo, una bisagra larga (tipo doble T) agujereada y con un bulón con tuerca mariposa permite una muy buena regulación (ver Figura 1.13).

Diseños semejantes pueden ser utilizados con todo éxito.

F) Conexiones

Todas las conexiones se hacen con un tubo plástico flexible transparente. Su diámetro dependerá del diámetro de los trozos de bolígrafo a donde irán conectados. De todos modos se recomienda como diámetro ideal el tubo de 0.8 - 1 cm.

La unión de los tubos con los trozos de bolígrafo debe ser estanca; esto es, debe estar bien firme. Un calentamiento en agua hirviente previo a la unión es lo más indicado para realizar la conexión.

G) Eficiencia

Este dosificador como muchos de su clase opera con el principio de carga hidráulica constante. Esta carga constante se produce en el interior de la lata de cerveza por efecto de la acción de su flotante interno,

Sin embargo, en estos sistemas también siempre existe una carga hidráulica variable, que en este caso está presente en el tanque o recipiente con solución stock.

Teniendo en cuenta que la eficiencia y el error se miden cotejando la carga hidráulica variable en esos recipientes, contra el caudal de dosificación, se ejecutaron las experiencias midiendo caudales de descarga a distintas alturas de columnas de hipoclorito en el tanque con solución stock,

Un cubo o recipiente de 25 litros, que como se ha mencionado en el punto (B) es ideal por la facilidad de obtención, costo nulo y porque ya permite dosificación de clorógenos hasta para localidades de 20,000 habitantes sin necesidad de recargar el recipiente antes de 24 horas, tiene un desnivel promedio de 30 cms.

Sin embargo, las experiencias se llevaron a cabo con un recipiente que permitía un desnivel de casi 50 cms, lo que equivale a tanques de fibra-cemento de 100 litros de capacidad. Este recipiente tenía un desnivel máximo de 46 cms y se aforó en 4 niveles espaciados 15 cms cada uno de ellos.

Los niveles de aforo fueron de 46-31-16 y 1 cm sobre el punto de salida del desagote. Se realizaron blocks de cinco mediciones o carreras para caudales nominales de dosificación de 0.25-1-2-4-6-8 y 10 litros/hora, determinándose los valores de los caudales para cada nivel de carga hidráulica en el recipiente con solución stock (esto es los niveles de 46, 31, 16 y 1 cm).

Para cada block de medidas se obtuvieron los valores de caudal promedio - \bar{Q} - y dos errores: error medio porcentual (e%) y error máximo porcentual (E%).

El primero, el error medio porcentual (e%) se obtiene según la siguiente fórmula:

$$e \% = \frac{100 \times \left(\left| \bar{Q} - Q_{\text{máximo o mínimo}} \right| \right)}{\bar{Q}}$$

El $Q_{\text{máximo o mínimo}}$ es el valor de caudal que resulte más alejado del valor de \bar{Q} . Este error porcentual da idea de la desviación de la dosificación de un valor promedio.

El segundo, el error máximo porcentual (E%) se obtiene según la siguiente fórmula:

$$E \% = \frac{100 \times (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})}{Q_{\text{max}}}$$

y da una idea del error del equipo tomando como base el caudal que se toma con el recipiente lleno y registrando las variaciones del mismo a medida que la carga hidráulica va descendiendo.

Este error, a pesar de ser el mayor de los dos en que se basaron las experiencias, fue el que se tomó para decidir si los equipos cumplían o no con las exigencias impuestas de un error máximo del 10%-.

Asimismo, para cada block de medidas se tomaron valores promedio de caudales - \bar{Q} -, de error medio porcentual - e % - y de error máximo porcentual \bar{E} % -.

De la experiencia se puede ver que si bien el error \bar{E} % para un caudal de 0.25 l/h es de 17.6%, el mismo desciende rápidamente para un caudal de 1 l/h a 5.2% y se mantiene por debajo de ese valor para mayores caudales de dosificación. (Ver Tabla 1-1).

La experiencia recogida en cuanto a estos errores mínimos permite afirmar que por el costo nulo de los materiales involucrados en la confección del dosificador, el presente equipo es de verdadera utilidad y constituye un elemento novedoso, útil y que cumple con los fines propuestos para la presente investigación.

H) Operación

La operación de este equipo es por demás sencilla.

Una vez realizadas las conexiones se debe agregar el líquido a dosificar y se verifica que en los conductos no exista aire. Luego, utilizando la válvula se regula el caudal de dosificación.

En el inicio puede suceder que el flotante no calce bien con la goma contra el trozo de bolígrafo de la parte superior de la lata de cerveza. Pero un ligero movimiento lo acomoda y ya no hay variación.

Si la solución stock se termina y el dosificador se "seca", el flotante caerá y al ser llenado nuevamente puede volver a ocurrir un nuevo desacomodamiento, por lo que se sugiere no dejar secar el recipiente con la solución stock. Otro pequeño detalle a tener en cuenta es el relativo a insolubles.

Debido a que los conductos son relativamente estrechos, se debe usar hipoclorito líquido de preferencia y no olvidar colocar un filtro, tal como se ha explicado en el punto (C).

Un párrafo aparte merece el problema de la corrosión.

En las experiencias se utilizaron soluciones de fluoruro de sodio al 1% para ver las posibilidades del equipo en la fluoruración de las aguas en el medio rural, e hipoclorito de sodio al 10%.

En el caso del fluoruro de sodio, no hubo inconvenientes, pero con el clorógeno, al utilizar el dosificador sin protección, todas las partes metálicas del mismo sufrieron aguda corrosión.

Por tal hecho, se ensayaron una serie de pinturas, sin obtener buenos resultados, salvo en el caso de una pintura epoxibituminosa, que fue la única que resistió la corrosión durante el período de prueba.

Esto de por sí no representa un problema, pero requiere el acceso a este tipo de pintura, cosa que no siempre es posible en ciertas áreas rurales, y esto llevó a la continuación de las investigaciones en procura de un equipo de las características del logrado y que además fuera totalmente inmune al ataque de los clorógenos.

I) Resumen

En resumen, el presente equipo es altamente económico, fácil de construir y operar. Es preciso y puede utilizarse tanto en desinfección con clorógenos como en la fluoruración de las aguas.

Sólo requiere una protección contra el ataque a la corrosión,

El rango de dosificación puede tomarse desde 1 hasta 10 l/h, lo que lo hace aplicable desde el nivel domiciliario hasta el de plantas rurales para 20,000 habitantes. La colocación de dos o más dosificadores en paralelo permitiría dosificaciones mayores.

2.2.2 Dosificador botella y vaso de plástico

Este dosificador, si bien utilizando el mismo principio que el dosificador lata de cerveza fue desarrollado para solucionar el problema de la corrosión en caso de que el anterior no pudiera ser pintado convenientemente.

A) Esquema general del equipo

El esquema general es similar al del caso anterior, difiriendo de éste sólo en el elemento dosificador en sí (ver Figura 1.14).

B) Recipiente de solución stock

Valen las mismas consideraciones que para el dosificador lata de cerveza (2.2.1 - B).

C) Filtro para solución

Valen las mismas consideraciones que para el dosificador lata de cerveza (2.2.1 - C).

D) Dosificador

El dosificador está constituido por un contenedor y un flotante. El contenedor es una botella de plástico o vidrio no cónica, de 3/4 o 1 litro de capacidad que se utiliza invertida. Debe ser de pared interior lisa y se le debe haber quitado el fondo. El desagote será por el cuello de la botella, a través de un trozo de bolígrafo pasante en el tapón de la misma.

Sobre la parte superior (zona del fondo quitado) se coloca una tapa cuadrada o circular que se pega al borde con pegamento o masilla epoxi. Esta tapa tiene dos agujeros, uno central por donde se introduce un trozo de bolígrafo que penetra en el interior 1 centímetro aproximadamente y que está firmemente soldado o pegado. El otro agujero es de 0,5 cm y sirve como respiradero para que salga el aire.

El material de la tapa puede ser cualquiera: madera, plástico, chapa pintada, etc. El flotante en este caso es un vaso plástico de yogurt, dulce, etc. que se coloca invertido en el interior de la botella,

Cuanto más cilíndrico y menos cónico sea el vaso, mejor trabajará y su diámetro mayor no debe ser mucho menor que el diámetro interno de la botella. La diferencia no será mayor de 3 mm. Sobre la parte externa del fondo se coloca un trozo de goma blanda de 3-4 cm de lado o diámetro. El espesor de la goma debe ser de aproximadamente 1 cm.

El vaso operará directamente como flotante, con el aire que encierra en su interior, sin necesidad de cerrarlo o colocarle nada en su interior. Dado lo inatacable de todos los materiales involucrados en este dosificador, no se requiere el pintado protector (ver Figura 1.15).

E) Válvula de regulación

Valen las mismas consideraciones que para el dosificador lata de cerveza (2.2.1 - E).

F) Conexiones

Valen las mismas consideraciones que para el dosificador lata de cerveza (2.2.1 - F).

G) Eficiencia

Este dosificador opera al igual que el anterior con el principio de carga hidráulica constante, la que se produce en el interior de la botella por un efecto de la acción del flotante interno.

Como en el caso del dosificador de lata de cerveza, se realizaron mediciones de caudal de dosificación versus distintas cargas en el recipiente con solución stock. En este caso, valen también las consideraciones generales que se hicieron en el caso del dosificador mencionado y las mediciones fueron repetición de las efectuadas con ese otro equipo; esto es: se realizaron blocks de cinco mediciones o carreras para caudales nominales de dosificación de 0,25-1-2-4-6-8 y 10 litros/hora determinándose los valores de los caudales para niveles de carga hidráulica en el recipiente con solución stock de 46-31-16 y 1 cm sobre el desagote. Y para cada block de medidas, se obtuvieron también los valores de caudal promedio y los valores de error medio y máximo por caudal; los que se presentan en la Tabla 1-2.

De lo experimentado se puede observar que a pesar de que los errores son en general mayores que los obtenidos para iguales caudales en la lata de cerveza, igualmente se está por debajo del 10% para caudales entre 2 y 10 l/h y sólo un 12% como error máximo para caudal de 1 l/h, lo que también permite afirmar la utilidad del presente diseño para el fin propuesto.

H) Operación

La operación de este equipo es sencilla y valen también las mismas consideraciones que para el caso del dosificador anterior.

Los materiales utilizados independizan al equipo del problema de la corrosión.

I) Resumen

El presente equipo es económico, fácil de construir, operar y preciso. El rango de dosificación puede tomarse desde 2 a 10 l/h.

2.3 Dosificadores en cañerías

2.3.1 Dosificador en cañería de aspiración

A) Esquema general

El sistema está compuesto por un recipiente con solución stock que descarga su contenido en un segundo recipiente con carga hidráulica constante, la que se consigue por la presencia en su interior de un dosificador de presión atmosférica como los descritos anteriormente o bien por una válvula con flotante del tipo de las usadas en inodoros.

De allí una descarga lleva hasta la cañería de aspiración, pasando por dos válvulas: una de regulación y otra de antisifonaje (ver Figura 1.16).

B) Recipiente de solución stock

El sistema presentado cuenta con dos recipientes. El primero y mayor es el que contiene la solución stock y debe cumplir con las mismas condiciones que se han descrito para los dosificadores antes mencionados.

El otro recipiente es menor y sirve para mantener una carga hidráulica lo más constante posible. Un buen resultado lo ha dado un cubo con una válvula

de flotante en su interior (válvula de inodoro). También es factible colocar como válvula de carga constante un dosificador de lata de cerveza o botella-vaso invertido en el interior de este segundo recipiente.

C) Filtro para solución stock

Valen las mismas consideraciones que para los dosificadores anteriores.

D) Dosificador

El dosificador aquí es todo el conjunto, ya que la descarga se ve facilitada por la succión que realiza la bomba en la cañería de aspiración. La constancia en la dosificación está dada por la constancia en la carga hidráulica del segundo recipiente descrito.

E) Válvula de regulación

Valen las mismas consideraciones que para el dosificador lata de cerveza.

F) Válvula antisifón

Debido al hecho de que cuando la bomba trabaja, en el sistema hay una presión negativa, y cuando la misma se detiene, la presión se torna positiva, hay que colocar una válvula con el fin de evitar que toda la columna de agua de la cañería de impulsión retorne y derrame en el segundo recipiente con solución stock.

Una válvula muy simple y que ha dado buen resultado es la realizada según el esquema de la Figura 1.17. Se trata de algo tan sencillo como un pequeño trozo circular de goma blanda y delgada (es muy conveniente la goma de cámara de bicicleta) aprisionada entre dos trozos de tubo plástico flexible. Uno de los topos de estos trozos está cortado a sesgo y eso permite el trabajo tipo válvula.

Otras válvulas sencillas pueden utilizarse, pero ésta es efectiva y no es atacada prontamente por el clorógeno.

G) Conexiones

Todas las conexiones se hacen con tubo plástico flexible transparente.

En el caso de usar como elemento productor de carga hidráulica constante en el segundo recipiente una válvula de inodoro, el diámetro de la manguera entre el primer recipiente y esta válvula será mayor a fin de adecuarse al diámetro de la conexión de la válvula.

Un párrafo especial merece la conexión del tubo que saliendo del segundo recipiente penetra en la cañería de aspiración.

Si bien técnicamente existen varias formas de conectar este tubo, se recomienda el desarrollado en las experiencias, que es muy sencillo y altamente funcional cuando la cañería de aspiración es de diámetro relativamente pequeño.

Se utiliza una abrazadera común del diámetro de la cañería de aspiración. A esta abrazadera se le practica un agujero y la cañería se agujerea también. Se pasa un trozo de bolígrafo plástico por ambos agujeros que estarán solidarios y para evitar que la conexión pierda se hace una arandela de goma blanda, la que al ajustarse la abrazadera, vuelve estanca la unión (ver Figura 1.18).

H) Eficiencia

Como es imposible interponer en la cañería de dosificación un medidor de flujo o medir allí en forma directa el caudal dosificado, y como la otra forma de evaluar la descarga, que hubiera sido ir analizando el contenido de cloro en la cañería de impulsión en función de la carga hidráulica era impracticable - por el tipo de sistema montado para la ejecución de las experiencias (recirculación con un tanque elevado y otro bajo nivel de la bomba) (ver Figura 1.19) -es por ello que la eficiencia de este equipo se tomó midiendo el caudal desalojado del recipiente con solución stock versus la carga hidráulica en el mismo.

En este caso el caudal no es tan exacto de determinar ya que se midió el descenso de la altura de agua en un tiempo determinado, lo que de por sí está afectado por un cierto error de medición.

Sin embargo, el comportamiento del sistema funcionó muy bien, tal como se puede evaluar revisando los valores de la Tabla 1-3.

El caudal de bombeo de la bomba elevadora se graduó en los 1200 litros/hora. Y si bien se realizaron pruebas del sistema para caudales distintos de bombeo, desde 500 a 2500 l/h sin obtener variación apreciable en la eficiencia es de destacar que al haber varios parámetros variables en cada instalación tales como: el mencionado caudal de bombeo, la densidad del hipoclorito, la calidad de la válvula de retención del tubito, el diámetro de la cañería de aspiración en donde se inyecta, y el elemento proveedor de la carga hidráulica constante entre otros, es posible que en distintos sistemas se obtengan distintos resultados.

El tiempo de experimentación reducido no permitió evaluar todas esas variables. Incluso se contó con una bomba de gran caudal que no llegó a probarse. Pero a pesar de lo expuesto y comprobado, es posible afirmar que el sistema es válido y que si bien en cada caso, en cada instalación, habrá que evaluar comportamientos, se lo puede contar como un sistema que cumple con el fin propuesto y con las premisas básicas de la experimentación.

I) Operación

La operación de este equipo es sencilla y valen también las mismas consideraciones que para el caso de los dosificadores anteriores.

Sin embargo, tal como se ha explicado en el punto anterior, la regulación del caudal se puede efectuar midiendo el descenso de solución en el recipiente con stock en función de un tiempo determinado, o también analizando el tenor de cloro en la cañería de impulsión o en el punto de descarga y ajustar el caudal de dosificación en función de la concentración de cloro deseada.

Con los materiales utilizados el problema de la corrosión no perturba, aunque se sugiere que la conexión en la cañería de aspiración se realice lo más alejada posible de la entrada a la bomba para evitar un ataque a ésta, considerándose como mínima la distancia de 11 diámetros entre punto de inyección y entrada a la bomba.

J) Resumen

El sistema presentado es de fácil producción, sencillo, de buena performance y mínimo error, estimándose como apto a partir de dosificaciones de 1 l/h.

Habría que explorar sin embargo sus máximas posibilidades variando una amplia gama de parámetros, en nuevas experiencias, que aunque se presupone no introducirían grandes variantes en relación con los resultados ya obtenidos sería interesante completar.

2.3.2 Dosificador en cañería de impulsión

Si bien se comenzaron las experiencias para la obtención de un sistema que permitiera dosificar clorógenos en cañerías de impulsión, el tiempo previsto resultó insuficiente para lograr el fin propuesto.

Atisbos de dosificadores y la certificación práctica del buen desempeño de ciertos principios hidráulicos que se evaluaron en el dispositivo montado según la Figura 1.19 no bastaron en la ocasión.

Asimismo, cuatro o cinco diseños de cloradores que teóricamente hubieran funcionado, en la práctica no dieron cumplimiento exacto a las cuatro premisas básicas a que se han hecho tantas veces referencia en este trabajo. Sin embargo, se estima que el logro propuesto es factible con mayor tiempo y medios de experimentación.

2.4 Instalaciones

Si bien estaba previsto para el segundo trimestre de la experimentación la instalación de cuatro sistemas en otras tantas plantas de tratamiento, problemas derivados de la falta de personal y de medios económicos impidieron ese logro.

Sin embargo, se efectuó una instalación en la localidad de Lago Rosario - Provincia del Chubut - que actuó por espacio de tres meses y pruebas intermitentes en la planta de la ciudad de Esquel.

En ambos casos los equipos fueron de descarga a presión atmosférica.

2.5 Problemas técnico-operacionales por el uso de los dosificadores

Si bien la evaluación tal como se menciona en el punto anterior sólo se efectuó en dos plantas de tratamiento, y ello de por sí no da pie a una estadística muy exhaustiva, es de rigor mencionar que no se detectó ningún tipo de problemas derivados del uso de los dosificadores.

Los operarios comprendieron el funcionamiento, y la simplicidad de su uso no dio motivos a quejas ni rechazos. Los dosificadores operaron normalmente y su eficiencia en planta no difirió en absoluto de lo experimentado en laboratorio. Ello hizo que no se obtuvieran datos o experiencias que no hubieran sido ya evaluados en las tareas de investigación.

2.6 Personal y medios involucrados en la investigación

La investigación contó durante cinco de los seis meses en que se desarrolló, con un ingeniero sanitario responsable de la misma, quien propuso las ideas y diseños base para el logro de los distintos sistemas y experiencias llevadas a cabo. Asimismo, este profesional colaboró en el desarrollo de las experiencias en forma parcial.

En la parte absolutamente experimental se designó en forma permanente a un técnico en saneamiento, el que desarrolló la mayor parte de las experiencias. Sin embargo, por una resolución superior el mencionado agente debió ser derivado a otra tarea impostergable cuando aún faltaban dos meses para la conclusión de los trabajos, no pudiendo ser cubierto su puesto sino en forma parcial por el responsable del proyecto.

En cuanto a los medios económicos hubo ciertas dificultades derivadas de problemas técnico-administrativos.

Un muy lento y complicado manejo de los fondos por parte de la Provincia del Chubut y la no recepción de tres de las cuatro remesas a que aducía el Convenio y que privaron de 3/4 partes de los fondos inicialmente previstos para el desarrollo de las experiencias introdujeron trabas operacionales en la investigación.

2.7 Recomendaciones

En base a los diseños ya obtenidos y probados en la presente investigación, se recomienda el apoyo y la difusión que permitan la implantación de los mismos en diferentes áreas y países para lograr un gran caudal de información.

La instalación de muchos de estos sistemas puede aportar datos que permitan afinar y afirmar las experiencias realizadas. En relación con el tipo de dosificador en cañería de impulsión no logrado, se sugiere disponer medios y posibilidades para continuar las experiencias y poder obtener un diseño que cumpla con las premisas básicas de esta investigación.

En cuanto al aporte de fondos para el desarrollo de esas investigaciones, se sugiere asimismo modificar de alguna forma el envío y manejo de los fondos para conseguir una agilización que se traduzca también en una prontitud de las tareas de investigación.

2.8 Resumen

Teniendo en cuenta que si bien existen muchos equipos de desinfección de agua que han sido desarrollados para la desinfección de aguas en el medio rural, no existe aquél que cumpla con los cuatro requisitos básicos para este tipo

de equipo, a saber:

- costo reducido o nulo
- fácil producción en cualquier lugar
- sencilla operación
- exactitud (error menor del 10%).

Por ello las experiencias que se detallan en este trabajo han tratado de desarrollar distintos dosificadores que cumpliendo con esas premisas puedan utilizarse en las diferentes situaciones que se presentan en la dosificación tanto a nivel de planta de tratamiento como de servicios menores, incluidos los individuales, que son:

- a) descarga a presión atmosférica
- b) descarga en cañería de
 - b₁) aspiración
 - b₂) impulsión

consiguiéndose dos sistemas para el caso a) y uno para el b₁); resultando insuficiente el tiempo de experimentación y los medios para la obtención de un sistema para el caso b₂).

Los sistemas desarrollados han probado ser de utilidad no sólo para la cloración sino que inclusive pueden ser empleados en la fluoruración de las aguas dada su exactitud, sugiriéndose su difusión en distintas áreas y países.

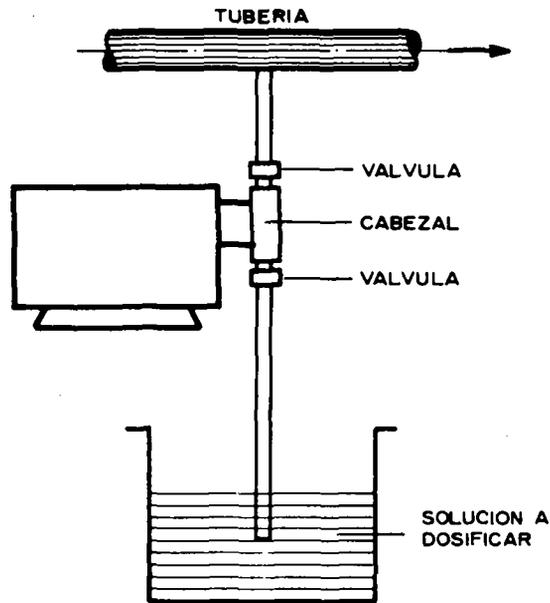


Fig. 1.1: BOMBA A DIAFRAGMA

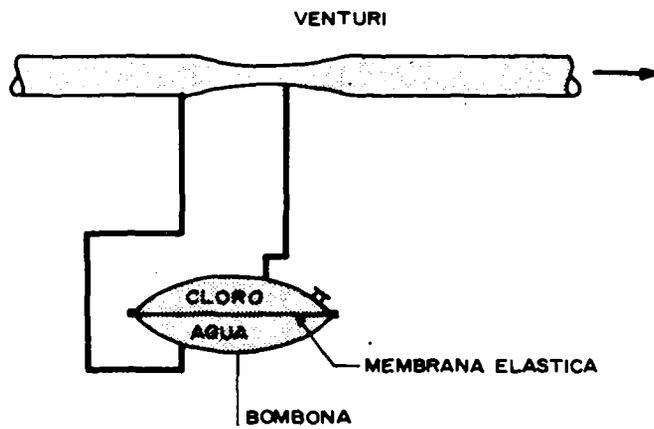


Fig. 1.2: BOMBONA - VENTURI

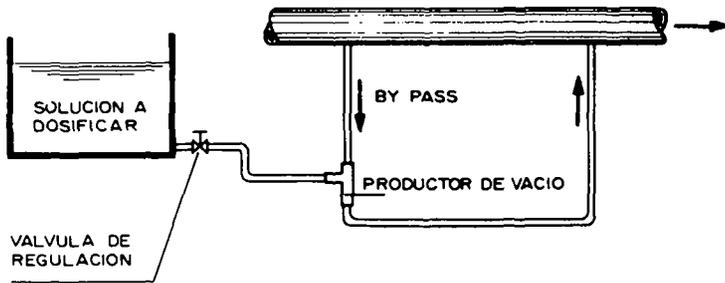


Fig.1.3: EYECTOR DE AGUA - PRODUCTOR DE VACIO

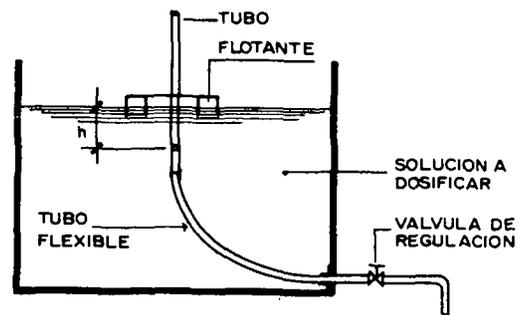


Fig. 1.4 : FLOTANTE CON TUBO

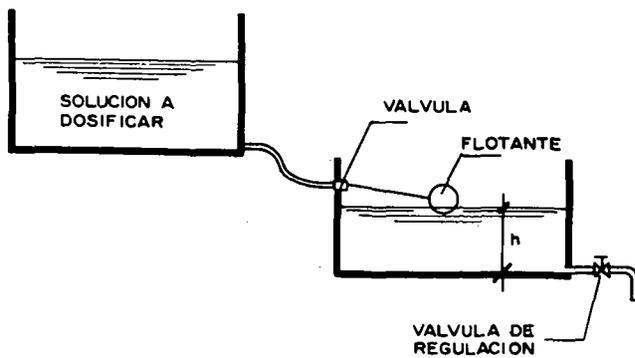


Fig. 1.5: RECIPIENTE CON VALVULA DE FLOTANTE

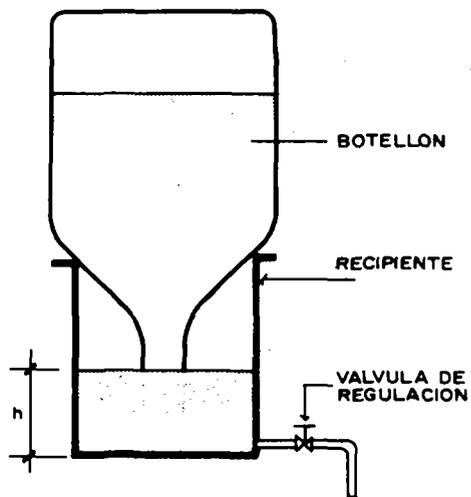


Fig. 1.6 : BOTELLON INVERTIDO

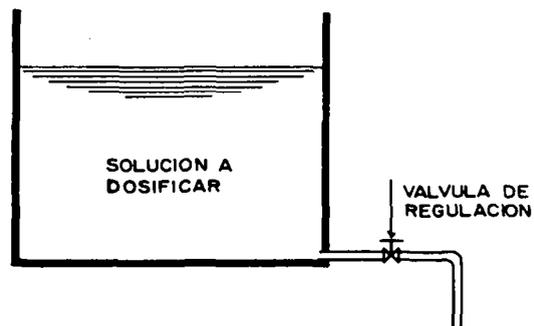


Fig. 1.7 : TANQUE Y REGULACION

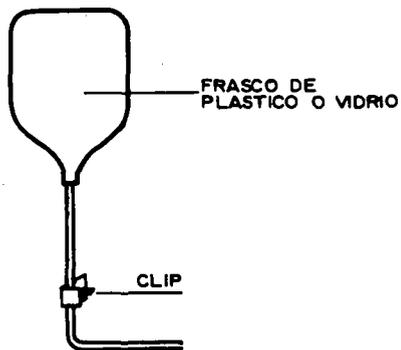


Fig. 1.8 : RECIPIENTE AL VACIO

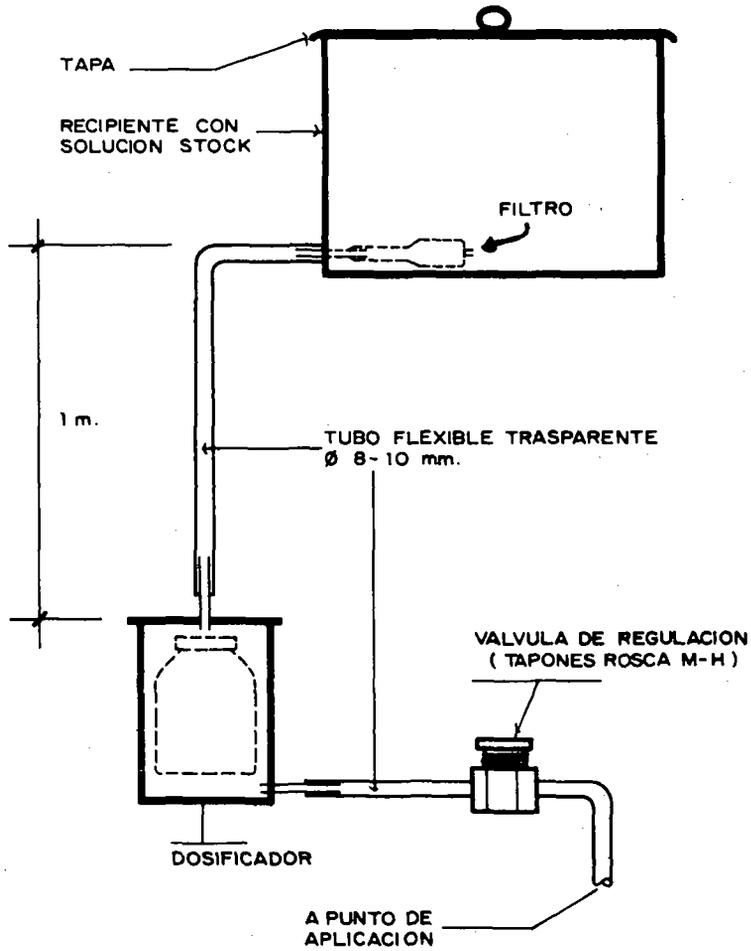


Fig. 1.9:
DOSIFICADOR LATA DE CERVEZA - ESQUEMA GENERAL

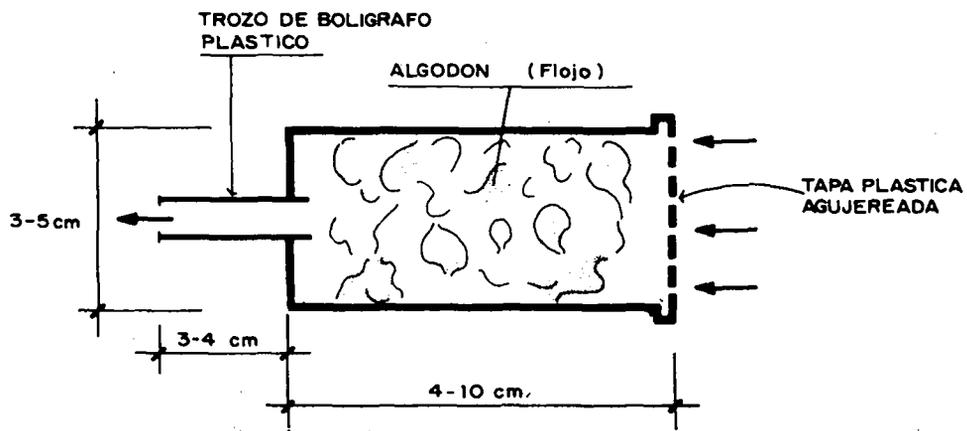


Fig. 1.10: FILTRO

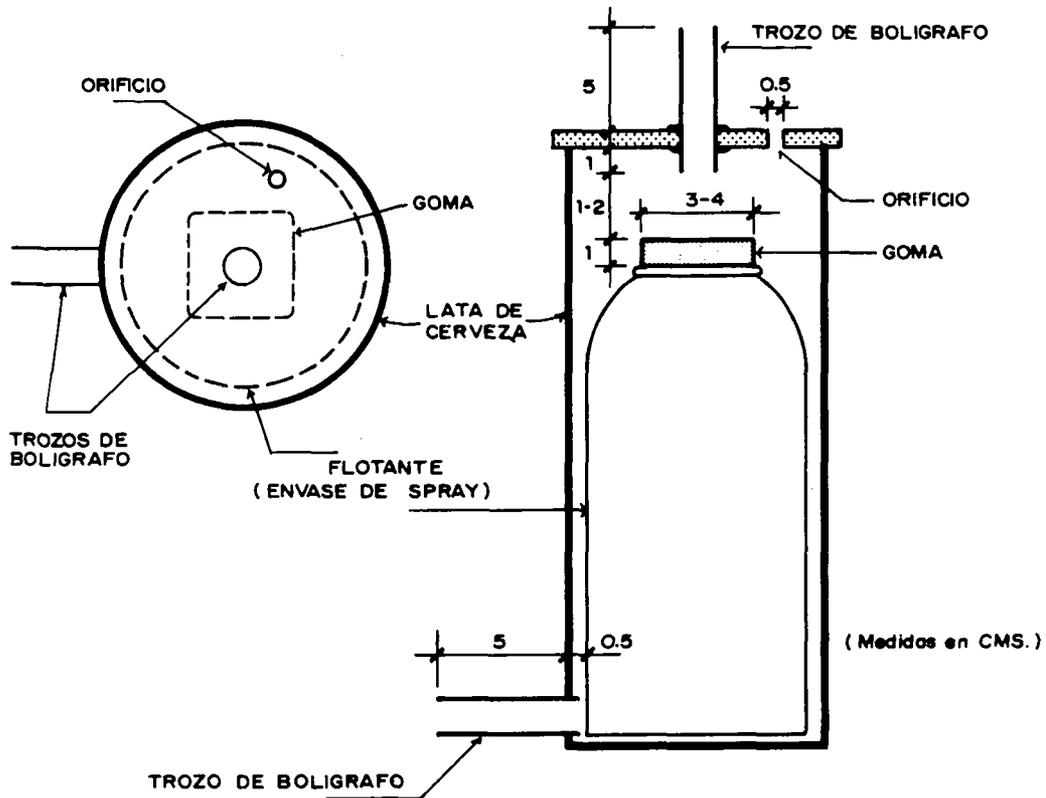


Fig. 1.11: DOSIFICADOR LATA DE CERVEZA

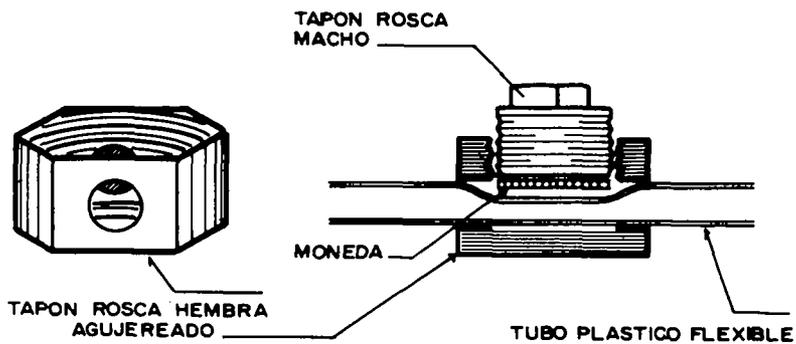


Fig. 1.12: VALVULAS CON TAPONES DE H° G°

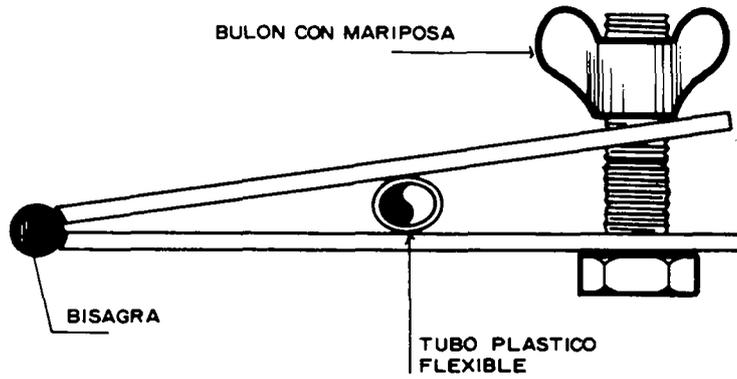


Fig. 1.13: VALVULA DE BISAGRA

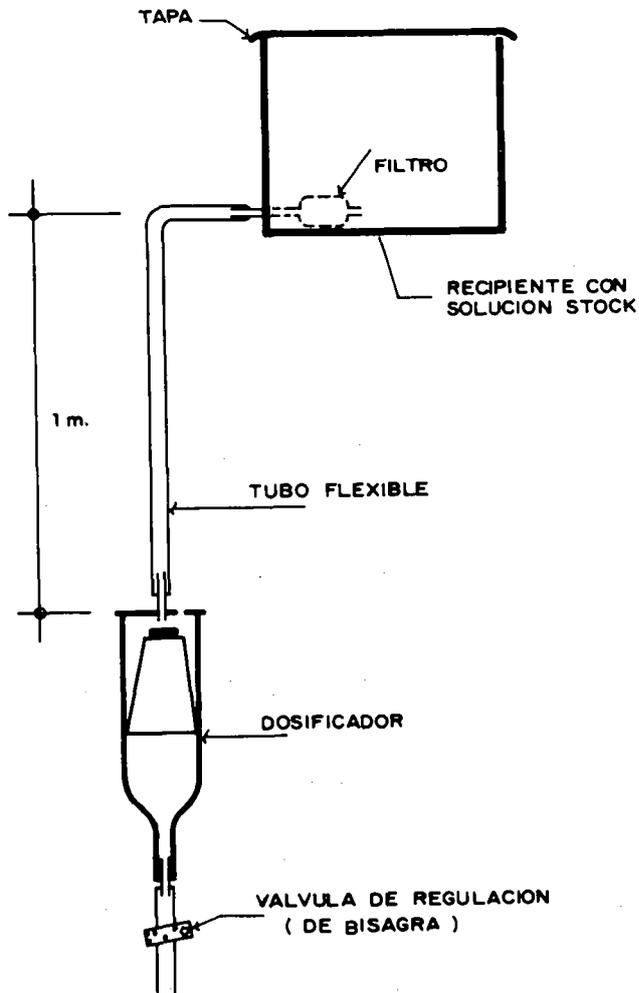


Fig. 1.14: DOSIFICADOR BOTELLA-VASO INVERTIDO
ESQUEMA GENERAL

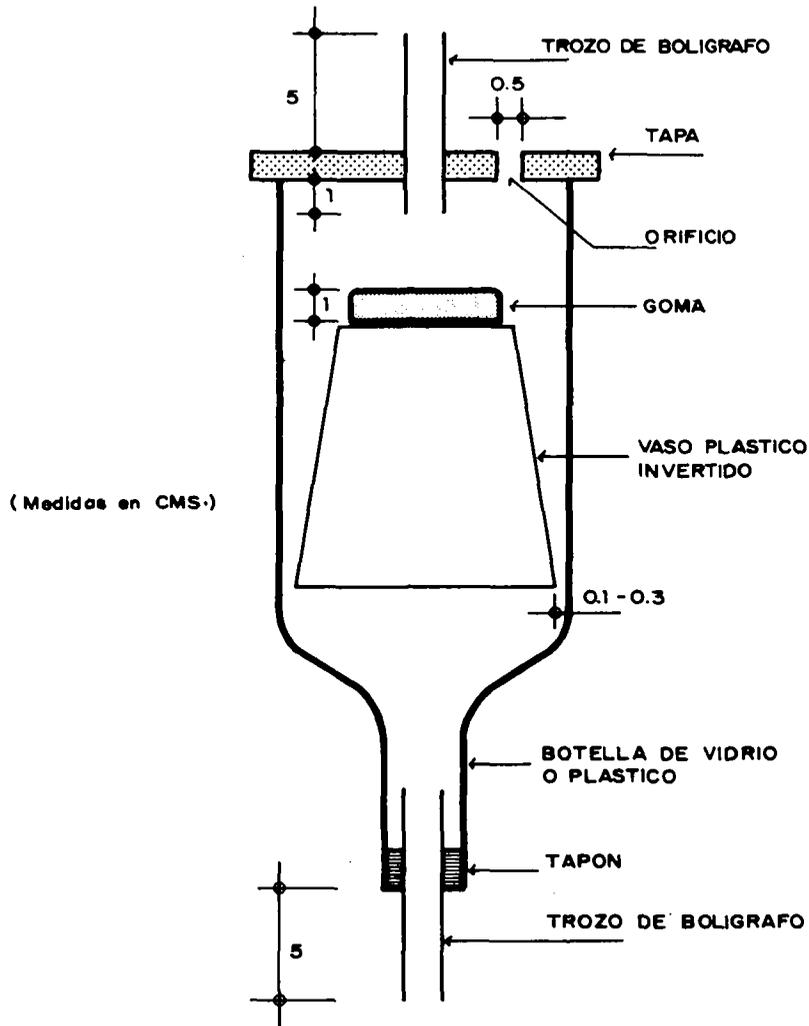


Fig. 1.15: DOSIFICADOR BOTELLA-VASO INVERTIDO

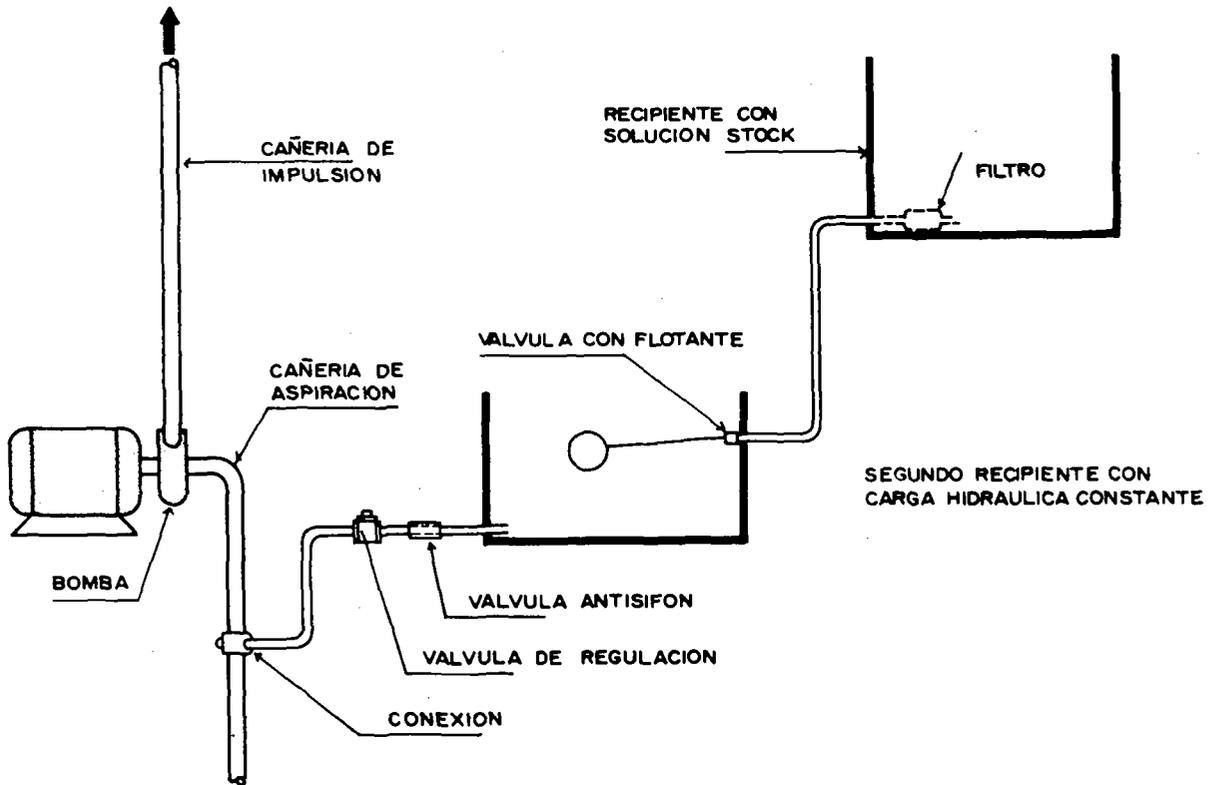


Fig. 1.16: DOSIFICADOR EN CAÑERIA DE ASPIRACION

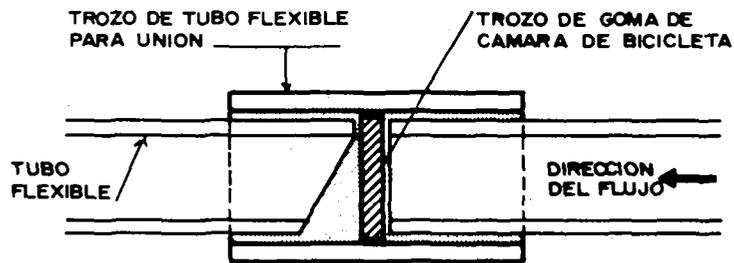


Fig. 1.17: VALVULA ANTISIFON

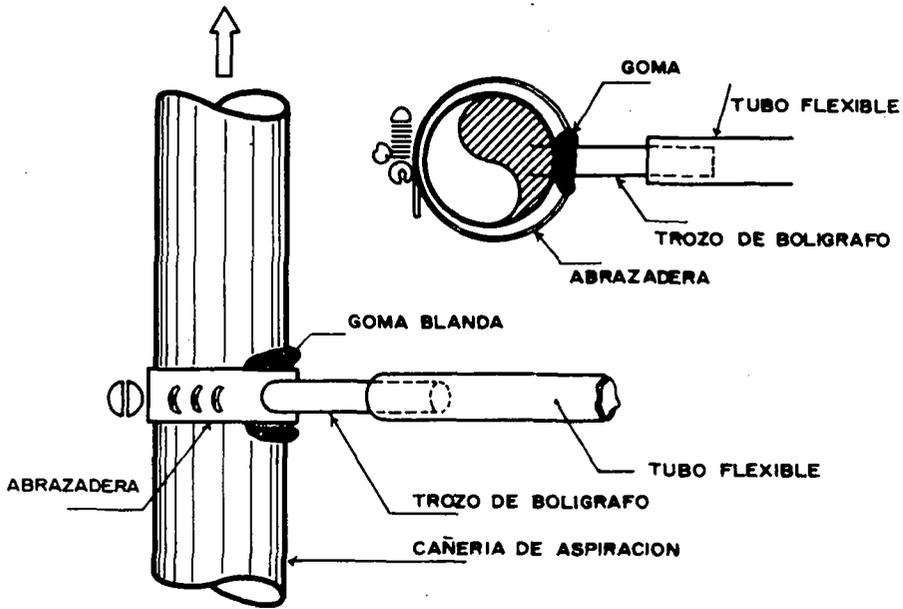


Fig. 1.18 : CONEXION A CAÑERIA

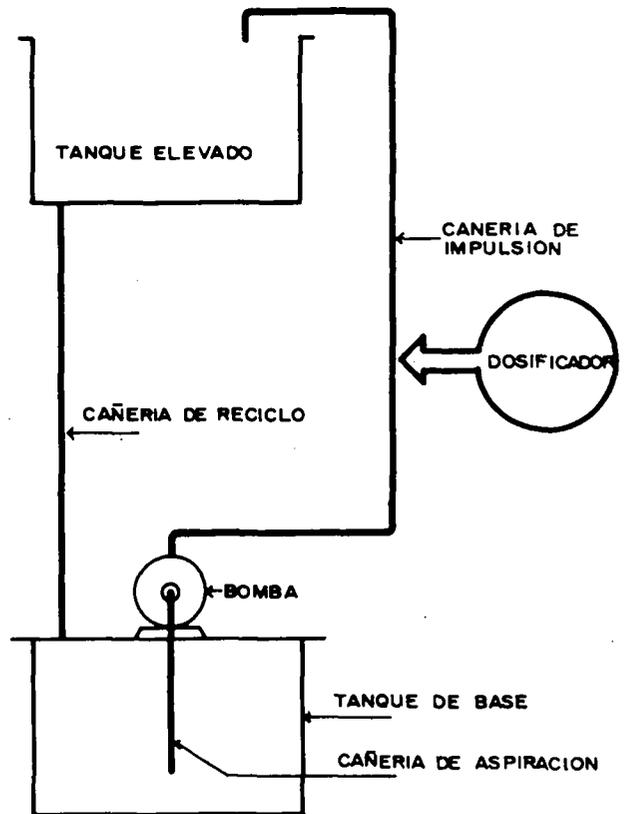


Fig. 1.19 : DISPOSITIVO PARA LAS EXPERIENCIAS

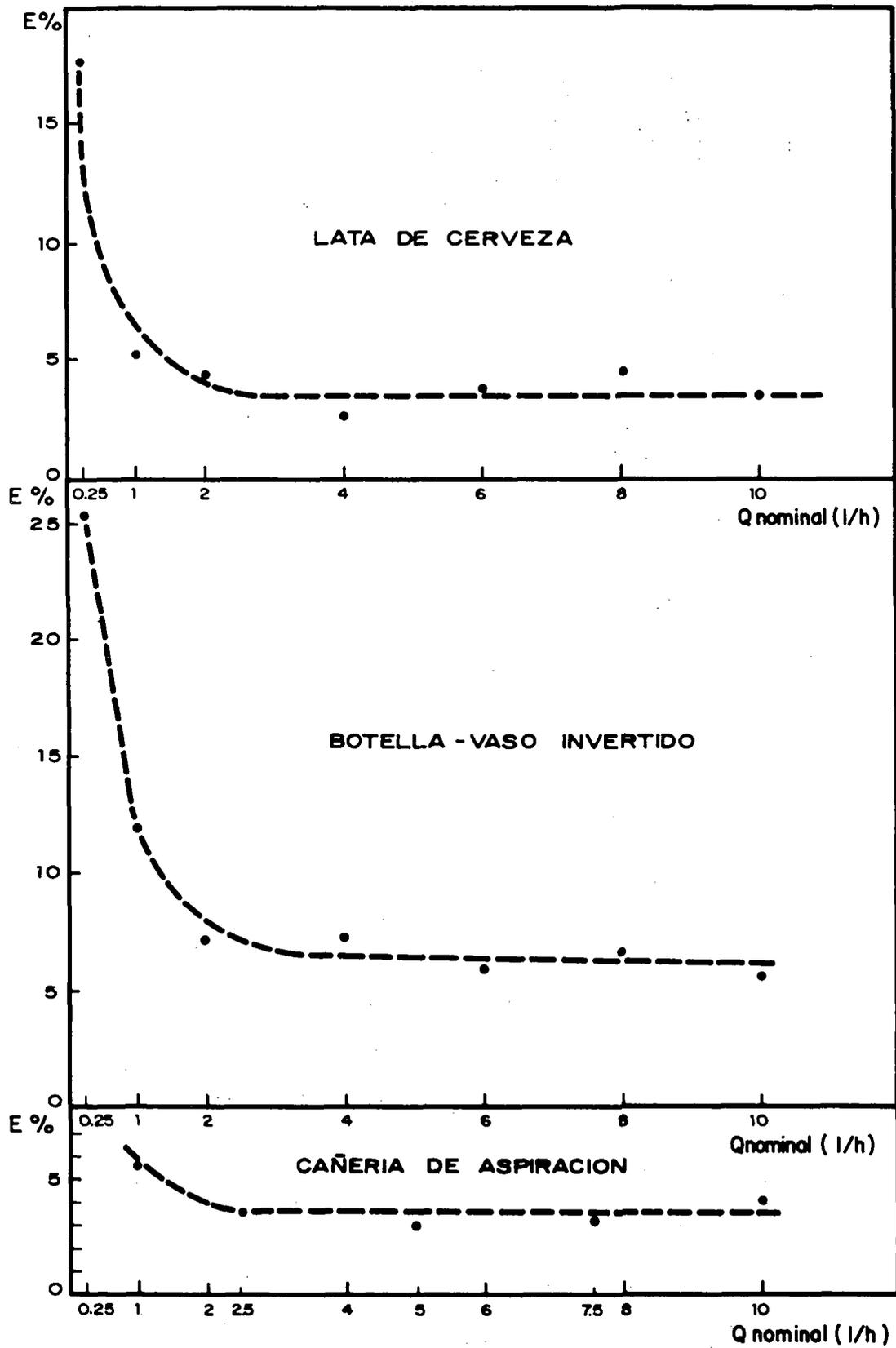


Fig. 1.20: ERRORES MAXIMOS vs. CAUDAL DE DOSIFICACION

| BLOCK | I | | | | | II | | | | | III | | | | | IV | | | | | V | | | | | VI | | | | | VII | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|
| Q _{nominal} (l/h) | 0.25 | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | 4 | | | | | 6 | | | | | 8 | | | | | 10 | | | | | | | | | |
| h(cm) \ carrera | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 46 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.96 | 0.98 | 1.03 | 0.97 | 1.02 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | | | | | |
| 31 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.95 | 0.97 | 1.01 | 0.93 | 1.00 | 1.96 | 1.98 | 2.00 | 1.97 | 1.99 | 4.00 | 4.00 | 3.85 | 3.85 | 4.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 7.80 | 8.00 | 7.84 | 7.81 | 8.00 | 10.00 | 9.90 | 9.91 | 9.89 | 9.91 | | | | | |
| 16 | 0.21 | 0.22 | 0.20 | 0.22 | 0.23 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.91 | 0.99 | 1.90 | 1.95 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 4.00 | 4.00 | 3.85 | 3.81 | 4.00 | 5.96 | 5.92 | 5.92 | 5.92 | 6.00 | 7.71 | 7.80 | 7.70 | 7.66 | 7.78 | 9.76 | 9.78 | 9.80 | 9.80 | 9.76 | | | | | |
| 1 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.95 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.97 | 1.88 | 1.91 | 1.94 | 1.91 | 1.91 | 3.85 | 4.00 | 3.85 | 3.74 | 4.00 | 5.84 | 5.84 | 5.72 | 5.84 | 5.84 | 7.66 | 7.71 | 7.64 | 7.55 | 7.68 | 9.60 | 9.65 | 9.70 | 9.68 | 9.66 | | | | | |
| \bar{Q} (l/h) | 0.23 | 0.23 | 0.21 | 0.23 | 0.23 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 0.92 | 0.99 | 1.93 | 1.96 | 1.97 | 1.96 | 1.96 | 3.96 | 4.00 | 3.89 | 3.85 | 4.00 | 5.95 | 5.94 | 5.91 | 5.94 | 5.96 | 7.79 | 7.88 | 7.79 | 7.75 | 7.86 | 9.84 | 9.83 | 9.85 | 9.84 | 9.83 | | | | | |
| e (%) | 8.7 | 13.0 | 14.3 | 8.7 | 8.7 | 1.1 | 1.0 | 5.1 | 5.4 | 3.0 | 3.6 | 2.5 | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 2.7 | 0.0 | 2.8 | 3.9 | 0.0 | 1.8 | 1.7 | 3.2 | 1.7 | 2.0 | 2.7 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 2.3 | 2.4 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | | | | | |
| E (%) | 16.0 | 19.2 | 20.8 | 16.0 | 16.0 | 1.1 | 2.0 | 9.7 | 8.2 | 4.9 | 6.0 | 4.5 | 3.0 | 4.5 | 4.5 | 3.7 | 0.0 | 3.7 | 6.5 | 0.0 | 2.7 | 2.7 | 4.7 | 2.7 | 2.7 | 4.2 | 3.6 | 4.5 | 5.6 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 3.2 | 3.4 | | | | | |
| \bar{Q} (l/h) | 0.23 | | | | | 0.96 | | | | | 1.96 | | | | | 3.94 | | | | | 5.94 | | | | | 7.81 | | | | | 9.84 | | | | | | | | | |
| \bar{e} (%) | 10.7 | | | | | 3.1 | | | | | 2.6 | | | | | 1.9 | | | | | 2.1 | | | | | 2.6 | | | | | 1.8 | | | | | | | | | |
| \bar{E} (%) | 17.6 | | | | | 5.2 | | | | | 4.5 | | | | | 2.8 | | | | | 3.9 | | | | | 4.4 | | | | | 3.4 | | | | | | | | | |

TABLA 1-1 - DOSIFICADOR LATA DE CERVEZA

| BLOCK | I | | | | | II | | | | | III | | | | | IV | | | | | V | | | | | VI | | | | | VII | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|
| Q _{nominal} (l/h) | 0.25 | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | 4 | | | | | 6 | | | | | 8 | | | | | 10 | | | | | | | | | |
| carrera h (cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 46 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 1.04 | 1.00 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | | | | | |
| 31 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.96 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 1.92 | 1.93 | 1.95 | 1.94 | 1.95 | 3.88 | 3.91 | 4.00 | 3.88 | 4.00 | 5.90 | 6.00 | 6.00 | 5.88 | 5.90 | 7.71 | 8.00 | 7.96 | 7.63 | 7.80 | 9.86 | 10.00 | 9.87 | 10.00 | 9.92 | | | | | |
| 16 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.94 | 0.92 | 1.88 | 1.88 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 3.76 | 3.82 | 3.93 | 3.77 | 3.80 | 5.71 | 5.81 | 5.82 | 5.73 | 5.63 | 7.64 | 7.91 | 7.69 | 7.50 | 7.71 | 9.71 | 9.74 | 9.54 | 9.81 | 9.81 | | | | | |
| 1 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.90 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.88 | 1.84 | 1.85 | 1.90 | 1.84 | 1.86 | 3.68 | 3.71 | 3.82 | 3.60 | 3.72 | 5.65 | 5.71 | 5.76 | 5.66 | 5.40 | 7.40 | 7.62 | 7.35 | 7.41 | 7.48 | 9.52 | 9.48 | 9.29 | 9.50 | 9.36 | | | | | |
| \bar{Q} (l/h) | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.95 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 1.91 | 1.91 | 1.94 | 1.92 | 1.93 | 3.83 | 3.86 | 3.94 | 3.81 | 3.88 | 5.81 | 5.88 | 5.89 | 5.82 | 5.73 | 7.68 | 7.88 | 7.75 | 7.63 | 7.74 | 9.77 | 9.80 | 9.67 | 9.83 | 9.77 | | | | | |
| e (%) | 19.0 | 22.7 | 14.3 | 18.2 | 19.0 | 9.5 | 6.4 | 6.3 | 5.3 | 6.4 | 4.7 | 4.7 | 3.1 | 4.2 | 3.6 | 3.9 | 3.9 | 3.0 | 5.5 | 4.1 | 2.7 | 2.9 | 2.2 | 2.7 | 5.8 | 4.0 | 3.3 | 5.2 | 4.8 | 3.4 | 2.6 | 3.3 | 3.9 | 3.3 | 4.2 | | | | | |
| E (%) | 32.0 | 34.6 | 25.0 | 28.0 | 28.0 | 13.4 | 12.0 | 12.7 | 10.0 | 12.0 | 8.0 | 7.5 | 5.0 | 8.0 | 7.0 | 8.0 | 7.2 | 4.5 | 10.0 | 7.0 | 5.8 | 4.8 | 4.0 | 5.7 | 10.0 | 7.5 | 4.7 | 8.1 | 7.4 | 6.5 | 4.8 | 5.2 | 7.1 | 5.0 | 6.4 | | | | | |
| \bar{Q} (l/h) | 0.21 | | | | | 0.95 | | | | | 1.92 | | | | | 3.86 | | | | | 5.83 | | | | | 7.74 | | | | | 9.77 | | | | | | | | | |
| \bar{e} (%) | 18.6 | | | | | 6.8 | | | | | 4.1 | | | | | 4.1 | | | | | 3.2 | | | | | 4.1 | | | | | 3.5 | | | | | | | | | |
| \bar{E} (%) | 25.5 | | | | | 12.0 | | | | | 7.1 | | | | | 7.3 | | | | | 6.1 | | | | | 6.8 | | | | | 5.7 | | | | | | | | | |

TABLA 1-2 - DOSIFICADOR BOTELLA - VASO INVERTIDO

| BLOCK | I | | | | | II | | | | | III | | | | | IV | | | | | V | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q_{nominal} (l/h) | 1 | | | | | 2.5 | | | | | 5 | | | | | 7.5 | | | | | 10 | | | | |
| carrera h (cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 46 | 1.24 | 1.28 | 0.97 | 1.08 | 0.91 | 2.60 | 2.50 | 2.55 | 2.45 | 2.60 | 5.10 | 5.10 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 7.50 | 7.50 | 7.55 | 7.55 | 7.50 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| 31 | 1.16 | 1.22 | 0.97 | 1.06 | 0.85 | 2.50 | 2.46 | 2.55 | 2.40 | 2.56 | 5.06 | 5.10 | 5.06 | 5.00 | 4.91 | 7.46 | 7.30 | 7.50 | 7.55 | 7.25 | 10.00 | 9.92 | 9.85 | 9.85 | 9.80 |
| 16 | 1.18 | 1.26 | 0.93 | 1.05 | 0.89 | 2.61 | 2.46 | 2.40 | 2.44 | 2.54 | 5.10 | 5.10 | 4.98 | 4.85 | 4.90 | 7.46 | 7.35 | 7.43 | 7.50 | 7.25 | 9.81 | 9.75 | 9.80 | 9.85 | 9.85 |
| 1 | 1.18 | 1.21 | 0.96 | 1.04 | 0.89 | 2.58 | 2.46 | 2.40 | 2.44 | 2.51 | 4.96 | 5.00 | 4.90 | 4.85 | 4.80 | 7.36 | 7.30 | 7.25 | 7.25 | 7.40 | 9.70 | 9.62 | 9.60 | 9.50 | 9.60 |
| \bar{Q} (l/h) | 1.19 | 1.24 | 0.96 | 1.06 | 0.88 | 2.57 | 2.47 | 2.47 | 2.43 | 2.55 | 5.05 | 5.07 | 4.98 | 4.92 | 4.90 | 7.44 | 7.36 | 7.43 | 7.46 | 7.35 | 9.87 | 9.82 | 9.81 | 9.80 | 9.81 |
| e (%) | 4.2 | 3.2 | 3.1 | 1.9 | 3.4 | 2.7 | 1.2 | 3.2 | 1.2 | 2.0 | 1.8 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 1.1 | 1.9 | 2.4 | 2.8 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.1 | 3.1 | 2.1 |
| E (%) | 6.4 | 5.5 | 4.1 | 3.7 | 6.6 | 4.2 | 1.6 | 5.9 | 2.0 | 3.5 | 2.7 | 2.0 | 3.2 | 3.0 | 4.0 | 1.9 | 2.7 | 4.0 | 4.0 | 3.3 | 3.0 | 3.8 | 4.0 | 5.0 | 4.0 |
| \bar{Q} (l/h) | 1.06 | | | | | 2.50 | | | | | 4.98 | | | | | 7.41 | | | | | 9.82 | | | | |
| \bar{e} (%) | 3.2 | | | | | 2.1 | | | | | 1.7 | | | | | 1.9 | | | | | 2.2 | | | | |
| \bar{E} (%) | 5.3 | | | | | 3.4 | | | | | 3.0 | | | | | 3.2 | | | | | 4.0 | | | | |

TABLA 1-3 - DOSIFICADOR EN CAÑERÍA DE ASPIRACION

Desinfección de aguas en pequeñas localidades del Brasil

Ing. Leo Muniz de Souza Lima

1. SISTEMAS UTILIZADOS

En la desinfección de aguas en pequeñas localidades se aplican varias soluciones ya por demás conocidas y adecuadas a cada situación. Sin embargo, cuando se analiza cada modelo usado, utilizándose principalmente cloro en solución, observamos que como regla general dejan mucho que desear.

Podemos destacar, entre otros, el caso de las bombas de diafragma ampliamente recomendadas para pequeñas instalaciones. La bomba es accionada por un motor eléctrico que actúa sobre un percusor de curso variado, de acuerdo con la dosis deseada. El émbolo está conectado directamente al diafragma, el cual en función de su curso, obtiene las dosis sin mayores variaciones.

No obstante, este tipo de equipo exige una cierta vigilancia por parte del operador y un mantenimiento preventivo, debido al acentuado desgaste del diafragma y a la obstrucción de las válvulas, principalmente cuando se trabaja con productos en polvo que exigen diluciones. Por más cuidado que se tenga en la sedimentación, los residuos remanentes en suspensión se adhieren en el centro de las válvulas, y éstas, permaneciendo abiertas, interrumpen el flujo de la solución.

Fue muy difundido también el uso del "FRASCO DE MARIOTTE", no conveniente a nuestro modo de ver, no sólo por su fragilidad sino también por las frecuentes obstrucciones a las que están siempre sujetas, y de este modo, tal como ya mencionamos, cada método empleado tiene sus deficiencias que deben ser analizadas.

En la mayoría de nuestras instalaciones, el cloro es aplicado directamente en el tanque de distribución tratándose de pequeñas instalaciones ubicadas en el interior del municipio. Esta alternativa de aplicación directa nos da las condiciones de un mejor tiempo de contacto del cloro y permite que el "BREAK POINT" ocurra en el mismo tanque y, en consecuencia, su acción sea más efectiva.

Observando los diferentes tipos de hipocloradores, concebimos el montaje de un modelo de hipoclorador que fuese construido con materiales fácilmente hallados en cualquier comercio y, sobre todo, que tuviese un buen desempeño garantizándonos dosis sin variaciones, fácil operación, y, con un mínimo de mantenimiento, habiéndose obtenido el modelo que se muestra en la Figura 2.1 y en las fotos que ilustran el presente trabajo.

2. MATERIAL NECESARIO

| | |
|--|-------------|
| . Caja de fibra-cemento, con capacidad de 50 litros | 1 unidad |
| . Boya de tipo PVC - de preferencia de forma ovalada | 1 unidad |
| . Alambre de acero inoxidable, de 1/8" de grosor | 1.50 m |
| . Manguera de plástico - transparente, de 1/8 de sección | 1.00 m |
| . Adhesivo líquido epoxi | 1 chisquete |

3. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento es muy simple y su regulación se basa en un nivel constante. Para aumentar la dosis basta deslizar la manguera en el soporte de modo de bajar la punta, y el procedimiento inverso reduce el volumen al punto de cero.

Una vez que la manguera se encuentre instalada en la parte inferior de la boya, lo que en realidad es la clave de la solución, no importa la altura de la lámina líquida, será siempre una constante sin que altere la dosis con relación al volumen de la caja. Lo que establece la cantidad es exactamente la altura de la punta de la manguera.

Es muy importante que se tenga en mente que el apoyo de la punta sea a la misma altura del fondo de la boya, donde se encuentra fijada la otra extremidad de la manguera. El soporte jamás deberá encontrarse más abajo que la entrada.

Cuando se trabaja con hipoclorito de sodio, no existen problemas de obstrucciones. Debido al hecho de que es suministrado en forma líquida, el hipoclorador trabaja por períodos largos sin mayores cuidados, a pesar de que el porcentaje de cloro activo es menor, ofrece en compensación innumerables ventajas sobre el cloro en polvo.

En el caso del cloro en polvo, al igual que la cal clorada o el hipoclorito de calcio, etc., se hace necesario preparar la solución por separado dejando que la parte insoluble se sedimente, y teniendo el cuidado de no agitar la solución.

Para el caso de las soluciones que contienen materia insoluble, el hueco de salida de la manguera al fondo del hipoclorador deberá estar un poco más arriba, asegurando de esta forma que las partículas en suspensión queden depositadas en el fondo del hipoclorador durante la transferencia, sin obstruir la manguera.

4. DIFUSOR AL VACIO

Si es imposible aplicar la solución de cloro directamente en el tanque debido a la distancia y/o por otras circunstancias, se puede hacer la aplicación a lo largo de la línea aductora a través del espacio vacío de la misma.

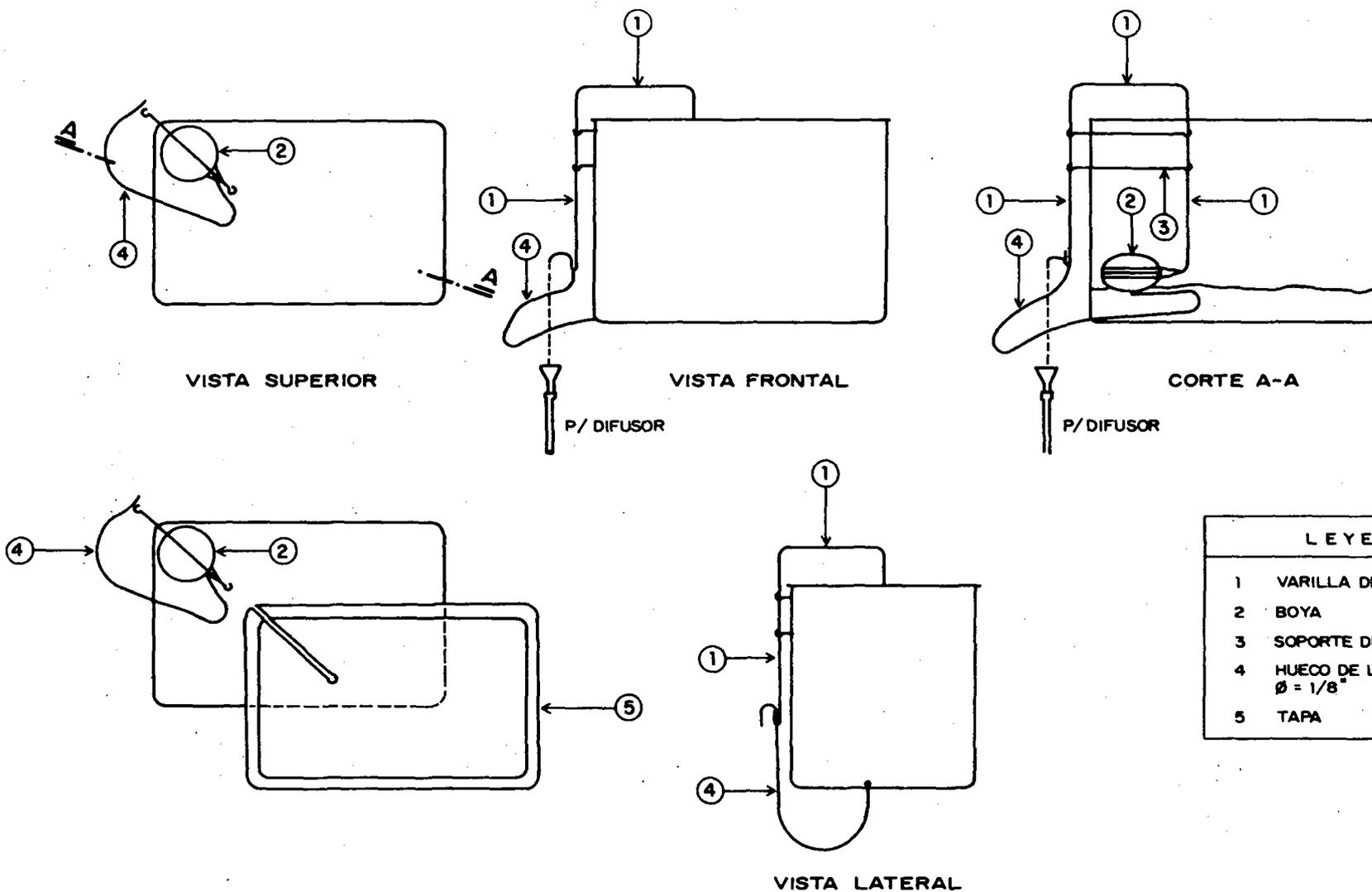
Para producir este vacío, se utiliza un difusor, con material de tipo polipropileno, PVC o fibra de vidrio, basado en el principio de funcionamiento de un inyector de cloro gasificado.

Con un tubo de PVC DN-1/2", se hace una toma de agua en la aductora, donde se deberá instalar el inyector. Por supuesto que este inyector deberá estar dotado de una membrana (diafragma) que cuando se forme el vacío, permitirá el pasaje de la solución dosificada por el hipoclorador.

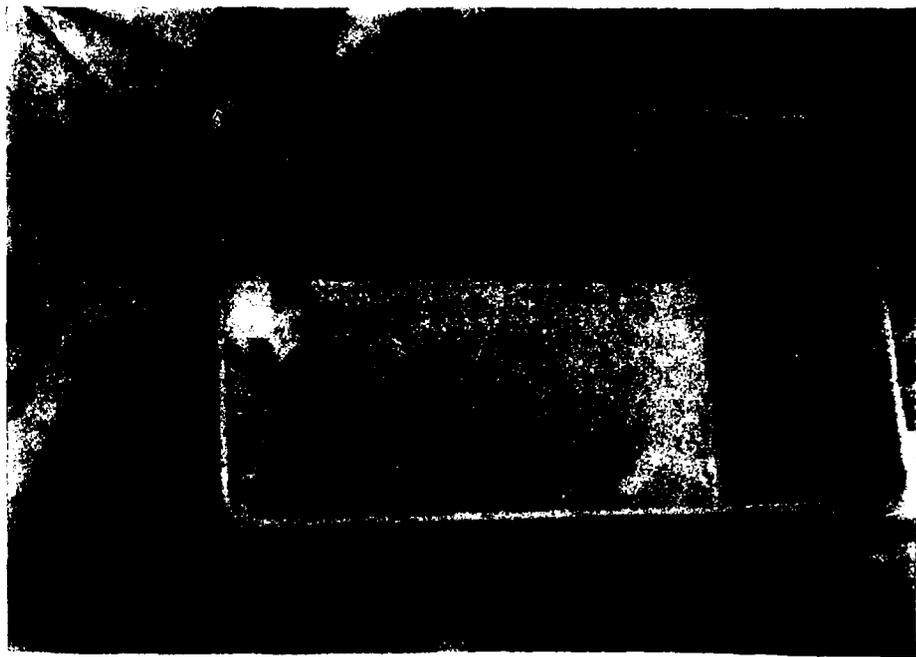
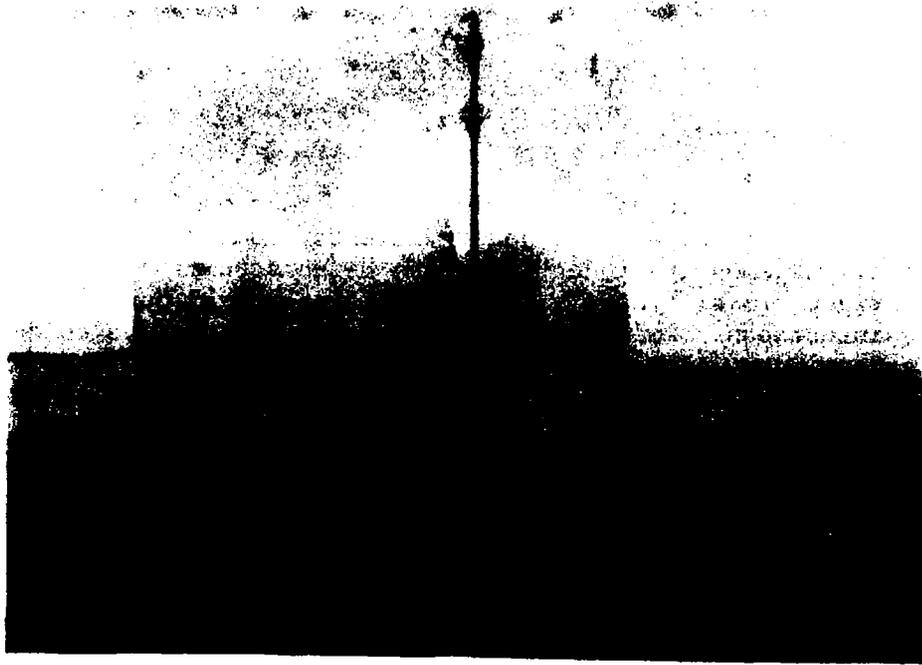
Es muy importante que la presión baja sea inferior a la presión de la columna de agua; en caso contrario, el diafragma se cerrará impidiendo el vacío.

Fig. 2.1:

HIPOCLORADOR



| LEYENDA | |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | VARILLA DE LA BOYA |
| 2 | BOYA |
| 3 | SOPORTE DE LA VARILLA |
| 4 | HUECO DE LA MANGUERA $\phi = 1/8"$ |
| 5 | TAPA |



MODELO DE HIPOCLORADOR

Manual de orientación para sistemas de abastecimiento
de agua en pequeñas comunidades - desinfección

CETESB, Brasil

1. INTRODUCCION

La desinfección es uno de los procesos más importantes dentro del capítulo de tratamiento de agua de abastecimiento, como medio de control sanitario. A priori, juzgamos que todas las aguas de abastecimiento, independiente de cuál sea su origen y/o el tratamiento de clarificación al que han sido sometidas, deben ser desinfectadas. Tal hecho es necesario pues, como ya es del dominio de el área de saneamiento, el agua está permanentemente sujeta a contaminación durante su distribución. Se constituyen como foco principal los tanques domiciliarios, los cuales normalmente son mantenidos sin ningún cuidado.

Existen varios productos desinfectantes, cada uno con sus ventajas y desventajas. Por ahora, optamos por el uso del cloro y sus derivados, ya que éstos continúan siendo los más utilizados, y cuya técnica de aplicación es bastante conocida.

El comercio ofrece productos de cloro y sus derivados en las siguientes formas: cloro líquido en cilindros de acero, clorato de cal, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio en polvo, granulado y en pastillas.

Por el estudio que ahora se ha desarrollado se concluye que para caudales superiores a 12 l/s es más conveniente utilizar cloro líquido. Para caudales menores, debido a su costo creciente, tenemos la cal clorada y el hipoclorito de sodio. Otros productos, encarecen demasiado el proceso. No obstante, éstos podrían ser utilizados siempre y cuando las condiciones locales lo justifiquen. El uso de cal clorada e hipoclorito de sodio para caudales superiores a 12 l/s, aunque haga que el proceso sea más costoso, es recomendado en los sistemas en los cuales por ejemplo no exista tratamiento convencional.

La forma de aplicación del cloro líquido está condicionada a la utilización del aparato clorador idóneo para esta finalidad, siendo más ventajoso el tipo de solución al vacío que es el más comúnmente utilizado. En caso haya problemas en presurizar el agua requerida para este tipo de unidades, se recomienda utilizar el método de aplicación de inyección directa. Para la aplicación de los derivados del cloro, debido a sus innumerables ventajas tratándose mayormente de comunidades de pequeño porte, se recomienda la utilización de sistemas de montaje local. Para los otros tipos, se recomienda el uso de hidroeyectores, preferentemente en relación a las bombas dosificadoras.

Al no disponerse de datos sobre la demanda de cloro del agua a ser desinfectada, se recomienda iniciar la aplicación con una dosis de 1 mg/ de cloro.

Una vez iniciada la desinfección, se deberán recolectar muestras de agua en los extremos de la red de distribución, con el fin de conocer el pH del agua. Conociéndose este parámetro y utilizándose la tabla 3-1, que sigue a continuación, se determina cuál sería la concentración de cloro residual libre o combinado recomendada, a ser obtenida en el agua después del tiempo de contacto indicado.

Tabla 3-1

VALORES RECOMENDADOS PARA UN RESIDUAL MINIMO DE CLORO LIBRE Y COMBINADO,
EN FUNCION DEL pH,
EN CUALQUIER PUNTO DE LA RED

| pH | Cloro libre en mg/l después de 10 minutos | Cloro combinado en mg/l después de 60 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 |

En el caso de que el residual obtenido sea diferente, se deberá aumentar o disminuir la dosis aplicada. Los exámenes bacteriológicos subsiguientes indicarán los efectos de la desinfección procesada.

El residual máximo permitido por ley está limitado a la consideración del olor "levemente perceptible" del cloro.

Según la Secretaría de Salud del Estado de São Paulo, las dosis superiores a 2.5 mg/l de cloro libre y por períodos prolongados pueden producir gastritis.

2. PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA CLORACION

La selección de la forma en que el cloro es empleado para la desinfección de aguas de abastecimiento está relacionada con los propósitos para los cuales se desea su aplicación, teniendo en cuenta las características y limitaciones de las sustancias en consideración, su disponibilidad, seguridad, facilidad de manejo, control de operación y costos relativos.

Dentro de este enfoque se describirán y analizarán en este documento los siguientes productos: cloro gasificado, clorato de cal o cal clorada, hipoclorito de sodio y pastillas de hipoclorito de sodio.

2.1 Cloro gasificado

2.1.1 Características generales

A una temperatura y presión ordinarias, el cloro es un gas amarillo-verdoso, de olor sofocante. Se vuelve líquido por acción de su compresión y enfriamiento, siendo proporcionado a los consumidores bajo la forma de cloro líquido, y sufriendo evaporación antes de su aplicación.

El cloro seco no ataca a metales como fierro, plomo, cobre y otros, mientras que húmedo sí ataca a casi todos. Es un producto no explosivo, presentado comercialmente en cilindros verticales de 40, 50 y 68 kilos, y horizontales de 860, 940 y 1,080 kilos. Estos cilindros se encuentran dotados de válvulas de salida y de seguridad, constituidas de un "plug" fusible a temperaturas de 70 a 75°C. Bajo condiciones normales de temperatura y de circulación de aire en los compartimientos de los cilindros, se puede retirar un caudal promedio y continuo de 1 a 3 kg de cloro gaseoso por hora, si se trata de cilindros de 40, 50 y 68 kg, y alrededor de 10 kg por hora cuando se trata de cilindros de 860, 940 y 1,080 kilos. Se podrán obtener descargas mayores a estos valores por períodos cortos de tiempo; para un período largo de tiempo, esto originaría una baja de presión en el interior del cilindro, y en consecuencia, disminuirá el caudal, llegando en ciertos casos a congelar el cilindro y paralizar totalmente la descarga.

2.1.2 Aplicabilidad del producto

Se recomienda cloro gasificado para la desinfección de agua en sistemas de caudales arriba de 12 l/s, los cuales necesitan un consumo tal de cloro que evite un almacenamiento prolongado de los cilindros, inconveniente éste que provocaría fugas del gas debido al endurecimiento de la empaquetadura de la válvula de escape del gas.

Su utilización debe también restringirse a los sistemas que posean locales apropiados para la instalación de los equipos así como el personal capacitado para su operación.

2.1.3 Ventajas en la utilización de este producto

- bajo costo;
- requiere de pequeño espacio físico para su almacenamiento;
- versatilidad en las dosificaciones;
- fácil instalación de los equipos.

2.1.4 Desventajas en la utilización de este producto

- provoca corrosión en las piezas metálicas al escape del gas en el ambiente;
- los cilindros necesitan ser almacenados en un local seco y ventilado, al resguardo de los rayos solares y de la lluvia;
- el equipo de dosificación requiere de un local aislado;
- es importante la capacitación más cuidadosa del operador;
- el almacenamiento de los cilindros por más de 60 días no es recomendable debido a las fugas del gas;
- para caudales reducidos de agua a ser tratada (inferior a 12 l/s) se hace difícil el control del sistema dosificador.

2.1.5 Dosificadores para cloro gasificado

A) De tipo directo

Este tipo es recomendado para locales donde no haya agua bajo presión al operar el eyector y/o donde no haya electricidad para operar una bomba que permita la utilización de eyectores.

Su funcionamiento es de lo más simple. La presión del gas que proviene del cilindro es reducida, de manera que la cantidad de cloro puede ser medida y, al mismo tiempo, enviada al punto de aplicación. La aplicación es hecha a través de un difusor colocado junto a la masa líquida a ser desinfectada.

Este tipo de clorador presenta algunas deficiencias y limitaciones:

- la presión máxima en el punto de aplicación es de 1.41 k/cm^2 ;
- se acentúan las pérdidas de cloro debido a que el clorador trabaja bajo presión;
- la mezcla del cloro gasificado con el agua se hace por su difusión en el punto de aplicación.

B) Tipo de solución al vacío (Figura 3.1).

El clorador al vacío se basa en la succión del gas cloro por intermedio del vacío producido en el eyector. Hay una gran variedad de aparatos que utilizan este proceso, dependiendo del tipo de control utilizado. El método de control de la dosis recomendada para comunidades de pequeño porte es el manual.

El control manual requiere de un operador que ajuste la capacidad en función del caudal de agua a ser tratada y de la demanda de cloro necesaria para mantener el residual deseado. Se debe utilizar sólo para caudales constantes; los caudales intermitentes requerirán de la asistencia continua de un operador, y dificultarán sobre manera el control del cloro residual deseado. Para la desinfección de agua en sistemas con caudales hasta de 30 l/s , el dosificador deberá permitir una extracción hasta de 4 k/día de cloro gasificado.

2.2 Cal clorada ($\text{CaO} \cdot \text{Cl}_2$)

2.2.1 Características generales

Es también conocida como clorato de cal, se presenta en polvo blanco con 30% de cloro activo, soluble en agua, dejando residuos calcáreos. Posee una estabilidad débil, perdiendo cerca de 10% de cloro disponible al mes y es suministrada en sacos plásticos de 1 a 50 kg.

2.2.2 Aplicabilidad del producto

La aplicación de cal clorada requiere de un depósito para la preparación de la solución provisto de un sistema de descarga por el fondo.

Normalmente, este depósito consiste en 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), y el porcentaje de solución a dosificar deberá ser de hasta 2% de cloro activo. Después de agitar la solución manualmente y de la separación de los residuos sólidos, esta solución deberá ser transferida a otro recipiente que servirá de depósito del producto listo para su aplicación.

2.2.3 Ventajas en la utilización de este producto

- facilidad de manejo;
- no es tóxico, a no ser que fuese ingerido;
- de fácil transporte, previas medidas de seguridad;
- buena solubilidad en el agua;
- no requiere de equipos sofisticados para su dosificación.

2.2.4 Desventajas en la utilización de este producto

- limitación de la concentración de la solución en 2% de cloro activo, cuando es aplicado a través de una bomba dosificadora o de un hidroeyector;
- requiere de un depósito para el producto lejos del calor y de la luz solar;
- deja residuos calcáreos en el agua a ser desinfectada;
- puede causar obstrucciones en los equipos;
- poca estabilidad, perdiendo cerca de 10% de cloro disponible al mes.

2.3 Hipoclorito de sodio (NaOCl)

2.3.1 Características generales

Se encuentra bajo la forma de solución al 10% de cloro activo, embalado en bolsas plásticas de 40 ó 50 kilos de capacidad. Es estable durante algunas semanas, llegando hasta un mes. Se descompone por la acción del calor y de la luz solar y por esta razón debe ser almacenado en locales fríos y al resguardo de los rayos solares.

2.3.2 Aplicabilidad de este producto

La aplicación de hipoclorito de sodio exceptúa la utilización de un recipiente para su preparación, debiendo transferir la solución directamente al tanque listo para su aplicación.

2.3.3 Ventajas en la utilización de este producto

- facilidad de manejo;
- no es tóxico a no ser que fuese ingerido;
- fácil transporte;
- no requiere de equipos sofisticados para su dosificación.

2.3.4 Desventajas en la utilización de este producto

- poca estabilidad, variando su composición después de aproximadamente un mes de almacenado;
- requiere de un depósito lejos del calor y de la luz solar;
- baja concentración de cloro activo;
- se embala en bolsas plásticas que se rompen con cierta facilidad.

2.4 Equipos para dosificar la cal clorada e hipoclorito de sodio

2.4.1 Tipos

Los compuestos clorados, bien sean líquidos o sólidos, son disueltos en agua, y pueden ser dosificados y aplicados utilizándose los siguientes equipos: bombas dosificadoras e hidroeyectoras (industriales), así como sistemas de fabricación local.

2.4.2 Bombas dosificadoras (Figuras 3.2 y 3.3)

Las bombas dosificadoras poseen un buen número de fabricantes, por eso es que son fácilmente encontradas en el mercado. El rango de trabajo de las bombas de línea normal de fabricación es muy amplio, estando comprendido entre un mínimo de 1 l/h y un máximo de 195 l/h de aplicación de la solución desinfectante, lo que corresponde a la desinfección de caudales de 3 hasta 540 l/s, con una solución de 1% de cloro activo y una dosificación de 1 mg/l.

Para bombear la solución de cal clorada se recomienda no sobrepasar el 2% de concentraciones de cloro activo y, en el caso de la solución de hipoclorito de sodio, esta concentración será de 10% como máximo.

El empleo de la bomba dosificadora presenta las siguientes ventajas:

- puede dosificar la presión atmosférica o en una contra presión de 6 kgf/cm² como máximo ó 60 mca;
- posibilita una regulación precisa, constante y reproducible;
- fácil operación.

Los inconvenientes de tales bombas son los siguientes:

- la membrana del diafragma tiene corta duración;
- las válvulas de retención tienden al desgaste en un corto plazo;
- necesita mantenimiento periódico (cambio de aceite);
- presenta obstrucciones constantes;
- necesita disponibilidad y continuidad de energía eléctrica.

2.4.3 Hidroeyectores (Figuras 3.4 y 3.5)

Este equipo, que es usado frecuentemente en el tratamiento de agua de piscinas, se ha constituido en una buena alternativa para la aplicación de soluciones desinfectantes en sistemas de abastecimiento de agua de pequeñas comunidades.

Tal como las bombas dosificadoras, son también fácilmente encontrados en el mercado, ya que sus fabricantes son prácticamente los mismos.

El rango de trabajo del hidroeyector de línea normal de fabricación está comprendido entre un mínimo de 1 l/h y un máximo de 25 l/h de aplicación de la solución desinfectante, lo que corresponde a la desinfección de caudales de 3 hasta 70 l/s, con una solución al 1% de cloro activo y una dosis de 1 mg/l.

Las concentraciones máximas de cloro activo en las soluciones de cal clorada y de hipoclorito de sodio son las mismas recomendadas anteriormente para el caso de las bombas dosificadoras.

El empleo de este equipo presenta las siguientes ventajas:

- bajo costo;
- fácil instalación;
- fácil mantenimiento;
- su operación no requiere de mano de obra especializada;
- su funcionamiento no requiere de energía eléctrica.

Los inconvenientes de los hidroeyectores son los siguientes:

- la dosis no es muy precisa;
- exige su control constante debido a las variaciones en las dosis;
- su material es atacado por la solución desinfectante;
- el equipo está sujeto a sufrir incrustaciones cuando se trabaja con aguas duras;
- su durabilidad es de aproximadamente un año;
- su funcionamiento requiere de agua presurizada.

El hidroeyector puede ser usado para dosificar la presión atmosférica o en contra-presión de un máximo de 1.9 kgf/cm² ó 19 mca.

2.4.4 Sistema de fabricación local

Estos equipos son también una buena alternativa para ser usados en pequeñas comunidades.

Los dispositivos son esquematizados en las Figuras 3.6 a 3.9.

Ventajas

- son de fácil construcción;
- costo reducido;
- fácil operación y mantenimiento;
- permiten dosificaciones para caudales mínimos;
- pueden ser utilizados en cualquier situación a menos que se trate de un pozo tubular cerrado sosteniendo directamente el tanque elevado.

Desventajas

- la dosificación no es muy precisa;
- exige un control constante debido a la variación de las dosificaciones.

2.5 Pastillas de hipoclorito de calcio

2.5.1 Características generales

Este producto, obtenido del hipoclorito de calcio y de un agregante inerte, tiene forma cilíndrica con dimensiones de 32 mm de diámetro y 15 mm de espesor.

Cada pastilla pesa, en promedio, 20 gramos, y contiene aproximadamente 10 g. de cloro activo.

Las pastillas son fácilmente solubles en agua previa agitación de la misma, y sufren alteraciones en la graduación de la concentración de cloro activo en caso permanezcan almacenadas por más de 30 días. Vienen embaladas en cilindros plásticos con capacidad para 25 grageas cada uno.

2.5.2 Ventajas en la utilización de este producto

- son 100% solubles en agua;
- no dejan residuos calcáreos en el agua a ser desinfectada;
- son de fácil transporte;
- necesitan de un área mínima para su almacenamiento;
- su aplicación se hace con el concurso de energía eléctrica producida por pilas comunes de 1.5 voltios;
- no requieren de mano de obra especializada.

2.5.3 Desventajas en la utilización de este producto

- costo elevado;
- las pastillas se quiebran con facilidad, inutilizándose cuando esto ocurre su aplicación a través de equipo dosificador;
- sufre de alteraciones en la concentración de cloro activo después de 30 días de almacenado.

2.5.4 Equipo para aplicación y dosificación de las pastillas (Figura 3.10)

El dispositivo esquematizado en la Figura 3.10 tiene la finalidad de liberar periódicamente, determinado número de pastillas. Está construido estructuralmente en aluminio anodizado, incluyendo sus ejes y canaletas, evitando de esta forma el problema de la corrosión.

El funcionamiento del aparato está basado en un mecanismo de relojería, accionado a pilas, que mueve un sistema de ejes que liberan las pastillas.

Este equipo se limita a la aplicación y dosificación por gravedad, teniendo una capacidad máxima para 36 comprimidos por hora, lo que corresponde a la desinfección de hasta 100 l/s, con una dosificación de 1 mg/l de cloro activo.

3. COSTOS

3.1 Costo de los productos

Las tablas 3-2 y 3-3 que siguen a continuación, indican los costos diario y mensual de los productos consumidos para una dosificación de 1 mg/l y un funcionamiento de 16 h/día del equipo de aplicación del desinfectante.

Tabla 3-2

COSTOS (CR\$) DE CONSUMO DIARIO (16 h/día)
DE LOS PRODUCTOS DESINFECTANTES (dosaje 1 mg/l)

| PRODUCTO | CAUDAL (l/s) | | | | | |
|----------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 3 | 6 | 12 | 15 | 20 | 30 |
| Cloro gasificado | 2,25 | 4,50 | 9,00 | 11,25 | 14,98 | 22,47 |
| Cal clorada | 7,26 | 14,55 | 29,00 | 36,29 | 48,38 | 72,58 |
| Hipoclorito de sodio | 8,48 | 16,95 | 33,86 | 42,34 | 56,45 | 84,67 |
| Pastillas | 69,20 | 138,40 | 276,40 | 345,60 | 460,80 | 691,20 |

Observación: Precios de noviembre de 1978, São Paulo

Tabla 3-3

COSTOS (CR\$) DE CONSUMO MENSUAL DE LOS
PRODUCTOS DESINFECTANTES (dosaje 1 mg/l)

| PRODUCTO | CAUDAL (mg/l) | | | | | |
|----------------------|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | 3 | 6 | 12 | 15 | 20 | 30 |
| Cloro gasificado | 67,50 | 135,00 | 270,00 | 337,50 | 449,40 | 674,10 |
| Cal clorada | 217,80 | 436,50 | 870,00 | 1.088,70 | 1.451,40 | 2.177,40 |
| Hipoclorito de sodio | 254,40 | 508,50 | 1.015,80 | 1.270,20 | 1.693,50 | 2.540,10 |
| Pastillas | 2.076,00 | 4.152,00 | 8.292,00 | 10.368,00 | 13.824,00 | 20.736,00 |

Observación: Precios de noviembre de 1978, São Paulo

3.2 Costo de los equipos

Se indican a continuación los precios aproximados de los equipos dosificadores:

- clorador del tipo de solución al vacío,
de control manual CR\$ 20.000,00
- bomba dosificadora 23.000,00
- hidroeyector 2.000,00

Los costos unitarios de los cilindros de cloro gasificado y de las bolsas son:

- cilindros: 40 kg CR\$ 5.800,00
- 50 kg 6.800,00
- 68 kg 7.800,00
- bolsas: 40 kg 280,00

La cal clorada y las pastillas no requieren de adquisición en lo que se refiere a embalaje.

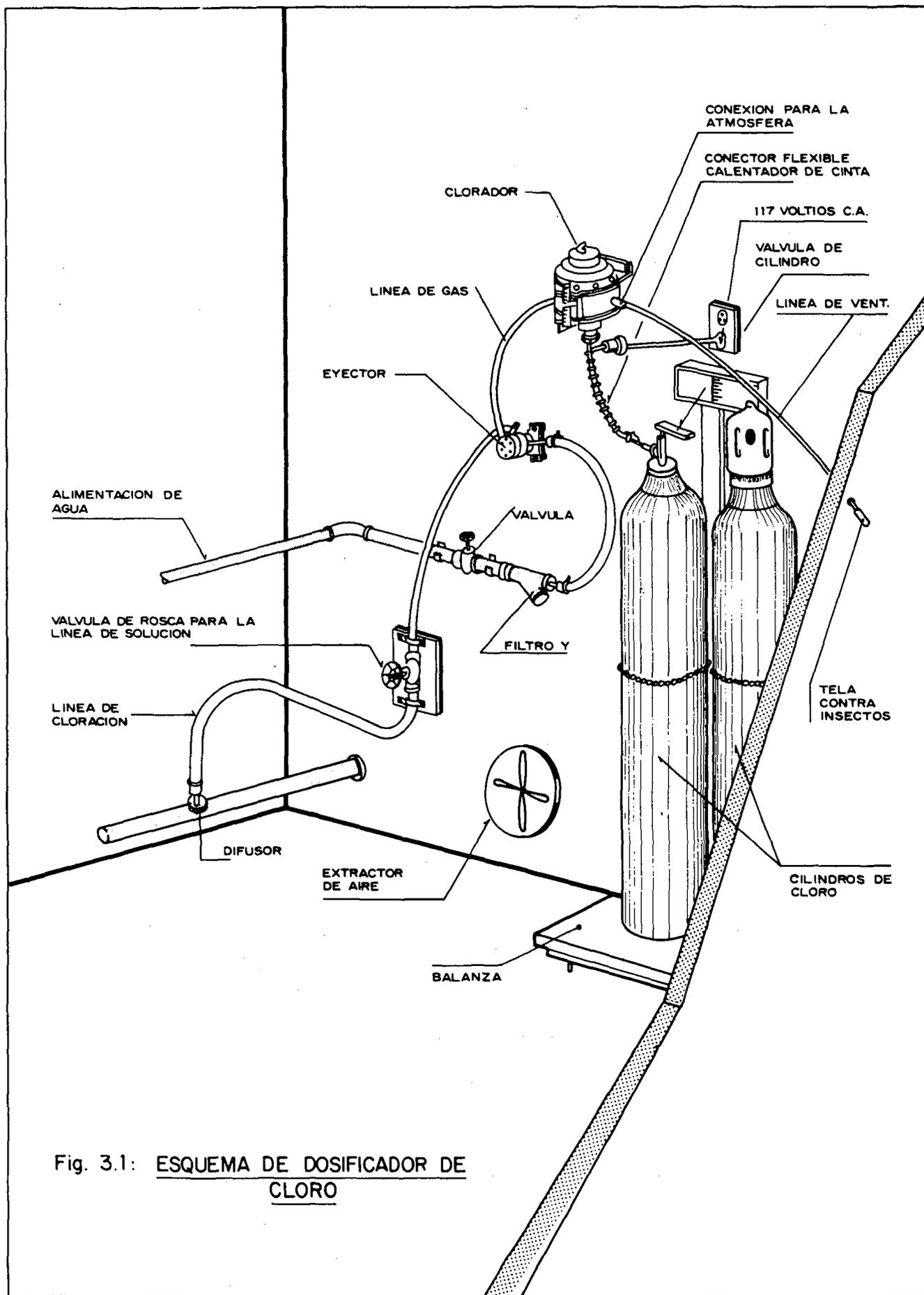


Fig. 3.1: ESQUEMA DE DOSIFICADOR DE CLORO

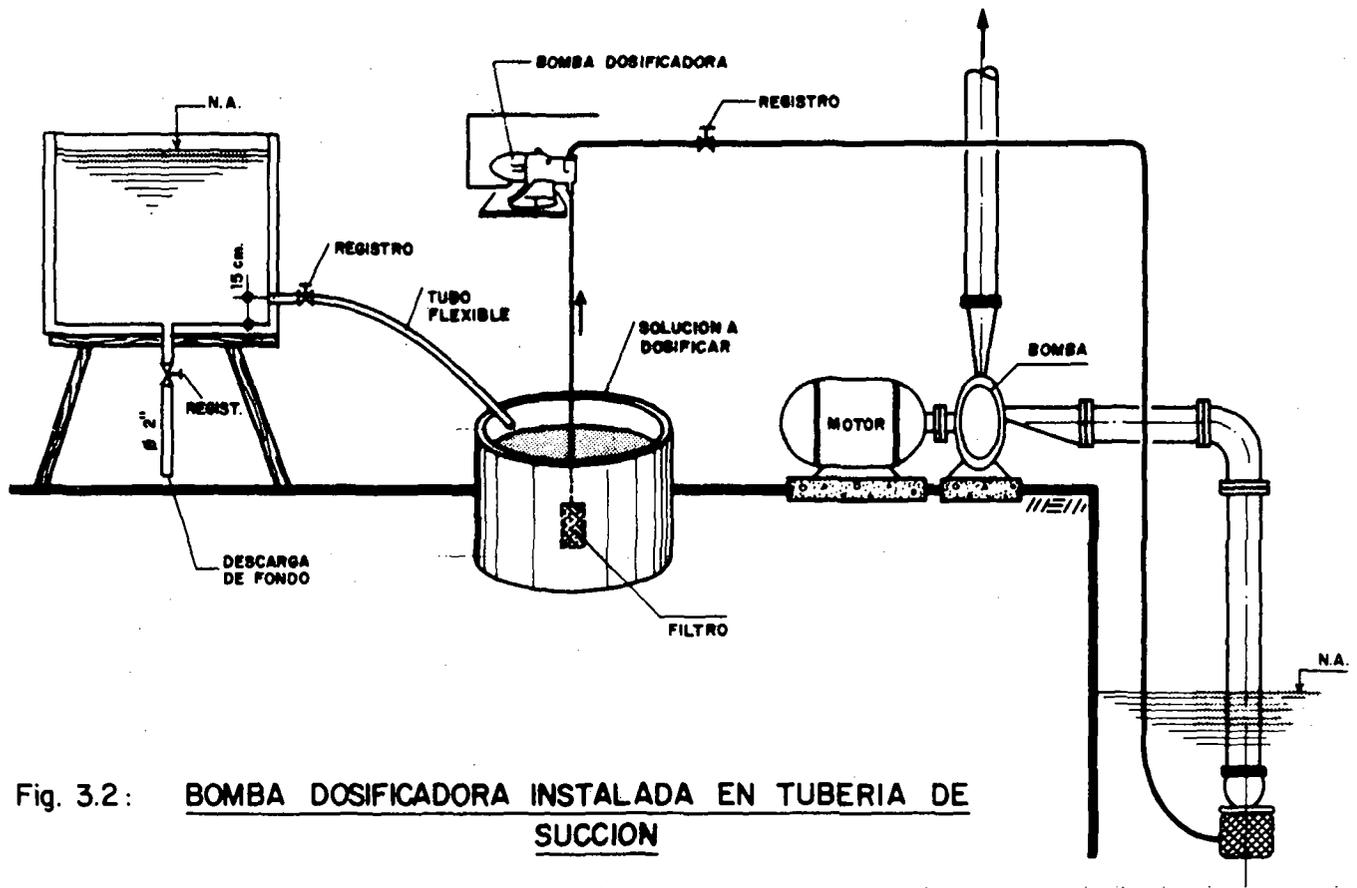


Fig. 3.2: BOMBA DOSIFICADORA INSTALADA EN TUBERIA DE SUCCION

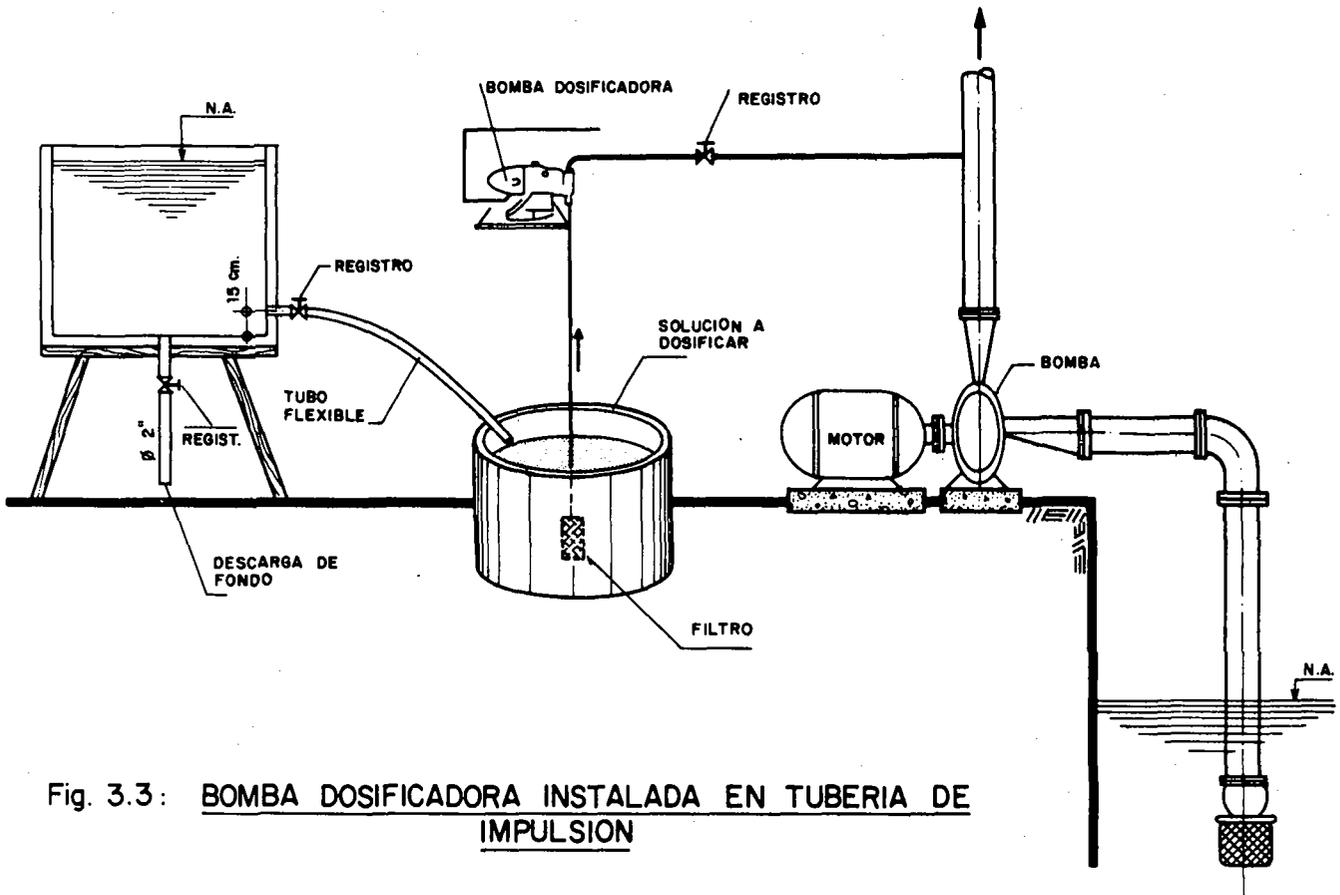


Fig. 3.3: BOMBA DOSIFICADORA INSTALADA EN TUBERIA DE IMPULSION

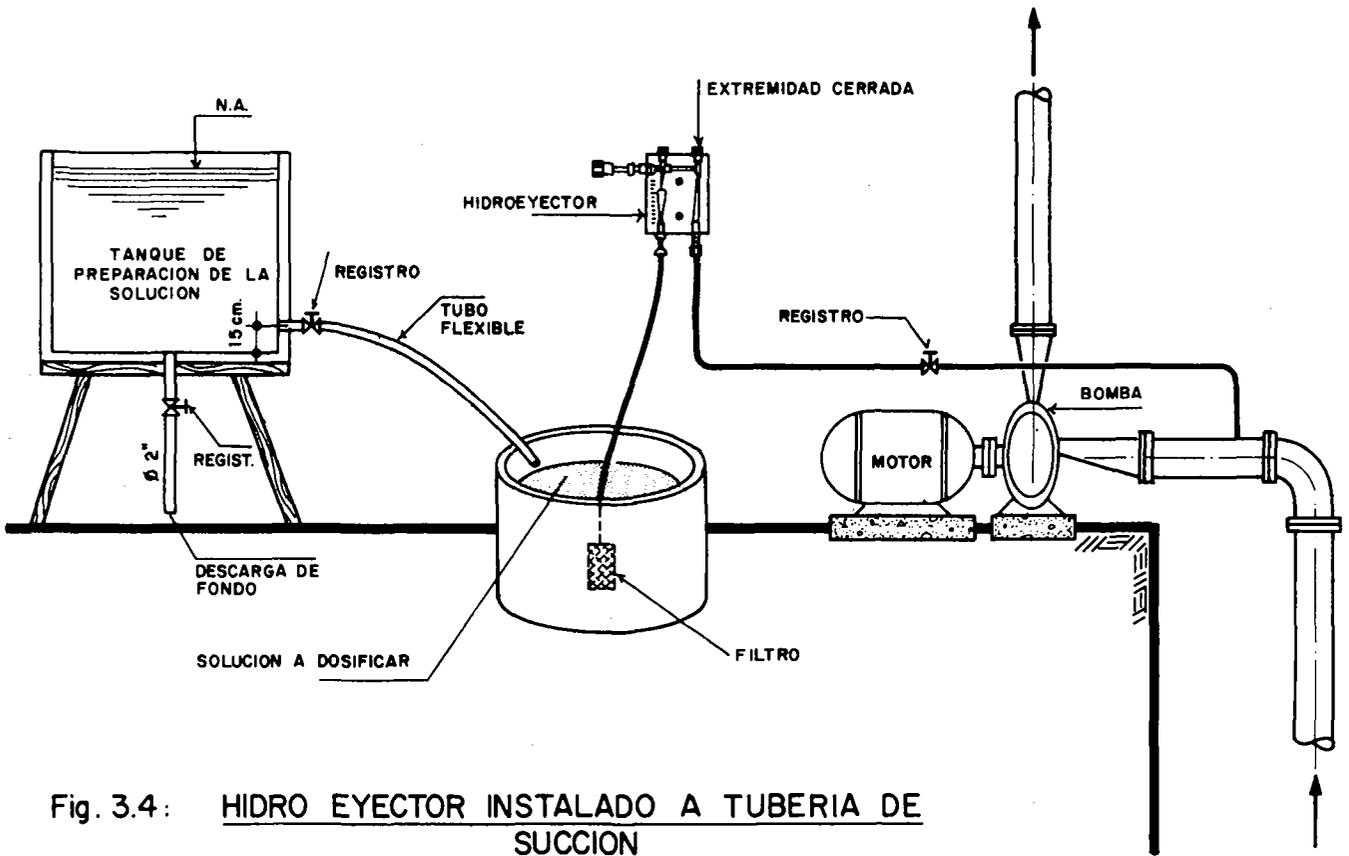


Fig. 3.4: HIDRO EYECTOR INSTALADO A TUBERIA DE SUCCION

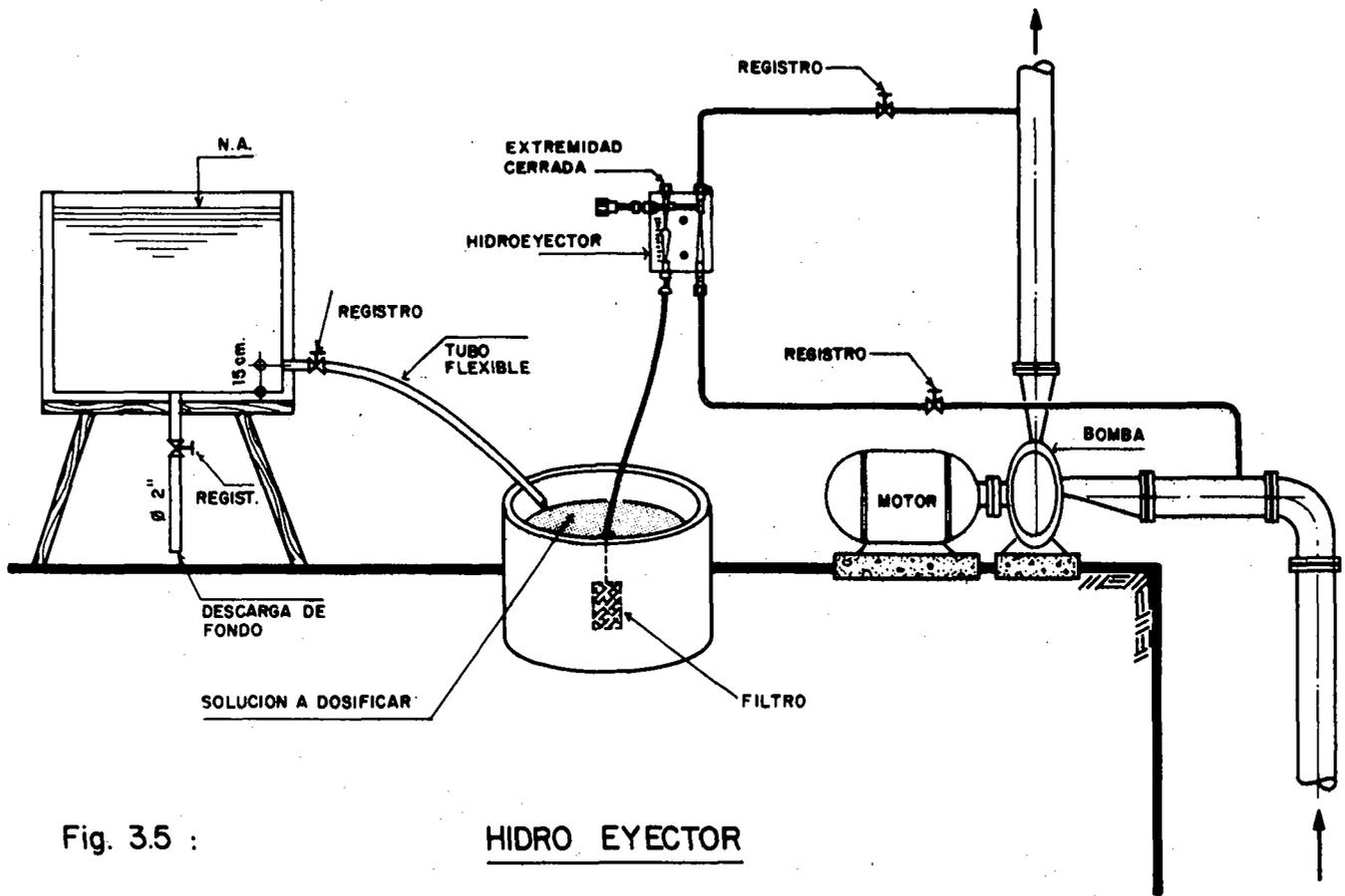


Fig. 3.5 :

HIDRO EYECTOR

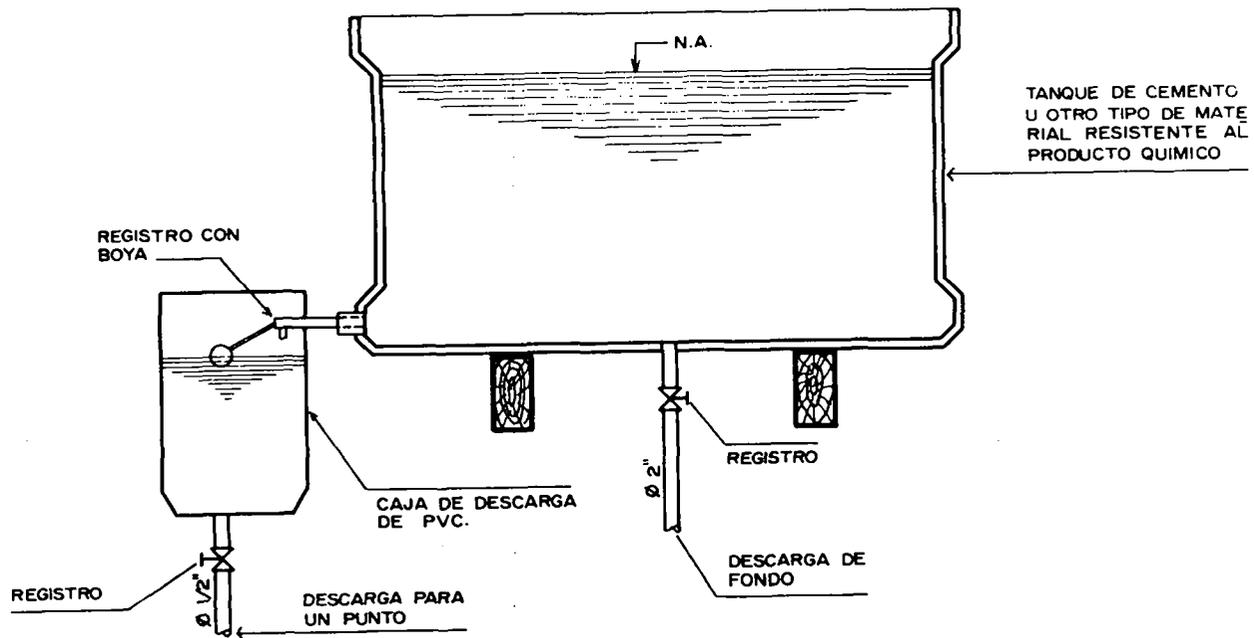


Fig. 3.6 : SISTEMAS DE FABRICACION LOCAL

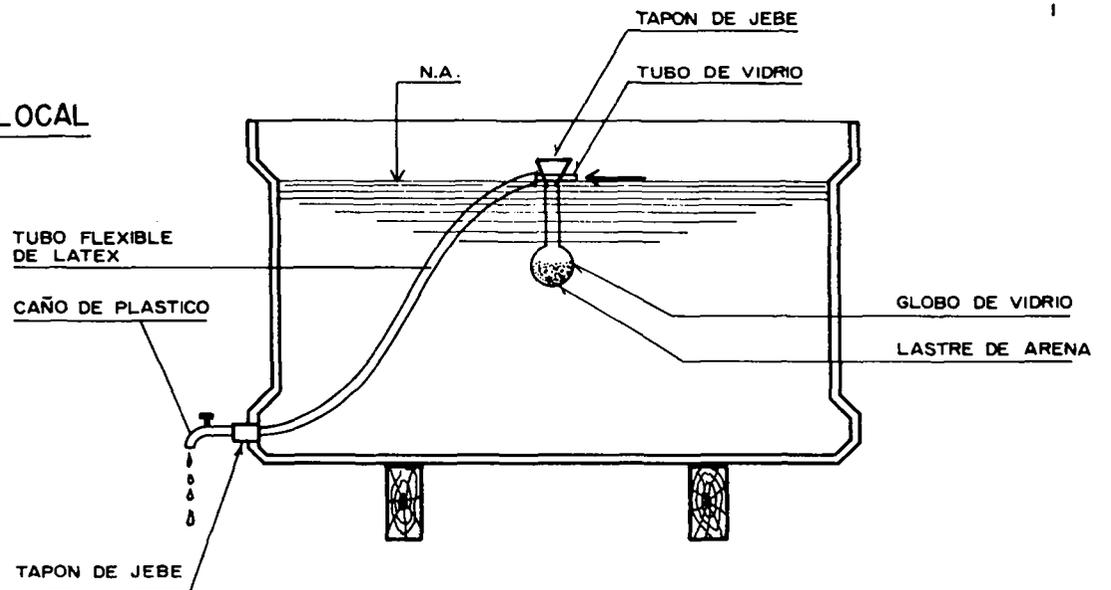


Fig. 3.7 : DOSIFICADOR BASICO DE FLOTACION

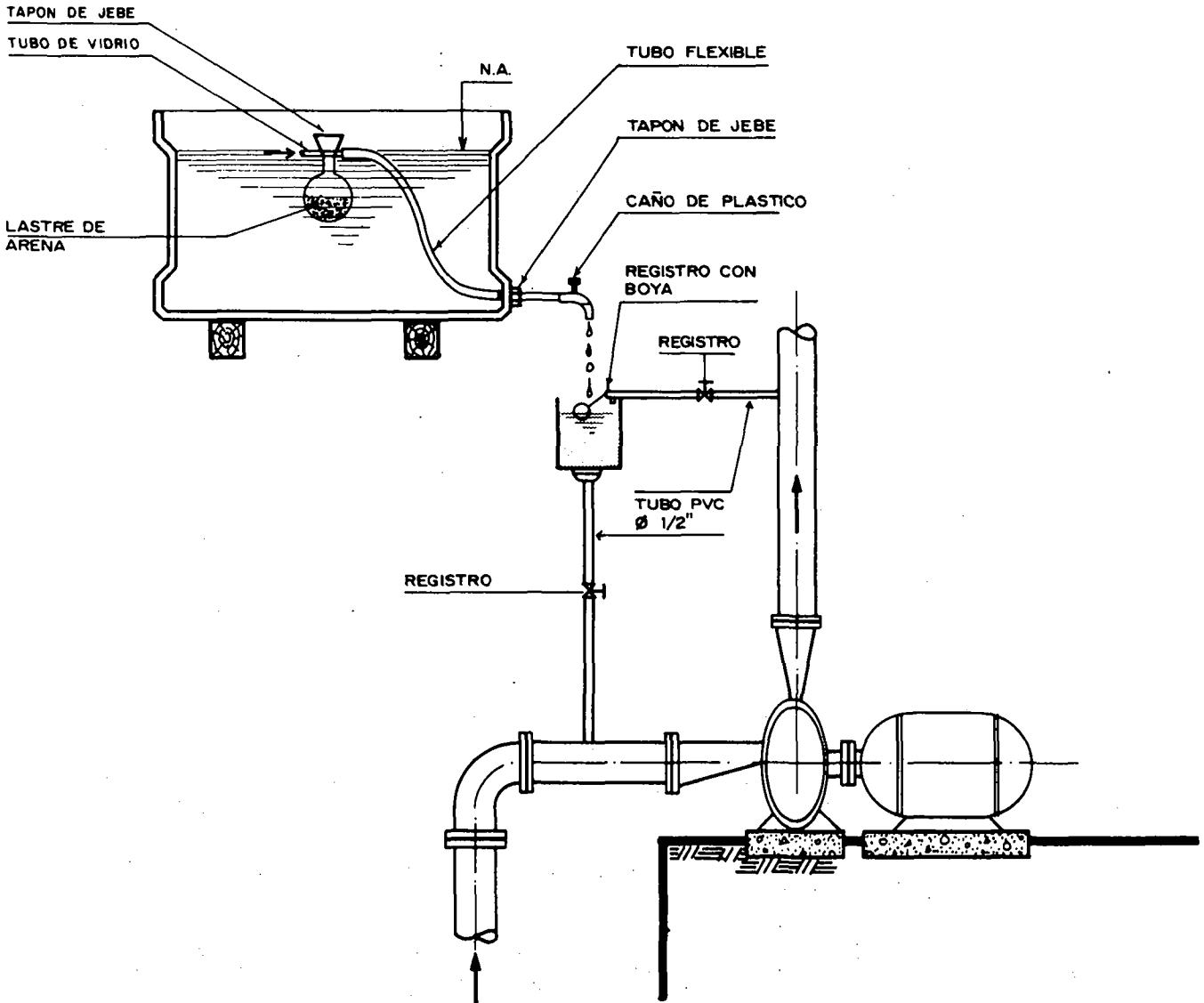


Fig. 3.8: DOSIFICADOR CON FLOTADOR

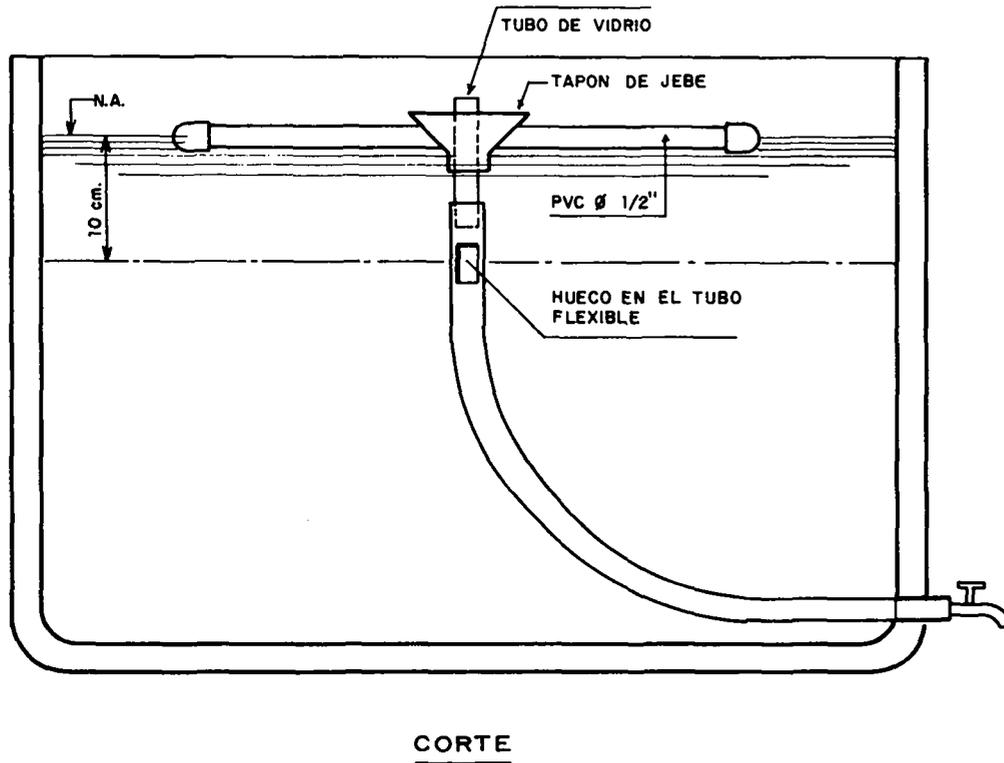
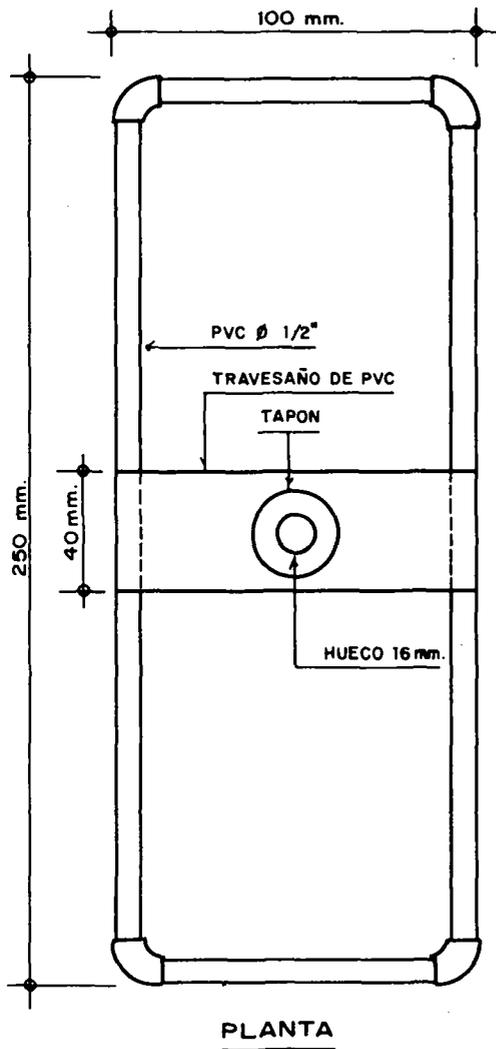


Fig. 3.9:

DOSIFICADOR CON FLOTADOR

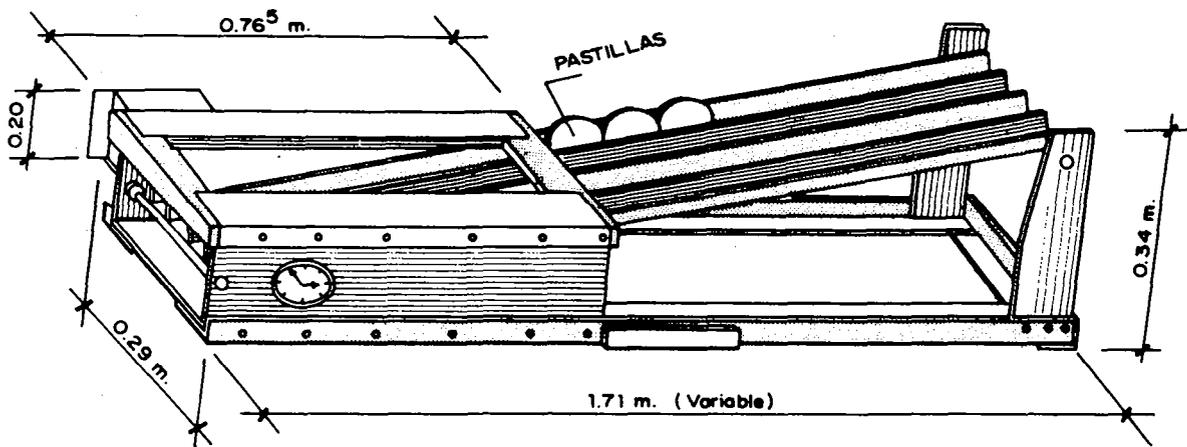
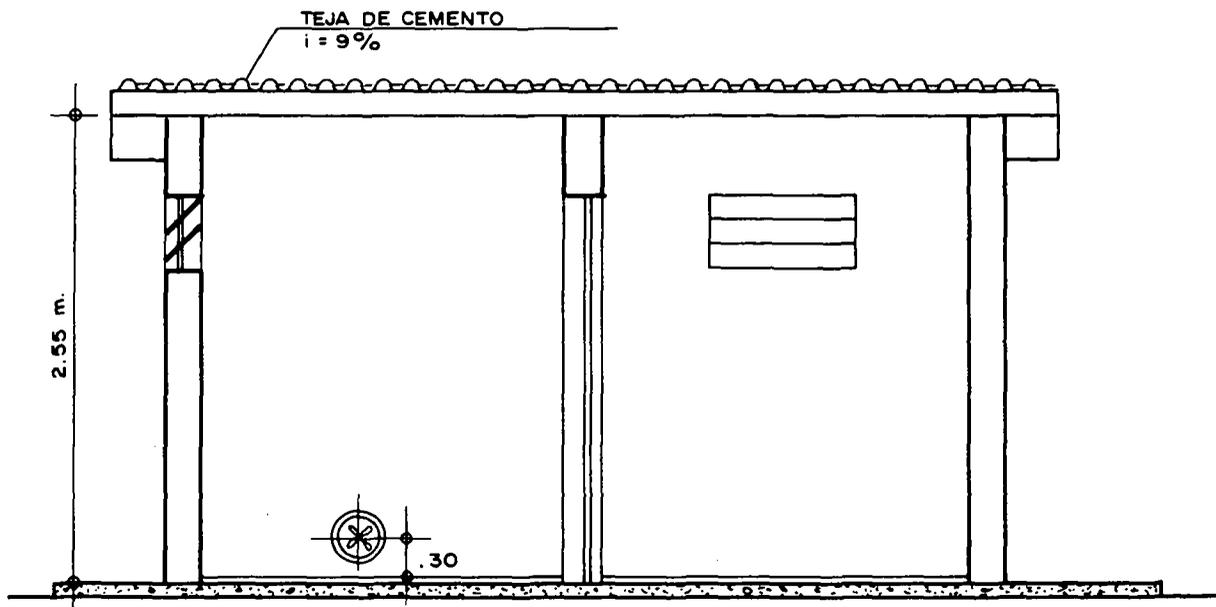
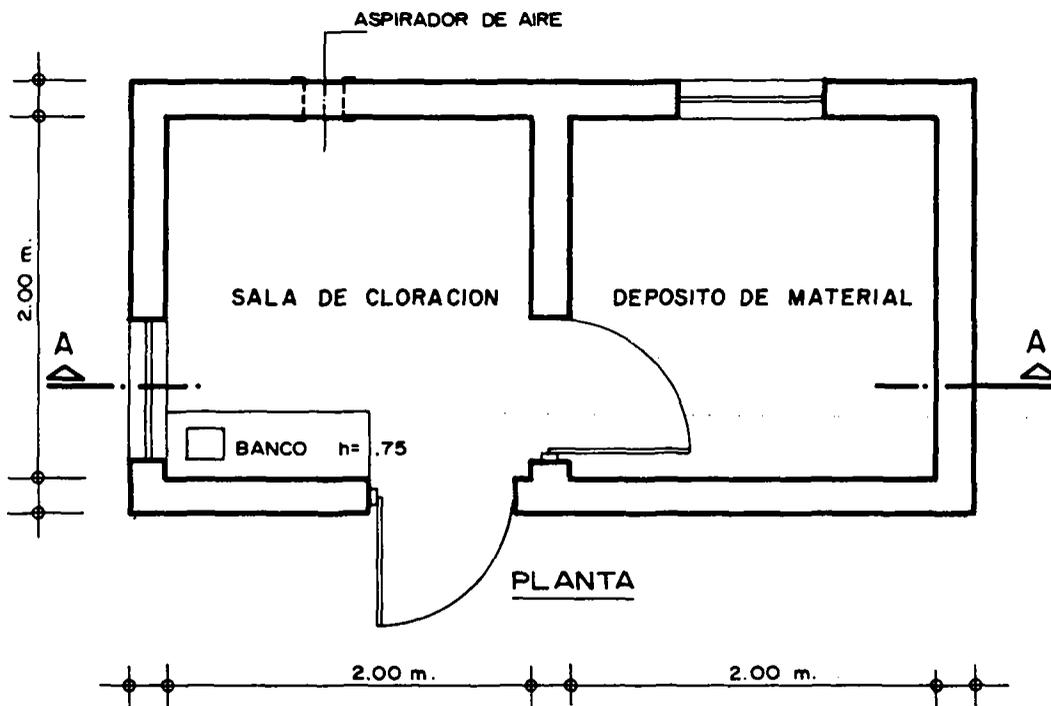


Fig. 3.10: EQUIPO DE DOSIFICAR PASTILLAS



CORTE A-A



OBSERV.: EN LA UTILIZACION DE CLORO GAS INSTALAR UN EXTRACTOR

Fig. 3.11: CASA DE CLORACION

Agua potable y salud - Estudio de la incidencia de diarrea aguda,
en localidades rurales con y sin abastecimiento de agua potable

MOP-SENDOS - Chile

1. FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO

El Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS), consciente de la necesidad de evaluar los beneficios del Programa de Agua Potable Rural desde el punto de vista sanitario, llevó a cabo un estudio comparativo de la incidencia de enfermedades transmisibles por vía digestiva, entre comunidades dotadas y no dotadas de agua potable.

La tarea no fue fácil, ya que uno de los problemas que dificulta evaluar el impacto causado por la instalación de un servicio de agua potable en la salud de la población beneficiaria, es la carencia de estadísticas elaboradas a nivel de las propias comunidades y particularmente, de las comunidades rurales. Este problema se acentúa aún más, porque no todas las localidades cuentan con centros de atención para la salud, que permitan el registro de datos.

2. MUESTRA ANALIZADA

Este estudio abarcó en una primera etapa sólo diez localidades, cinco de ellas con servicio de agua potable instalado y cinco que aún no cuentan con este tipo de abastecimiento.

Las localidades con agua potable, forman parte del grupo de los primeros 25 servicios construidos en la Segunda Etapa del Programa Nacional de Agua Potable Rural, que está llevando a cabo el SENDOS. Estas 25 localidades fueron incluidas en la Primera Evaluación Socio-económica del Programa, presentada al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para dar cumplimiento a una de las cláusulas del Contrato de Préstamo No. 499/SF-CH, que financia parcialmente el Programa Nacional.

De estas 25 localidades, sólo 16 cuentan con postas de salud, de las cuales se seleccionaron las cinco del estudio, lo que representa una muestra del 20% del universo evaluado e informado.

3. METODOLOGIA EMPLEADA

Para este estudio se eligió como indicador de la incidencia de enfermedades transmisibles por vía digestiva de origen hídrico, el número de consultas por diarrea aguda en menores de cero a cuatro años. Las cinco localidades incluidas en el Programa de Agua Potable fueron elegidas de tres regiones representativas del país, y se las comparó con otras cinco localidades no incluidas, con características socio-económicas similares y pertenecientes a las mismas regiones.

La selección se hizo en base a los siguientes criterios:

- A) Existencia de una posta rural del Ministerio de Salud, con atención regular brindada por un auxiliar residente.
- B) Accesibilidad comparable de la población a estas postas rurales.

Los auxiliares rurales del Ministerio de Salud registraron todas aquellas consultas por diarrea aguda en menores de 0 a 4 años, en el período comprendido entre el 18 de enero y el 22 de febrero de 1979 (cuatro semanas estivales).

Al término de este período, se procedió a tabular las consultas por diarrea aguda en cada localidad y a calcular una tasa mensual de incidencia de consultas para la población de 0 a 4 años.

El dato de la población de 0 a 4 años utilizado para determinar las tasas se obtuvo del Censo de Población de Chile de 1970. Según este censo, la población total del grupo de cinco localidades con agua potable, asciende a 2,697 habitantes y el grupo etario de 0 a 4 años, a 418 niños (15% del total). La población del grupo no abastecido alcanza a 2,799 habitantes y la infantil de 0 a 4 años, a 409 niños (14.6% del total).

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados del estudio demostraron claramente la favorable incidencia del agua potable en la salud de población infantil.

Durante el mes de estudio, en las localidades con agua potable se detectaron 55 consultas por diarrea aguda por cada mil niños. Las consultas por diarrea en las localidades que no cuentan con agua potable, alcanzaron durante el mismo período a 213 casos por cada mil niños.

Cuadro 4-1

TASAS DE CONSULTAS POR DIARREA AGUDA EN NIÑOS DE 0 - 4 AÑOS, DURANTE UN MES DE ESTUDIO, EN LOCALIDADES RURALES CON AGUA POTABLE Y SIN AGUA POTABLE, EN 3 REGIONES DE CHILE - 1979

| CON AGUA POTABLE | | | | | SIN AGUA POTABLE | | | |
|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|-------------------|---------------|-------|-----------------|
| REG | LOCALIDAD | POB. 0 - 4 | CASOS | TASA x 1,000 | LOCALIDAD | POB. 0 - 4 | CASOS | TASA x 1,000 |
| VI | Llallauquén | 104 | 3 | 28.9 | Roma | 79 | 8 | 101.3 |
| VI | Puquillay | 72 | 2 | 27.8 | Larmahue | 188 | 38 | 202.1 |
| VII | Morza | 30 | 4 | 133.3 | Punta de Diamante | 25 | 15 | 600.0 |
| VII | Camarico | 61 | 12 | 196.7 | Mariposas | 34 | 18 | 529.4 |
| IX | Pailahueque | 151 | 2 | 13.3 | Malalcahuello | 83 | 8 | 96.4 |
| | T O T A L | 418 | 23 | 55.0 | T O T A L | 409 | 87 | 212.7 |

Como se puede observar en el cuadro anterior y en la figura siguiente, las tasas fueron sistemáticamente mayores en las localidades sin agua potable de las tres regiones en estudio, destacándose entre éstas la VII Región, que presentó las tasas más elevadas en ambos grupos (localidades con y sin agua potable).

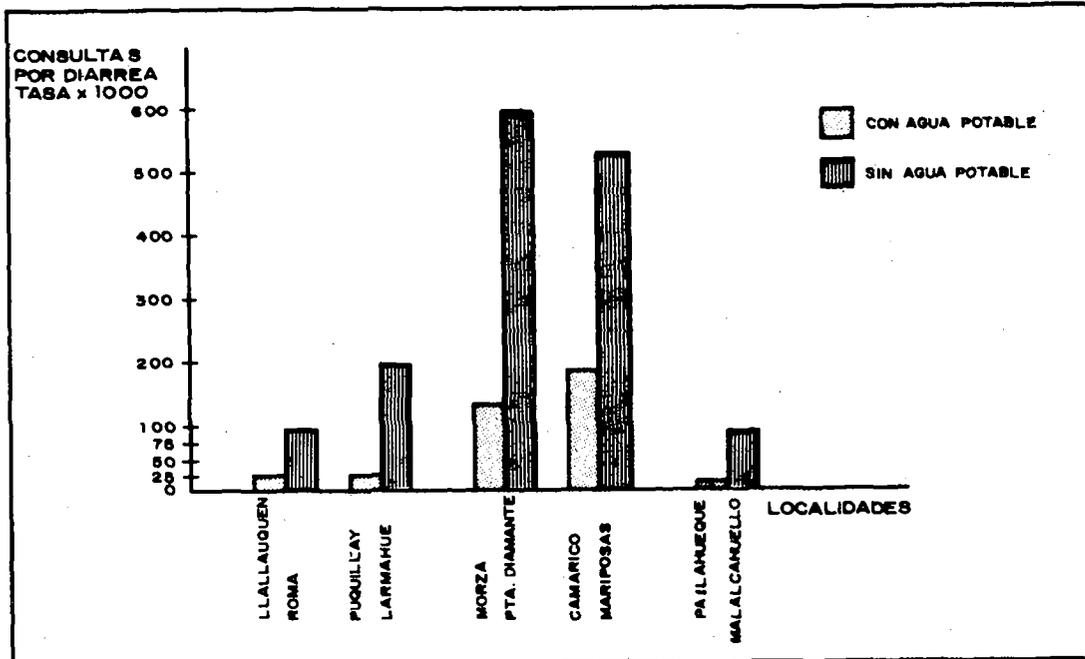


Figura 4.1

CONSULTAS POR DIARREA AGUDA EN NIÑOS DE 0 - 4 AÑOS,
DURANTE EL MES DE ESTUDIO, EN LOCALIDADES RURALES
CHILE 1979

5. CONCLUSIONES

El estudio realizado demuestra fehacientemente que, al contar con agua potable las localidades rurales, puede reducir los casos de diarreas agudas en su población infantil en una proporción de 4 a 1.

Los significativos resultados de la evaluación desde el punto de vista sanitario, han señalado la conveniencia de estructurar un sistema de registro permanente que permita ampliar el estudio hacia otras enfermedades de origen hídrico, como son la fiebre tifoidea y la hepatitis infecciosa.

Sistemas de desinfección de agua en el medio rural - clorador de erosión.
Resultados de la investigación de desinfección. Chile

Ing. Daniel Rodríguez

1. ANTECEDENTES GENERALES

Este estudio se desarrolló bajo los términos de un contrato suscrito entre la Fundación Panamericana de la Salud y Educación (PAHEF) y la Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

El estudio corresponde a una investigación técnica sobre "sistemas de desinfección de agua en el medio rural", planeada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) para ser desarrollada en un área de América Latina que cubre cuatro países. Los dos objetivos centrales del estudio son: identificar los equipos de desinfección de abastecimientos rurales utilizados en el país y los problemas técnicos, administrativos y socio-culturales ocasionados por el uso de ellos; y determinar los criterios de diseño, operación y mantenimiento de equipos de cloración específicos.

El proyecto realizado en Chile, conjuntamente por la Sección Ingeniería Sanitaria y el Departamento Nacional de Agua Potable Rural (DAPRU) del Servicio Nacional de Obras Sanitarias, contempló la utilización de un clorador de erosión.

El clorador utilizado en la investigación es el modelo Water-Sure-152, diseñado y construido por la empresa norteamericana Water Resources Incorporated. El DAPRU adquirió, mediante Licitación Pública Internacional, alrededor de cien equipos de ese modelo para ser instalados en un número similar de localidades construidas en el Segundo Programa Nacional de Agua Potable Rural.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo principal de la investigación que se presenta en este informe es determinar las condiciones de funcionamiento de un clorador de erosión Water-Sure-152 instalado en una comunidad rural y elaborar, en base a la información obtenida en el período de control de seis meses y a antecedentes proporcionados por el fabricante, un manual de operación y mantenimiento para equipos de este tipo.

Otro objetivo importante es la recopilación de antecedentes generales, sobre el desarrollo de los programas de abastecimiento de agua potable y la situación de los sistemas de desinfección de las comunidades rurales del país.

El clorador de prueba se instaló en la comunidad rural de San José de Melipilla distante unos 80 km de la ciudad de Santiago. El servicio de agua potable de esta localidad abastecido mediante una captación subterránea, entró en operación el año 1968. En el año 1972 se instaló un clorador para aplicar solución de hipoclorito de sodio, siendo retirado a los pocos meses por presentar problemas de funcionamiento y carecer de un abastecimiento adecuado del desinfectante. En los últimos ocho años el servicio operó sin sistema de desinfección.

El montaje del clorador en el mes de agosto de 1981 en esa localidad, permitió al DAPRU elaborar las bases técnicas de la propuesta pública para instalación de estos equipos, sirviendo además de modelo a la empresa que ejecutó el trabajo. La instalación de alrededor de ochenta equipos, en un plazo de 60 días, finalizó al término de enero de 1982.

El manual de operación y mantenimiento para estos equipos cloradores, si bien pretende ser de carácter general, está elaborado en base a resultados obtenidos durante el funcionamiento del equipo en la localidad seleccionada, lo que implica que algunas recomendaciones podrían sólo ser de validez para el caso particular estudiado.

Junto con el desarrollo de los objetivos planteados, se incluye un análisis detallado de las condiciones actuales de funcionamiento del servicio de agua potable de San José de Melipilla, que permitió resolver los problemas existentes y recomendar las soluciones para su mejoramiento.

3. SITUACION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL EN CHILE

3.1 Historia y situación actual

La atención de las comunidades rurales, en lo referente a los servicios sanitarios de agua potable y alcantarillado, nació en Chile al inicio de la década de 1960, a raíz de la resolución de la XII Asamblea Mundial de la Salud, que estipulaba la creación de un programa especial de Saneamiento Rural orientado al abastecimiento de agua potable.

La realidad latinoamericana en ese entonces indicaba que sólo un 7% de la población rural contaba con abastecimiento de agua adecuado.

Frente a esta situación, las urgentes necesidades del medio rural fueron analizadas en el marco de la Reunión de Ministros de Salud de Latinoamérica, realizada en 1961 en Punta del Este, Uruguay, donde se destacó como objetivos para el decenio, reducir la mortalidad infantil y aumentar la esperanza de vida a través de programas nacionales de saneamiento ambiental, que incluyeran básicamente la construcción de servicios de agua potable permitiendo alcanzar por lo menos, una cobertura del 70% en población urbana y 50% en la rural.

Esto dio origen en Chile a la creación de un programa de instalación de servicios de agua potable en localidades rurales, impulsado por el Ministerio de Salud Pública, que contó con el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), cuyo aporte ascendente a 2,5 millones de dólares cubriría el 50% del costo total estimado del programa; el aporte fiscal se estimó en un 30% y las comunidades beneficiadas financiarían el 20% restante.

La Oficina de Saneamiento Rural (OSR) dependiente del Ministerio de Salud fue creada en 1964, con el objetivo inmediato de llevar a efecto el mencionado Plan Nacional de Saneamiento Rural. Este plan comprendía originalmente la ejecución de proyectos de instalación de servicios de agua potable en 300 comunidades rurales cuyas poblaciones estaban comprendidas entre 200 y 1000 habitantes. En el cuadro 5-1 se incluye un resumen del Primer Programa de Saneamiento Rural, denominado comúnmente BID I.

Cuadro 5-1

CUADRO COMPARATIVO DEL PRIMER PROGRAMA DE SANEAMIENTO RURAL

| | Programa Original | Programa Ejecutado |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| No. de localidades | 300 | 199 |
| Población beneficiada | 155.400 hab. | 108.700 hab. |
| Plazo de ejecución de las obras | 2,5 años | 6 años |
| Costo total del programa | US\$ 5.000.000 | US\$ 6.041.800 ¹ |
| Aporte local | US\$ 2.500.000 | US\$ 3.541.800 |
| Aporte comunitario | US\$ 1.000.000 | US\$ 762.100 |

¹ Moneda del año 1964

Como puede observarse en el Cuadro 5-1, la ejecución del programa no cubrió las metas contempladas en el plan original, no obstante lo anterior, significó un incremento notable en la cobertura del sector rural.

Entre 1964 y 1975 el desarrollo del sector rural, en lo que respecta al abastecimiento de agua potable, contó con la participación de otros organismos además de la OSR, lo que significó alcanzar en 1975, un nivel de cobertura con agua potable en la población rural concentrada de un 31%, que representó un significativo avance si se compara con el 3% alcanzado en 1964, a través de aportes de instituciones no vinculadas directamente con el sector saneamiento. En el Cuadro 5-2 se presenta el aporte de distintos organismos al sector rural entre los años 1964 y 1975.

Cuadro 5-2

SITUACION DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE RURAL HASTA 1975

| Período | Ejecutor | Número de Localidades | Número de Viviendas | Población Beneficiada |
|------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Hasta 1964 | Varios | 22 | 2.000 | 12.000 |
| 1964-1970 | O.S.R.* | 199 | 18.538 | 108.692 |
| 1964-1975 | D.O.S.** | 9 | 1.350 | 8.098 |
| 1971-1974 | Comisión Sequía-Salud, D.O.S. | 12 | 1.146 | 6.613 |
| 1969-1974 | CORA*** (Ingeniería Sanitaria) | 45 | 2.014 | 11.446 |
| 1964-1974 | Otras instituciones | 25 | 2.325 | 13.950 |
| T O T A L | | 312 | 27.373 | 160.799 |

* O.S.R. - Oficina de Saneamiento Rural

** D.O.S. - Dirección de Obras Sanitarias

*** CORA - Corporación de la Reforma Agraria

La unificación de las diversas instituciones que tuvieron participación en el sector saneamiento rural, comenzó en 1975 con el traspaso de la OSR a la Dirección de Obras Sanitarias.

Al Departamento de Agua Potable Rural de la D.O.S. le correspondió la dirección, coordinación y control del Plan Nacional de Agua Potable en Comunidades Rurales.

En 1977 se crea en Chile, el Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS), cuyos objetivos comprenden la planificación, coordinación, promoción, construcción, operación, mantenimiento y administración de los servicios sanitarios de agua potable y alcantarillado en todo el país. Asimismo, le corresponde el estudio y elaboración de normas técnicas referentes a los servicios sanitarios.

SENDOS tomó a su cargo el desarrollo del Plan Nacional de Agua Potable y su Departamento de Agua Potable Rural (DAPRU) se constituyó en el organismo continuador de los programas de saneamiento iniciados por la OSR, y como tal, le correspondió la ejecución del Segundo Programa Nacional de Instalación de Servicios de Agua Potable en Comunidades Rurales, que contó también con el financiamiento del BID, a través de un préstamo de 7,5 millones de dólares equivalente al 60% del costo total del programa; el aporte comunitario fue estimado en 1,25 millones de dólares.

La realización de este programa de abastecimiento de agua potable (BID II), ha permitido beneficiar a una población que en 1980 se estimó en 68.000 habitantes y que corresponden a 135 localidades con servicios de agua potable terminados al 31 de diciembre de 1980.

El programa comprende 150 localidades con lo que se espera alcanzar en 1981, un nivel de cobertura cercano al 50% de la población rural concentrada.

En el Cuadro 5-3 se muestra la situación de los servicios rurales en cuanto a coberturas actuales.

En 1981, junto con el fin de la denominada segunda etapa del Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable en Comunidades Rurales, se inició la tercera etapa que comprende la ejecución de proyectos de instalación de servicios que beneficiarán a 220 localidades, cubriendo una población de 105.000 habitantes.

3.2

Plan de desarrollo futuro

Mediante el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Rural, el SENDOS se ha propuesto alcanzar una cobertura del 100% para las localidades rurales concentradas, durante la década de 1980. La evolución prevista de la cobertura se muestra en el gráfico de la Figura 5.1.

Cuadro 5-3

COBERTURA DE LOS SERVICIOS RURALES HASTA 1980

| | Población (en miles) | % sobre población total | % sobre población rural tot. | % sobre población rural conc. |
|---|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Población total del país en 1980 ¹ | 11.260 | - | - | |
| b) Población rural total | 2.165 | 19.2 | 100.0 | - |
| c) Población rural concentrada ² | 593 | 5.3 | 27.4 | 100.0 |
| - población con sistema de agua potable domiciliario | 275 | 2.5 | 12.7 | 46.4 |
| - población sin servicio de agua potable domiciliario | 318 | 2.8 | 14.7 | 53.6 |

¹ Fuente: CELADE (Centro Latinoamericano de Demografía).

² Datos Estadísticos del Departamento de Agua Potable Rural, SENDOS.

Junto con el desarrollo de este plan de abastecimiento, el SENDOS está especialmente interesado en promover, incentivar y apoyar a las comunidades para que mantengan y mejoren la calidad del agua suministrada; y por otra parte, proporcionen agua en cantidad y presión suficiente a toda la población ya sea buscando nuevas fuentes de agua o mejorando las existentes.

El desarrollo del Plan Nacional de Agua Potable Rural entre 1980 y 1990 en cuanto a población beneficiada, población abastecida y las futuras conexiones, a través del plan de cobertura, se muestra en el Cuadro 5-4.

El tercer programa en ejecución (BID III) y los futuros programas contemplados en el decenio 1981-1990 requerirán de una inversión total de EUA\$ 69.100.000 como se indica en el programa de inversiones del Cuadro 5-5.

Cuadro 5-4

PROGRAMA DE AGUA POTABLE RURAL

| Etapas del Programa | Período | Población (*) miles hab. | DIC 1980 | DIC 1985 | DIC 1990 |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Etapa Preliminar (SENDOS - Otros Organismos) | Anterior a 1964 | Pob. Benef. | 149 | 155 | 161 |
| | | Pob. Abast. | 109 | 113 | 118 |
| | | Plan Cober. | 40 | 42 | 43 |
| Primera Etapa (BID I) | 1964-1970 | Pob. Benef. | 123 | 128 | 133 |
| | | Pob. Abast. | 98 | 102 | 106 |
| | | Plan Cober. | 25 | 26 | 27 |
| Segunda Etapa (BID II) | 1977-1981 | Pob. Benef. | 83 | 91 | 95 |
| | | Pob. Abast. | 68 | 76 | 79 |
| | | Plan Cober. | 15 | 15 | 16 |
| Tercera Etapa (BID III) | 1981-1985 | Pob. Benef. | - | 120 | 125 |
| | | Pob. Abast. | - | 101 | 105 |
| | | Plan Cober. | - | 19 | 20 |
| Cuarta Etapa | 1985-1989 | Pob. Benef. | - | - | 90 |
| | | Pob. Abast. | - | - | 75 |
| | | Plan Cober. | - | - | 15 |
| Quinta Etapa | 1989-1990 | Pob. Benef. | - | - | 38 |
| | | Pob. Abast. | - | - | 38 |
| | | Plan Cober. | - | - | - |
| T O T A L | | Pob. Benef. | 355 | 494 | 642 |
| | | Pob. Abast. | 275 | 392 | 521 |
| | | Plan Cober. | 80 | 102 | 121 |

Nota: Población Beneficiada: es la población total de aquellas localidades donde se ha instalado un servicio de agua potable.

Población Abastecida : es la población realmente servida. El porcentaje respecto a población total se denomina cobertura.

Plan Cobertura : el plan de cobertura tiene por objeto lograr que la población beneficiada se conecte a la red de agua potable para lograr el 100% de cobertura. El plan será aplicado a cada etapa ya ejecutada. Se estima que se llevará a cabo desde 1985 en adelante.

Fuente: DAPRU.

Cuadro 5-5

PLAN NACIONAL DE AGUA POTABLE RURAL
PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL DECENIO 1981 - 1990 (1)
(miles de EUA\$) (2)

| | | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | TOTAL |
|--|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| III ETAPA 220 localidades 105.000 habitantes | APORTE BID | 2.600 | 3.500 | 4.500 | 4.700 | | | | | | | 15.300 |
| | APORTE LOCAL | 2.100 | 2.300 | 3.000 | 2.800 | | | | | | | 10.200 |
| | TOTAL BID III | 4.700 | 5.800 | 7.500 | 7.500 | | | | | | | 25.500 |
| IV ETAPA 240 localidades 75.000 habitantes | APORTE BID | | | | | 3.700 | 4.500 | 4.500 | 3.900 | | | 16.600 |
| | APORTE LOCAL | | | | | 2.400 | 3.000 | 3.000 | 2.600 | | | 11.000 |
| | TOTAL BID IV | | | | | 6.100 | 7.500 | 7.500 | 6.500 | | | 27.600 |
| V ETAPA 111 localidades 38.000 habitantes | APORTE BID | | | | | | | | | 3.700 | 3.700 | 7.400 |
| | APORTE LOCAL | | | | | | | | | 2.500 | 2.400 | 4.900 |
| | TOTAL BID V | | | | | | | | | 6.200 | 6.100 | 12.300 |
| PLAN DE COBERTURA | APORTE LOCAL | | | | | 500 | 500 | 500 | 500 | 800 | 900 | 3.700 |
| TOTAL APORTE EXTERNO | | 2.600 | 3.500 | 4.500 | 4.700 | 3.700 | 4.500 | 4.500 | 3.900 | 3.700 | 3.700 | 39.300 |
| TOTAL APORTE LOCAL | | 2.100 | 2.300 | 3.000 | 2.800 | 2.900 | 3.500 | 3.500 | 3.100 | 3.300 | 3.300 | 29.800 |
| TOTAL GENERAL | | 4.700 | 5.800 | 7.500 | 7.500 | 6.600 | 8.000 | 8.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 69.100 |

(1) No se incluyen gastos de servicios de deudas.

(2) Valores de 1980, sin considerar devaluación de la moneda

Fuente: DAPRU/SENDOS

4. DESINFECCION DEL AGUA EN LOS SERVICIOS RURALES

El único procedimiento de desinfección que se ha empleado en el país es la cloración. En general, se ha utilizado cloro gas en los servicios urbanos y solución de hipoclorito de sodio en las comunidades rurales y algunos servicios urbanos pequeños. El empleo de cloro sólido, en forma de hipoclorito de calcio ha sido aplicado en piscinas particulares, sólo a partir de los últimos años.

4.1 Equipos cloradores empleados en el país

Estos equipos se pueden clasificar, de acuerdo a la forma en que se realiza la inyección del compuesto de cloro y a los rangos de utilización que presentan en los dos grupos que se indican a continuación.

4.1.1 Equipos de aplicación directa

Dentro de esta clasificación se encuentran los equipos que inyectan el cloro en estado gaseoso directamente a la red, haciendo uso de la presión del cilindro o container.

Este tipo de equipos es factible de ser utilizado cuando el punto de aplicación mantiene presiones menores que una atmósfera lo cual restringe su uso a plantas gravitacionales, estanques de almacenamiento semienterrados, drenes, etc.

El rango de trabajo es amplio ya que tienen capacidades comprendidas entre 0 y 200 kg de cloro al día.

Las marcas y modelos más usados en Chile de este tipo de cloradores son los siguientes:

- Wallace y Tiernan 20 - 055; A 334
- Advance Serie 600

La utilización de gas cloro como agente desinfectante se ha desechado completamente en los servicios rurales debido a que estos equipos involucran altos costos de capital y operación, los que difícilmente pueden ser afrontados por las comunidades.

4.1.2 Equipos de aplicación en solución

Este tipo de cloradores requiere de una bomba auxiliar de presión la que permite inyectar la solución a presiones entre 15 y 60 psi; son de uso frecuente en el país ya que existe un buen número de estanques elevados que van de 10 a 45 m de altura; también se usan en sistemas de bombas de pozo profundo que surten en forma directa a la red de distribución a presiones monométricas equivalentes a las de los estanques mencionados anteriormente.

Los equipos cloradores que tradicionalmente se han estado utilizando en los servicios rurales de agua potable, funcionan en base a una solución concentrada de hipoclorito de sodio que se inyecta directamente a la cañería de aducción, a través de un equipo de bombeo de accionamiento hidráulico o electromecánico.

Los modelos de aplicación de cloro en solución más usados en los servicios rurales son los siguientes:

- Wallace y Tiernan
- Chem Feed C 306 B
- Ranger 10

Si bien la instalación de esos equipos ha sido la más frecuente en los servicios rurales del país, existen otras alternativas de desinfección con solución de cloro, como lo son el sistema de goteo directo al estanque de regulación (especialmente como solución de emergencia); o bien conexiones de servicios rurales a la red de agua clorada en situaciones en que la ubicación de los servicios así lo permite.

4.2 Situación actual de los sistemas de cloración en los servicios rurales

La puesta en marcha de la primera etapa del Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Rural (BID I), permitió la instalación de equipos cloradores en 129 servicios rurales ubicados entre la IV y VIII Región del país, incluyendo la Región Metropolitana. En el cuadro 5-6 se detallan los equipos instalados en esta etapa.

Cuadro 5-6

EQUIPOS CLORADORES INSTALADOS POR LA OSR EN SERVICIOS DEL BID (1971-1972)

| REGION | MODELO | | | TOTAL |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-------|
| | CHEM FEED C 306 B | RANGER 10 | WALLACE Y TIERNAN | |
| Región Metropolitana | 6 | 9 | - | 15 |
| IV | 1 | 4 | - | 5 |
| V | 25 | 3 | - | 28 |
| VI | 25 | 2 | 3 | 30 |
| VII | 38 | 2 | - | 40 |
| VIII | 8 | 3 | - | 11 |
| T O T A L | 103 | 23 | 3 | 129 |

Actualmente, se estima que alrededor de un 50% de estos cloradores se encuentran funcionando en buen estado. La situación general se desconoce por diversos motivos, entre los principales figura la carencia de información actualizada que se genera a nivel regional.

El Departamento Nacional de Agua Potable Rural (DAPRU), frente a la necesidad de mantener un control de los sistemas de cloración está desarrollando un programa de visitas por región, a fin de actualizar la información acerca del estado de los cloradores y promover el mantenimiento de éstos.

Es así como visitas efectuadas en 1981 a la VI y VII Región, han permitido al DAPRU imponerse de la situación en que se encuentran estos servicios del BID I. En la VI Región de un total de 30 servicios visitados la situación de los cloradores, en julio de 1981, es la siguiente: 8 equipos nuevos instalados, 15 equipos reparados, 4 equipos sin información y 3 servicios sin equipo de cloración. En la VII Región de un total de 27 servicios visitados, el 56% está funcionando, el 22% tiene la instalación completa pero no funciona y el 22% restante requiere de cambio de clorador.

En general, los cloradores no funcionan debido a la falta de mantenimiento tanto del equipo como de las conexiones eléctricas que en la mayoría de los servicios visitados se encontraron sin dispositivos de protección. Tampoco existe un plan de mantenimiento preventivo y además, la situación se agrava por falta de proveedores de hipoclorito de sodio, principalmente a nivel regional.

La situación actual de los equipos cloradores instalados antes de 1981 en algunos servicios incluidos en la segunda etapa del programa (BID II) refleja un total de 21 equipos cloradores en funcionamiento y 12 servicios conectados a red de agua clorada.

El cuadro 5-7, confeccionado a partir de informes regionales obtenidos por el DAPRU en julio de 1981, resume la situación descrita.

En 1980, se llamó a Licitación Pública Internacional (Propuesta N° 02/80), solicitada por el Departamento Nacional de Agua Potable Rural, con cargo a un préstamo del BID, para la adquisición de equipos dosificadores de cloro en base a hipoclorito de calcio en tabletas y, equipos de inyección. La propuesta fue adjudicada en 1981 a la empresa norteamericana World Water Resources Incorporated, a través de los representantes en Chile.

En los primeros meses de 1982 se procedió a la instalación de cloradores de erosión Water-Sure 152 con bomba inyectora de diafragma serie 200 o de pistón serie 400, que funcionan en base a la disolución de tabletas de hipoclorito de calcio, en 83 servicios rurales, ubicados entre la IV y X Región del país y que fueron incorporados en la segunda etapa del Programa Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Rural. Estos equipos fueron instalados por una empresa privada que se adjudicó la propuesta pública respectiva, quedando 10 de ellos para ser instalados por DAPRU en los servicios con abastecimiento gravitacional y 6 en servicios del BID II cuya terminación se encuentra pendiente. El detalle de la instalación de estos aparatos se muestra en el cuadro 5-8. Con la instalación de estos aparatos se estima que se alcanzará una cobertura muy cercana al 100% en la población abastecida con agua clorada en los servicios del BID II.

Cuadro 5-7

ESTADO DE LA CLORACION EN LOS SERVICIOS DEL BID II HASTA 1981

| REGION | EQUIPOS INSTALADOS | CONEXIONES A RED DE AGUA CLORADA | SERVICIOS CON CLORACION | TOTAL SERVICIOS |
|--------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|
| IV | 2 | - | 2 | 16 |
| V | - | 4 | 4 | 7 |
| VI | 2 | 4 | 6 | 18 |
| VII | - | 2 | 2 | 19 |
| VIII | 11 | 2 | 13 | 28 |
| IX | 4 | - | 4 | 24 |
| X | 2 | - | 2 | 20 |
| TOTAL | 21 | 12 | 33 | 132 |

Cuadro 5-8

PROGRAMA DE INSTALACION DE CLORADORES WATER-SURE 152

| REGION | MODELO DE LA BOMBA INYECTORA | | TOTAL |
|--------|------------------------------|----------|-------|
| | Mod. 260 | Mod. 437 | |
| IV | 9 | 4 | 13 |
| V | 1 | 2 | 3 |
| VI | 9 | 3 | 12 |
| VII | 13 | 2 | 15 |
| VIII | 11 | 3 | 14 |
| IX | 8 | 5 | 13 |
| X | 8 | 5 | 13 |
| TOTAL | 59 | 24 | 83 |

Con la incorporación de estos nuevos cloradores de erosión la situación general de los servicios de agua potable rural del segundo programa se presenta en el cuadro 5-9.

Cuadro 5-9

SITUACION GENERAL DE LA CLORACION EN SERVICIOS DEL BID II¹

| REGION | Nº DE SERVICIOS INSTALADOS | Nº DE LOCALIDADES | POBLACION ABASTECIDA | Nº SERVICIOS C/ CLORACION (1981) | POBLACION C/CLORACION | COBERTURA |
|--------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|---|--------------------------|-------------------|
| IV | 16 | 19 | 10.077 | 15 | 9.447 | 94 % |
| V | 7 | 14 | 4.603 | 7 | 4.603 | 100 % |
| VI | 18 | 20 | 10.921 | 18 | 10.921 | 100 % |
| VII | 19 | 21 | 9.827 | 17 | 9.108 | 93 % |
| VIII | 28 | 30 | 20.051 | 27 | 19.649 | 98 % |
| IX | 24 | 24 | 15.853 | 17 | 12.639 | 80 % ² |
| X | 20 | 22 | 16.808 | 15 | 10.621 | 63 % ² |

¹ Se incluye la instalación de los 83 equipos cloradores de erosión.

² IX - Instalación de seis equipos Water-Sure en sistema gravitacional:

- Población futura beneficiada: 15.523
- Cobertura : 98%

X - Instalación de cuatro equipos Water-Sure en sistema gravitacional:

- Población futura beneficiada: 16.305
- Cobertura : 97%

En la actualidad se encuentra en etapa de licitación una nueva propuesta pública internacional para la adquisición de equipos dosificadores de solución de hipoclorito de calcio para ser instalados en servicios del tercer programa de abastecimiento de agua potable rural (BID III).

4.3 Consideraciones sobre el programa nacional de desinfección

Las disposiciones establecidas en las normas, decretos y reglamentos respecto a la calidad del agua potable, a pesar de los esfuerzos emprendidos en los últimos años por las entidades vinculadas a los servicios sanitarios, carecen de un mecanismo eficiente para su control y vigilancia, especialmente en el medio rural. Por esta misma razón, su aplicación estricta puede cuestionarse principalmente en lo referente a cantidad de muestras exigidas, debido a que en el país no existe una infraestructura adecuada que facilite el control sanitario en estas localidades.

Teniendo presente esta situación, el SENDOS ha optado por implantar una rutina más simplificada para el control sanitario de los servicios rurales de agua potable, que a pesar de no ceñirse rigurosamente a las disposiciones de las normas, presenta expectativas más viables con respecto a su cumplimiento. En estas disposiciones de SENDOS se establece un control sanitario en base a un análisis físico-químico al año, uno bacteriológico cada tres meses, y mediciones semanales de cloro residual.

Con respecto a la desinfección, si bien estaba contemplada dentro del organigrama del DAPRU, la Sección Cloración ha sido recientemente implementada a fin de apoyar el programa de instalación de equipos cloradores y control de calidad en los Servicios de Agua Potable Rural. Para tal efecto, el SENDOS contrató, a mediados de 1981, un profesional encargado de planificar y desarrollar el programa nacional de cloración.

Aun cuando el DAPRU ha establecido disposiciones relativas al control de desinfectante residual muy por debajo de los requerimientos exigidos en las normas y reglamentos vigentes, no resulta factible que el propio Servicio sea el encargado de tales determinaciones, las que deberán ser realizadas por el operador del respectivo abastecimiento, con el equipo que les será entregado para tal efecto.

El programa nacional de desinfección, tendiente a lograr un 100% en la cobertura de cloración, introdujo en los servicios rurales equipos cloradores de tecnología diferente a la utilizada hasta la fecha. Estos nuevos equipos denominados cloradores de erosión, utilizan un compuesto sólido de hipoclorito de calcio para producir la solución concentrada de desinfectante.

La utilización del compuesto sólido con un porcentaje elevado de cloro activo, permite resolver los dos problemas principales que se presentan con el uso de soluciones de hipoclorito de sodio. Estos problemas están relacionados con la dificultad en la distribución al no existir proveedores en las regiones, y la imposibilidad de almacenar solución preparada por períodos de tiempo adecuados, debido a la pérdida de las propiedades del desinfectante; lo que origina discontinuidad en la aplicación de cloro y gastos excesivos por concepto de transporte.

La adquisición de cloradores de erosión por parte del DAPRU planteó la necesidad de estudiar su funcionamiento y ampliar la información incluida en los catálogos proporcionados por el fabricante. En los capítulos siguientes se incluye los resultados y recomendaciones, obtenidos a través de la instalación de un equipo clorador en la comunidad de San José de Melipilla ubicada en la Región Metropolitana. El programa tuvo una duración de nueve meses considerando la instalación y control del equipo.

5. INSTALACION DE UN CLORADOR DE EROSION

5.1 Generalidades

A mediados del mes de agosto de 1981 se procedió a la instalación de un equipo clorador de erosión Water-Sure 152, para ser sometido a un período de prueba, en la localidad de San José de Melipilla. Este programa de investigación contó con el apoyo activo de las autoridades locales de la Cooperativa de Agua Potable y de SENDOS a través del DAPRU que proporcionó un equipo de entre los 107 adquiridos hasta esa fecha.

Paralelamente a la instalación de este aparato clorador en San José de Melipilla, el DAPRU convocó a una licitación pública para la instalación de cloradores de este tipo en servicios del BID II. La sola instalación del equipo de prueba y los problemas que se presentaron en ese período, anterior a la adjudicación de dicha propuesta, permitieron obtener cierta información relacionada con la instalación misma y algunas recomendaciones sobre la calibración y mantenimiento de estos equipos.

5.2 Descripción del equipo

El equipo clorador instalado está formado por dos unidades independientes, la unidad para preparar la solución de cloro, de accionamiento hidráulico automático, llamada unidad Water-Sure y la bomba dosificadora que aspira desde el estanque de solución a la cañería alimentadora del estanque de regulación. La instalación típica del equipo es la que se indica en la figura 5.2.

En el caso de San José de Melipilla, como en todos los servicios abastecidos por pozos con equipo de bombeo, la bomba dosificadora está conectada al tablero de control, permitiendo que funcionen en conjunto.

La unidad Water-Sure es una unidad básica que forma parte también de otros modelos alternativos para servicios gravitacionales.

Las características de la unidad Water-Sure incluido el estanque de solución son las indicadas a continuación:

| | | |
|---------------|---|----------------------|
| - peso | : | 16 libras (7.2 kg) |
| - dimensiones | : | diámetro : 24" |
| | | altura total : 41" |
| | | altura estanque: 25" |

- capacidad estanque de solución : 80 l.
- material : totalmente plástico; compuestos de PVC y ABS
- diámetros de entrada : 3/4"
- diámetro de salida : 1/2"
- caudal de tratamiento: hasta 5.8 l/s (dependiendo de la demanda de cloro del agua)

El equipo se instala en un by-pass de la cañería de impulsión desde donde extrae una fracción del caudal que le permite elaborar una solución concentrada de cloro la que después se incorpora a la matriz mediante una bomba dosificadora, que aspira del estanque de solución y funciona en conjunto con el equipo de bombeo del Servicio de Agua Potable.

La incorporación del flujo al equipo clorador, se produce a través de una manguera plástica que conecta la cañería matriz con una válvula reductora de presión, dispuesta a la entrada del equipo, que es la que permite mantener una presión de trabajo entre 10 y 16 psi dentro de la unidad Water-Sure que regula la pasada de agua hacia el recipiente de pastillas.

La unidad posee un mecanismo hidráulico de control compuesto por una membrana flexible, un by-pass y una cámara de presión que trabaja en función de los niveles que se presentan en el estanque de solución. Cuando el estanque de solución se encuentra en su nivel máximo se cierra la cámara, aumentando la presión en ella por efecto de la alimentación a través del by-pass. Esta presión se transmite hacia la membrana y ésta a su vez, cierra el paso del agua.

Una vez que se ha vaciado el estanque de solución hasta alcanzar un nivel prefijado, se abre nuevamente la cámara por acción del flotador, disminuyendo la presión en ella y haciendo que el diafragma se separe e ingrese nuevamente el flujo.

El equipo cuenta con cuatro mecanismos de regulación de la concentración de cloro. Algunos actúan directamente sobre la cantidad de la solución inyectada, como ocurre con la dosificación de la bomba inyectora, y otros actúan sobre la concentración de la solución, tal es el caso del recipiente de pastillas que al girar en el sentido horario se aumenta la cantidad de pastillas en contacto con el agua. Los otros dos mecanismos de regulación corresponden también al segundo grupo; éstas son pequeñas válvulas que regulan la cantidad de agua que ingresa al recipiente de pastillas.

En los servicios con abastecimiento gravitacional de agua potable, el equipo clorador se instala normalmente en el estanque de regulación y trabaja con la totalidad del caudal. Los accesorios que requiere su instalación son diferentes a los utilizados en los servicios con impulsión y no es necesaria la bomba dosificadora.

El equipo se compone básicamente de las siguientes partes:

1. Disolvente de pastillas
2. Estanque de solución
3. Bomba dosificadora

A continuación se describe cada una de estas partes y sus elementos accesorios o adicionales (Figuras 5.3 y 5.4).

5.2.1 Disolvente de pastillas

La unidad de disolución de pastillas, también llamada Unidad Water-Sure, se ubica sobre el estanque de solución y su función es entregar una mezcla concentrada de cloro para ser almacenada en dicho estanque y luego ser inyectada a la matriz mediante la bomba dosificadora. A la entrada de la unidad se encuentra conectada una válvula reductora de presión con manómetro de control y una válvula de cierre.

El disolvente de pastillas se compone a su vez de una serie de elementos:

- a) elemento de pasada de agua
 - b) adaptador de bajo flujo
 - c) válvula reguladora de gasto
 - d) membrana
 - e) sistema de cierre
 - f) cámara de disolución de tabletas.
-
- a) El elemento de pasada de agua. Es el conducto por donde ingresa parte del agua a la unidad y permite que el flujo pueda ser detenido mediante la acción del diafragma o membrana.

 - b) Adaptador de bajo flujo. Es un dispositivo que se ubica a la entrada del elemento de pasada de agua y que permite distribuir el gasto de entrada hacia uno y otro lado de la membrana.

 - c) Válvulas reguladoras de gasto. Una de estas válvulas se ubica en el by-pass y controla la cantidad de agua que pasa hacia las pastillas; la otra se ubica en la unidad y controla la cantidad de agua que no toma contacto con las pastillas, sino que se incorpora a la solución en el momento de caer al estanque.

- d) Membrana. Es un elemento flexible que separa la cámara de presión y el elemento de pasada de agua; la diferencia de presiones a uno y otro lado de ella permite que este elemento abra o cierre el ingreso de agua a la Unidad.
- e) Sistema de cierre. Está compuesto por una cámara de presión, by-pass y sistema de cierre de la cámara de presión (este último comprende eje de accionamiento y flotador).
- f) Cámara de disolución de tabletas. Está compuesta por la cámara propiamente tal, tolva de almacenamiento de pastillas, flujos de entrada de agua, vertedero de salida y desagüe de fondo.

5.2.2 Estanque de solución

Los componentes que se ubican en el estanque de solución son:

- el sistema de flotador
- sistema de salida (filtro y válvula de cierre)

El estanque de solución cumple la función de almacenar la solución concentrada de cloro y además lograr una mezcla homogénea.

5.2.3 Bomba dosificadora

La bomba dosificadora, marca Chem Tech Int, posee un motor monofásico de 220 voltios y 50 ciclos por segundo, alimentado en conexión eléctrica con la bomba de impulsión, de tal modo que no haya cloración cuando ésta se encuentre detenida.

El gasto que inyecta la bomba a la cañería matriz puede ser modificado mediante el regulador existente.

5.3 Recomendaciones del fabricante

Las siguientes recomendaciones corresponden a la información extraída de catálogos y parte también corresponde a información entregada personalmente por el Presidente de la compañía en visita efectuada en febrero de 1982, a raíz de la instalación de aparatos de este tipo en 83 servicios rurales.

La mayoría de estas recomendaciones se incluyen en un manual de operación y mantenimiento, el que ha sido confeccionado a partir de los antecedentes recogidos durante los 9 meses de operación del equipo en San José de Melipilla, y teniendo presente también la instalación masiva de este tipo de cloradores, a través de las experiencias recogidas por la Sección Cloración del DAPRU, organismo supervisor de dicha instalación.

5.3.1 Recomendaciones de operación

- La presión máxima de trabajo para el equipo es de 16 psi siendo recomendable mantener una presión de 10 psi. La presión máxima en la entrada es de 300 psi (211 mca).
- Para los equipos con alimentación gravitacional el caudal máximo es de 400 m³/día y presión máxima de 50 psi (36 mca).
- Los niveles recomendables en el estanque de solución concentrada son los siguientes:
 - . nivel máximo 3/4 de la altura del estanque
 - . nivel mínimo 1/2 de la altura del estanque
- Se recomienda la utilización de este equipo en aguas cuyo contenido de calcio sea inferior a 300 mg/l como CaCO₃, puesto que para valores más altos se requiere atención permanente sobre el clorador.
- En las fuentes de aguas con alta dureza, se recomienda preparar soluciones débiles de hipoclorito de calcio y ajustar la dosis requerida mediante inyecciones altas de solución. Esto provoca mayor flujo dentro del equipo disminuyendo los depósitos de residuo.
- Se recomienda ubicar el inyector actuando hacia arriba conectando por la parte inferior de la cañería de impulsión para facilitar el funcionamiento de la válvula de retención dispuesta en el inyector.

5.3.2 Recomendaciones de mantenimiento

La frecuencia de limpieza del equipo depende de valores de algunos parámetros de calidad del agua, principalmente de la combinación de dureza y pH. Si el valor del pH es inferior a 7 se produce una mayor solubilidad de los compuestos de Ca y Mg que dan características de dureza al agua, limitando la precipitación y formación de escamas. Para valores de pH mayores a 7 y aguas con contenido de dureza superior a 300 mg/l se produce precipitación por lo que se recomienda limpiar la unidad cada 500 m³ de agua tratada.

En la última situación descrita, se recomienda inspeccionar el clorador dos o tres veces por semana manteniendo una carga baja de pastillas, para consumo de 2 ó 3 días, a fin de evitar el aglutinamiento de ellas.

El ajuste de los accesorios de material plástico debe ser manual.

Los agrietamientos del aparato se deben muchas veces a un ajuste excesivo de las piezas. Para reparar este tipo de daños se puede emplear cualquier pegamento comercial recomendado por el fabricante.

5.4 Compuesto de cloro utilizado

Como ya se ha mencionado, el equipo trabaja con un compuesto sólido de hipoclorito de calcio, en forma de tabletas, cuyas características físico-químicas establecidas en los catálogos se indican a continuación:

- tamaño de las tabletas : 3/4" x 1/2" x 1/2"
- peso de cada tableta : 0.2 oz (5.7 g)
- densidad máxima : 110.8 (oz/gal) 829 g/l
- mínima : 97.5 (oz/gal) 729 g/l
- % de pérdida anual de cloro activo a 70°F (21°C) y 70% HR : 7.4%
- composición química en porcentaje:
 - . Ca (OCl)₂ 71.89
 - . Ca Cl₂ 0.22
 - . Ca ClO₂ 0.83
 - . Ca (OH)₂ 0.87
 - . Ca CO₃ 2.62
 - . Na Cl 19.78
 - . H₂O 0.05
 - . Fe 0.018
 - . MgO 0.11
- solubilidad en agua del hipoclorito de calcio (ver Figura 5.5)

5.5 Resultados de terreno

A partir de la fecha de instalación del aparato clorador, en San José de Melipilla, se desarrolló un programa tendiente a evaluar el comportamiento de dicho aparato, establecer patrones para su calibración dentro de los márgenes posibles y determinar la estabilidad de las dosis suministradas.

5.5.1 Determinación de la concentración de cloro

Las mediciones de concentración de cloro, se refieren a la que se presenta en el estanque de solución concentrada, y a la que se aprecia como efecto residual en la red de distribución.

La concentración de cloro en el estanque de solución está sujeta a las condiciones que se establezcan externamente en el disolvedor de tabletas a través de los elementos de control de que dispone el aparato. Esta concentración, junto a la dosis inyectada y las características del agua, determinan a su vez el valor del cloro residual resultante en la red.

Las mediciones de concentración en el estanque de solución se realizaron en función de las posiciones del recipiente de pastillas que se encuentran establecidas en el mismo aparato mediante una simbología alfa-numérica, donde el elemento literal se encuentra fijo sobre el clorador e indica la orientación de los flujos de entrada del agua a la cámara de disolución; el elemento numérico se encuentra impreso en el recipiente e indica, en el orden ascendente, una mayor profundidad en la tolva.

Los resultados obtenidos en estas determinaciones son los que se muestran en el cuadro 5-10. Las mediciones de concentración de cloro en el estanque de solución se realizaron en laboratorio a través de valoración con Tiosulfato de sodio; en tanto que los que se refieren a la concentración de cloro en la red se efectuaron en terreno mediante el método clorimétrico de la ortotolidina. En el cuadro aparece también la concentración teórica en el punto de aplicación, que se calculó a través de la relación de los caudales de impulsión e inyección de solución.

5.5.2 Calibración del aparato

Con la información que contiene el cuadro siguiente se confeccionó la curva de la figura 5.6, considerando sólo los valores que aparentemente no estuvieron afectados por circunstancias especiales. La gran dispersión y la escasa reproducibilidad de las medidas podría ser consecuencia de las imprecisiones propias del equipo, de deficiencias de operación y mantenimiento que no fue posible detectar a través del control semanal y de la calidad de las mediciones de cloro residual obtenidas en terreno.

Cuadro 5-10

CONCENTRACIONES DE CLORO

| Fecha | Posición | Caudal de inyección | En estanque de solución mg/l Cl | En la impulsión mg/l Cl | En la red mg/l Cl ⁴ |
|-----------|----------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 27/OCT/81 | 1.5B | 24 | 159.5 ¹ | 0.03 | 0 |
| 03/NOV/81 | 1.5B | 24 | 403.2 | 0.08 | 0 |
| 10/NOV/81 | 2.5B | 24 | 4.067.7 ² | - | < 0.05* |
| 18/NOV/81 | 2.5B | 24 | 558.3 | 0.12 | > 0.05 |
| 24/NOV/81 | 2.5B | 24 | 775.4 | 0.16 | 0.05 |
| 01/DIC/81 | 3.5B | 24 | 1.070.3 | 0.23 | > 0.05 |
| 16/DIC/81 | 3.5B | 24 | 1.010.2 | 0.21 | 0.05 |
| 22/DIC/81 | 3.5B | 24 | 701.9 | 0.15 | 0.05 |
| 29/DIC/81 | 4.5B | 24 | 563.7 ¹ | 0.12 | < 0.05 |
| 07/ENE/82 | 4.5B | 24 | 1.169.9 | 0.25 | 0.05 |
| 12/ENE/82 | 5.5B | 24 | 2.311.3 ² | 0.49 | 0.20 |
| 19/ENE/82 | 4.5C | 24 | 1.520.8 | 0.32 | 0.05 |
| 27/ENE/82 | 4.5B | 24 | 872.1 | 0.18 | 0.05 |
| 03/MAR/82 | 4.5B | 24 | 1.148.6 | 0.24 | 0.05 |
| 10/MAR/82 | 4.5B | 24 | 896.9 | 0.19 | 0.05 |
| 17/MAR/82 | 3.5B | 36 | 595.0 | 0.19 | - |
| 24/MAR/82 | 3.5B | 36 | 464.4 ³ | 0.15 | - |
| 31/MAR/82 | 4.5B | 36 | 492.7 ³ | 0.16 | < 0.05 |
| 13/ABR/82 | 4.5B | 48 | 1.088.3 | 0.46 | 0.10 |
| 20/ABR/82 | 4.5B | 48 | 1.269.1 | 0.53 | > 0.10 |
| 27/ABR/82 | 4.5B | 48 | 280.0 ³ | 0.12 | 0.05 |

* Clorador detenido.

Notas aclaratorias a continuación.

NOTAS

- 1 Posición inicial, valor medido a pocas horas de funcionamiento o poco después de reponer totalmente las pastillas en el recipiente.
- 2 Posible humedecimiento y disolución de las pastillas que, una vez detenido el aparato, permanecieron en contacto con el agua a causa de los residuos de tabletas que obstruyeron el desagüe de la cámara de disolución.
- 3 Posible agotamiento de las pastillas, o dilución lenta de la mezcla por goteos hacia el estanque de solución que no alcanzan a disolver tabletas.
- 4 Se midió en una conexión domiciliaria a 600 m del estanque de regulación. Los valores precedidos por "<" ó ">" son levemente inferiores o superiores a la cifra indicada. Las dosis fueron en general bajas, a objeto de producir acostumbramiento paulatino de la población a la presencia de cloro en el agua.

El ajuste de estos valores a una expresión analítica, resulta extremadamente dificultosa en la medida que la gran dispersión admitiría muchas formas matemáticas, sin embargo, teniendo presente esto y considerando que las concentraciones medias se aproximan bien a una recta, se optó por un ajuste lineal a través de mínimos cuadrados, cuya expresión se indica a continuación:

$$C = 216.1 \times P + 99.6 \quad (1)$$

donde

P = posición de la tolva de tabletas en la letra B de la unidad.
C = concentración en el estanque de solución.

Haciendo uso de la expresión (1) se confeccionó el ábaco que se muestra en la figura 5.7 que puede ser usado en distintos servicios rurales como antecedente para regular las dosis durante el período de ajuste y también para controles periódicos durante la operación. Si bien es cierto este gráfico involucra ciertas imprecisiones, puede resultar de gran utilidad, como primera aproximación, cuando se intenta calibrar el equipo en períodos muy breves o a través de visitas esporádicas de asesoramiento de servicios.

Como recomendaciones generales para el uso de este ábaco se señalan las siguientes:

- establecer concentraciones C_i entre 0.2 y 0.5 mg/l en el punto de inyección. El valor adoptado dependerá de la demanda de cloro de la fuente de abastecimiento, del estado de las instalaciones y en definitiva, de la dosis de cloro residual que se presenta en la red;

- con respecto a la posición de la tolva de almacenamiento de pastillas ésta debe estar comprendida entre 2.5B y 4.5B;
- los caudales de inyección (Q_i) deben ser más bien altos, entre 36 y 60 gpd, para provocar mayor circulación en el estanque de solución.

La forma de proceder al ajuste del aparato haciendo uso de este ábaco y de las recomendaciones mencionadas, se señala en los puntos 5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3 de este trabajo (Figura 5.7).

5.5.3 Consumo de tabletas

El control preciso del consumo de hipoclorito de calcio resulta, en la práctica, muy difícil por cuanto no se dispone en los servicios del instrumental necesario. Sin embargo, se puede llevar un control de tabletas consumidas por unidades.

En esta investigación se estableció esta última metodología de control por unidades consumidas.

El consumo de tabletas en la localidad se estableció en alrededor de 50 unidades semanales que equivale aproximadamente a 1.25 kg de tabletas mensuales.

Naturalmente, el consumo de hipoclorito de calcio varía para cada servicio dependiendo de los volúmenes de agua tratada y de la calidad de ésta. Sin embargo, el consumo de tabletas para los servicios cuyo caudal de impulsión diario esté comprendido entre 1 y 10 l/s y con fuente de abastecimiento subterránea, como ocurre en la mayoría de los servicios del país, el consumo de tabletas puede estimarse variable entre 0.3 y 2.5 kg de tabletas mensuales.

5.6 Costos del sistema de cloración

Las cifras indicadas a continuación corresponden al valor final de la adquisición de 107 equipos cloradores realizada por el DAPRU y a los montos de resolución de la propuesta de instalación de 83 de ellos.

5.6.1 Costo de adquisición

Cuadro 5-11

| Descripción | Unidad | Cantidad | Valor unitario US\$ (FOB) | Total US\$ (FOB)* |
|---|--------|----------|---------------------------|-------------------|
| Equipo clorador Water-Sure c/bomba Chem Tech serie 200 (de diafragma) | gl | 76 | 680,00 | 51680,00 |
| Equipo clorador Water-Sure c/bomba Chem Tech serie 400 (de pistón) | gl | 31 | 805,50 | 24970,50 |
| Manguera flexible 107 tiras de 10 m | gl | 1 | 1433,80 | 1433,80 |
| Compuesto de hipoclorito de calcio en pastillas unidad de 45.4 kg | gl | 140 | 146,36 | 20490,40 |
| Total adquisición (valor FOB) | | | US\$ | 98574,70 |
| Flete y seguro | | | | 8076,54 |
| Total adquisición (valor CIF) | | | | 106651,25 |
| Total adquisición (puesto en bodega SENDOS en Santiago) | | | | 139713,12 |

* Valor del dólar en moneda nacional 39 \$/US\$

5.6.2 Costo de transporte e instalación por Regiones

Cuadro 5-12

| Región | Cantidad de equipos instalados | Total \$ |
|--------|--------------------------------|--------------|
| IV | 13 | 177.255,18 |
| V | 3 | 33.005,85 |
| VI | 12 | 131.767,18 |
| VII | 15 | 187.659,35 |
| VIII | 14 | 183.916,12 |
| IX | 13 | 175.034,87 |
| X | 13 | 183.361,05 |
| Total | 83 | 1.071.999,60 |

6. CONSIDERACIONES FINALES

De los resultados obtenidos en el período de prueba y en la instalación masiva de estos equipos cloradores se puede señalar como aspectos relevantes los indicados a continuación.

Las ventajas del compuesto sólido de hipoclorito de calcio frente al hipoclorito de sodio en solución, especialmente en lo referente a manejo, transporte y distribución en los servicios rurales, sumado a su mayor estabilidad que le permite ser almacenado por períodos mayores que en el caso del compuesto líquido, justifican plenamente su utilización en el medio rural; más aún, si se considera que estas ventajas pueden llegar a compensar la diferencia de costos directos que existe para una misma concentración de cloro activo entre ambos compuestos.

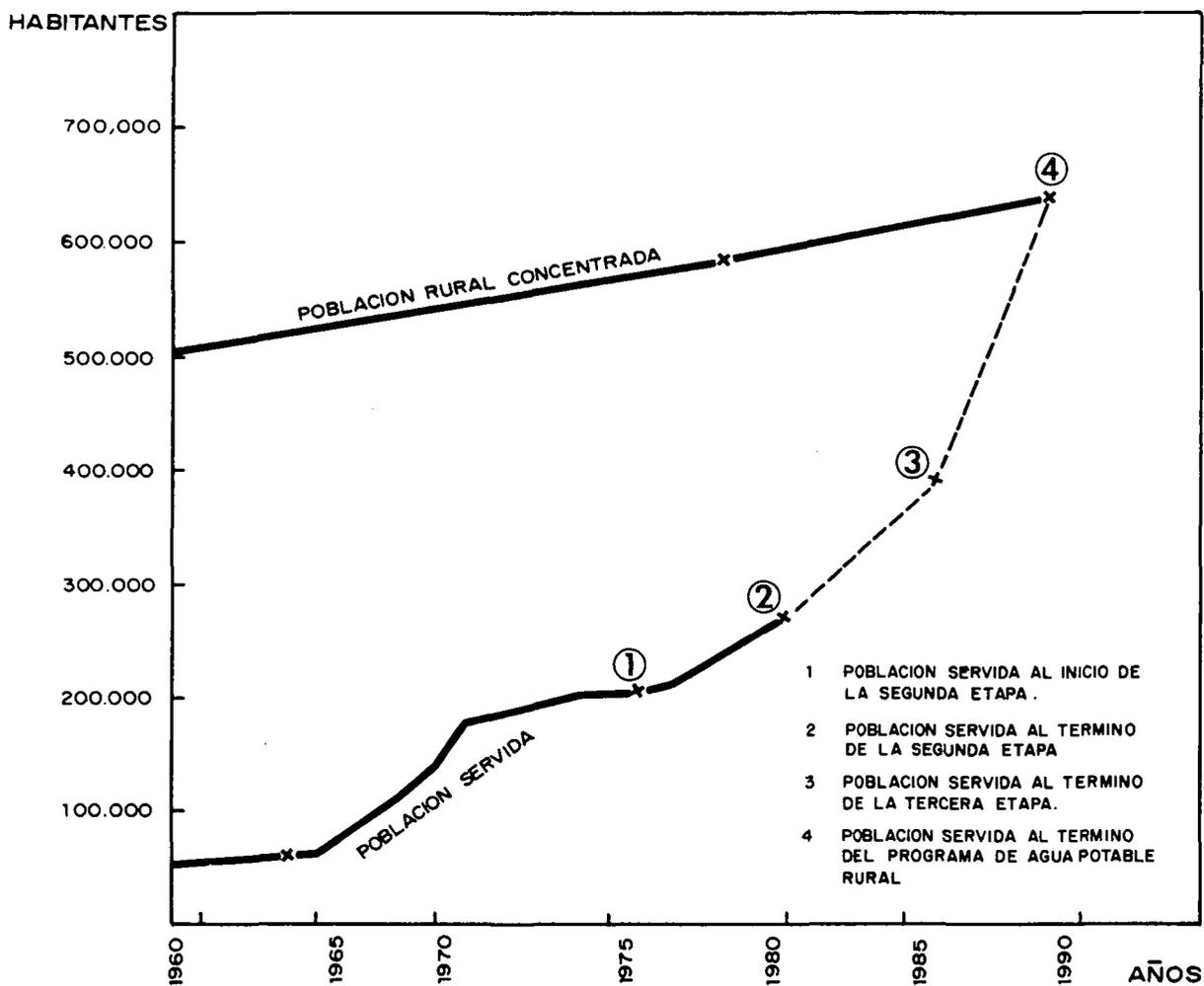
La incorporación de este tipo de aparatos al medio rural, llevada a efecto por DAPRU a través de la instalación de 83 aparatos no ha mostrado, a la fecha, los resultados previstos. Las razones de mayor importancia que se pueden señalar frente a esta situación son similares a las indicadas como causantes de los fracasos observados con los anteriores programas de cloración. Estas se refieren fundamentalmente a una falta de adiestramiento y asistencia técnica a nivel de operadores de servicios, muchas veces causada por dificultades prácticas y deficiencias en la infraestructura que deben enfrentar los organismos encargados de brindar estas labores de apoyo y en otras ocasiones, como ocurrió en este caso, la tecnología incorporada y los requerimientos que los equipos necesitan superan la capacidad de los operadores para enfrentarlos en forma eficiente.

La Sección Cloración del DAPRU que ha sido el organismo supervisor de esta última instalación de equipos cloradores, teniendo presente la situación descrita, ha desechado la utilización de los aparatos Water-Sure en una futura instalación. Sin embargo, las ventajas del compuesto sólidos de hipoclorito de calcio permitirían que éste sea utilizado en la totalidad de los servicios rurales del país. En efecto, tanto en los equipos que funcionan con hipoclorito de sodio como en los que se instalarán en un futuro próximo, la solución concentrada que inyecta la bomba dosificadora sería preparada manualmente para el consumo de uno o dos días.

BIBLIOGRAFIA

La bibliografía utilizada en el presente estudio corresponde a:

- documentos elaborados por el Departamento Nacional de Agua Potable Rural (DAPRU) del Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS) para presentaciones al Banco Interamericano de Desarrollo o usos propios del Departamento;
- catálogos y documentos proporcionados por la empresa World Water Resources Incorporated y sus representantes en Chile;
- Normas Técnicas del Instituto Nacional de Normalización de Chile;
- antecedentes obtenidos de la publicación "Primer Seminario sobre Cloración del Agua Potable". Santiago, Julio 1978.

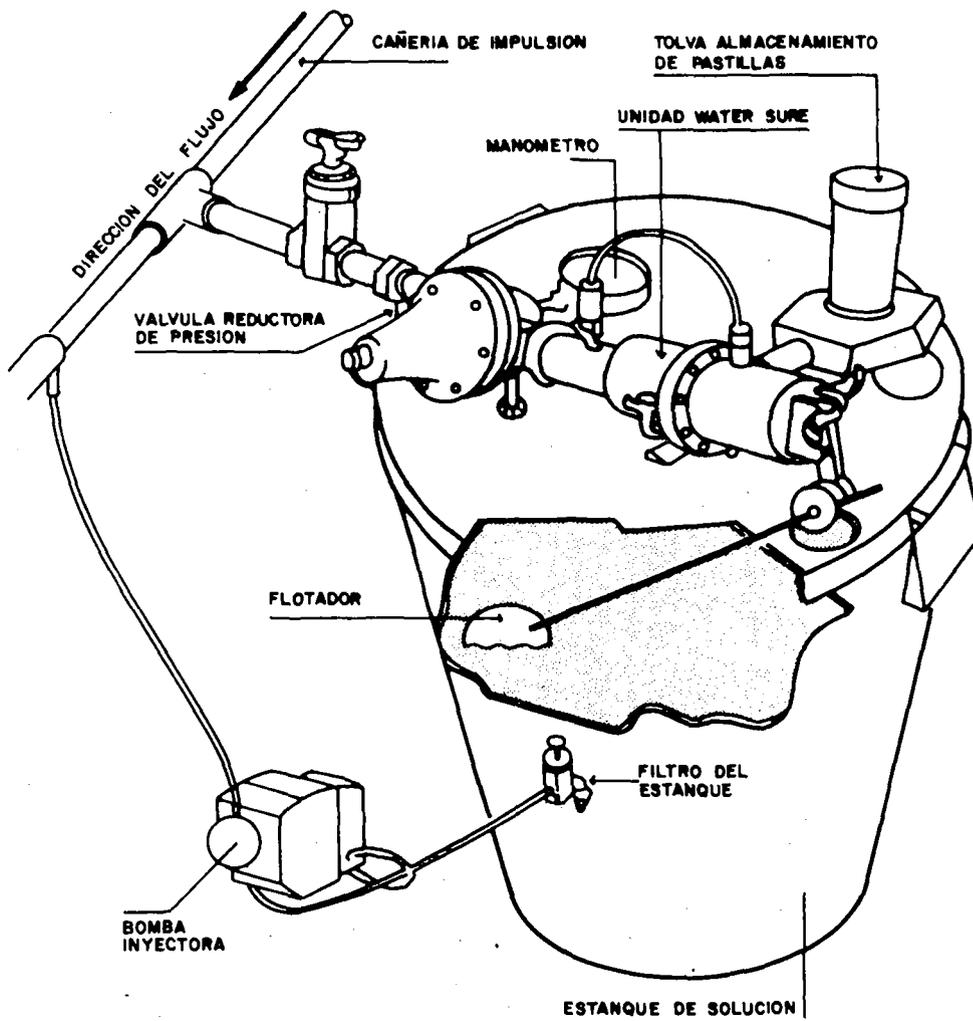


FUENTES : DATOS ESTADISTICOS DEL DEPTO. DE A. P. RURAL

* CRECIMIENTO DEMOGRAFICO SECTOR RURAL CONCENTRADO 0,8% ANUAL

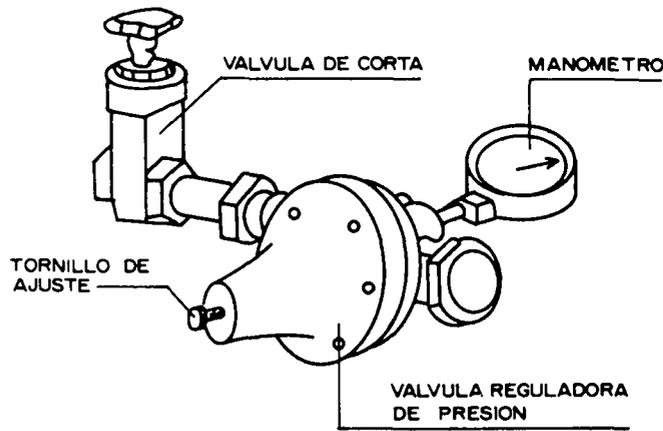
FUENTE DAPRU / SENDOS

Fig. 5.1: EVOLUCION DE LA COBERTURA EN EL SECTOR RURAL CONCENTRADO

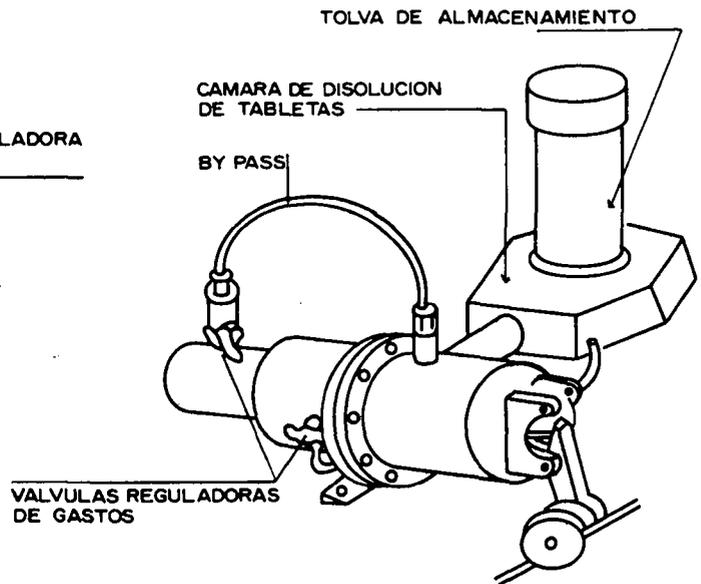


ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACION DEL EQUIPO

Fig. 5.2 : HIPOCLORADOR



a: ACCESORIOS DE ENTRADA



b: UNIDAD WATER - SURE

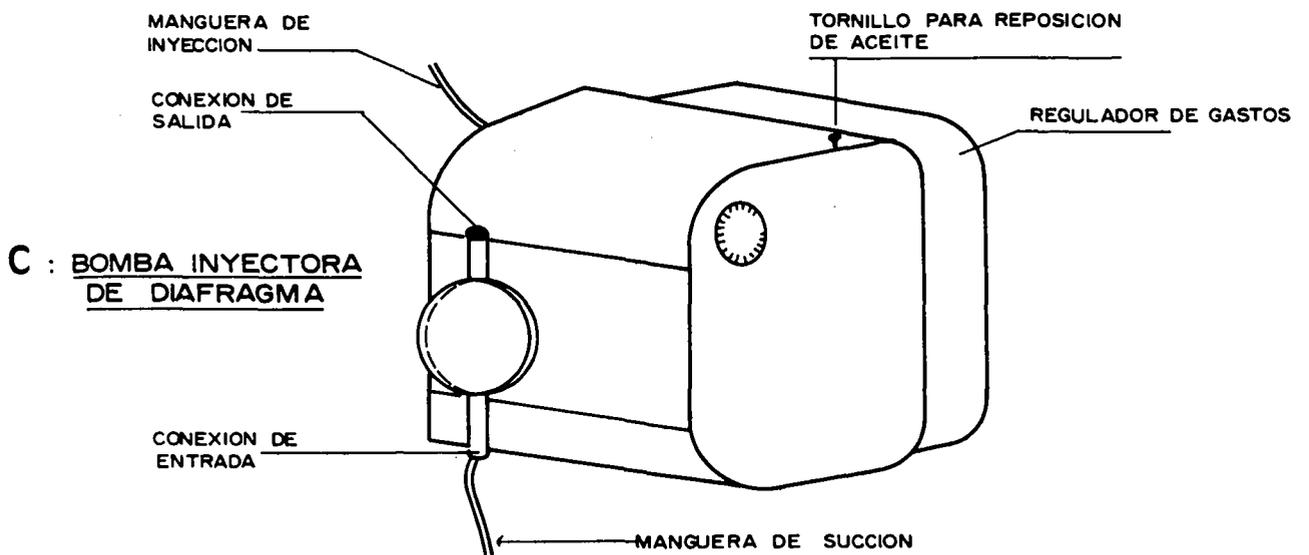
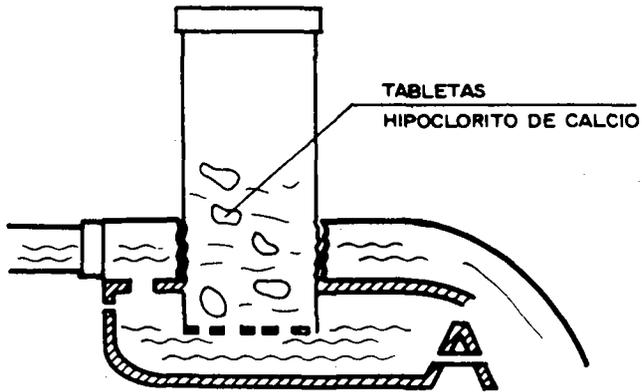
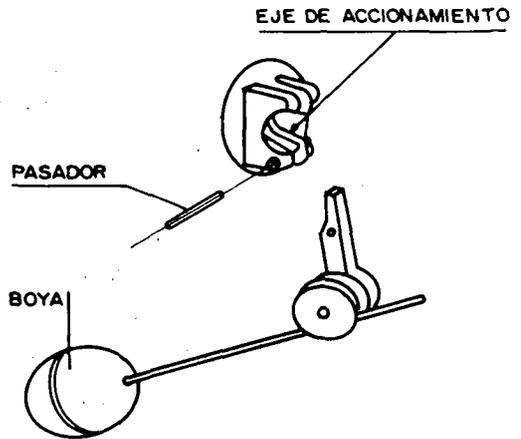


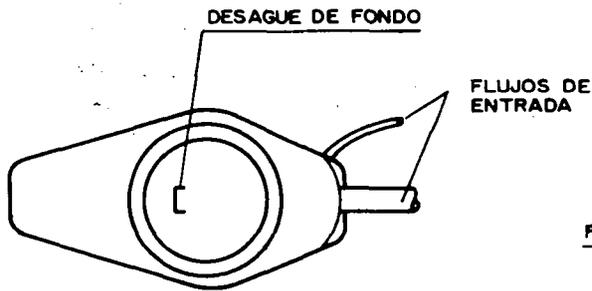
Fig. 5.3 : COMPONENTES DEL EQUIPO CLORADOR



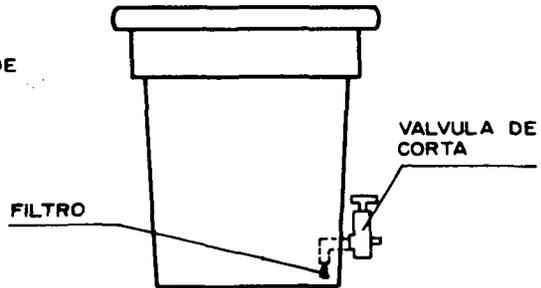
e : ESQUEMA DE LA CAMARA DE DISOLUCION



f : FLOTADOR



g : CAMARA DE DISOLUCION



h : ESTANQUE DE SOLUCION

Fig. 5.4 : DETALLES

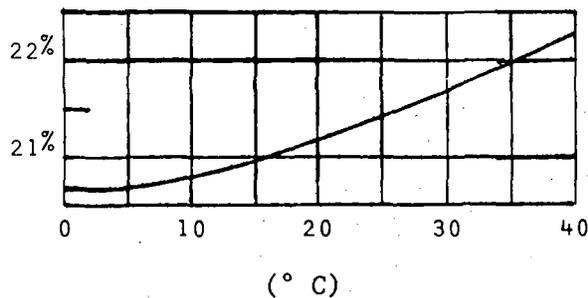
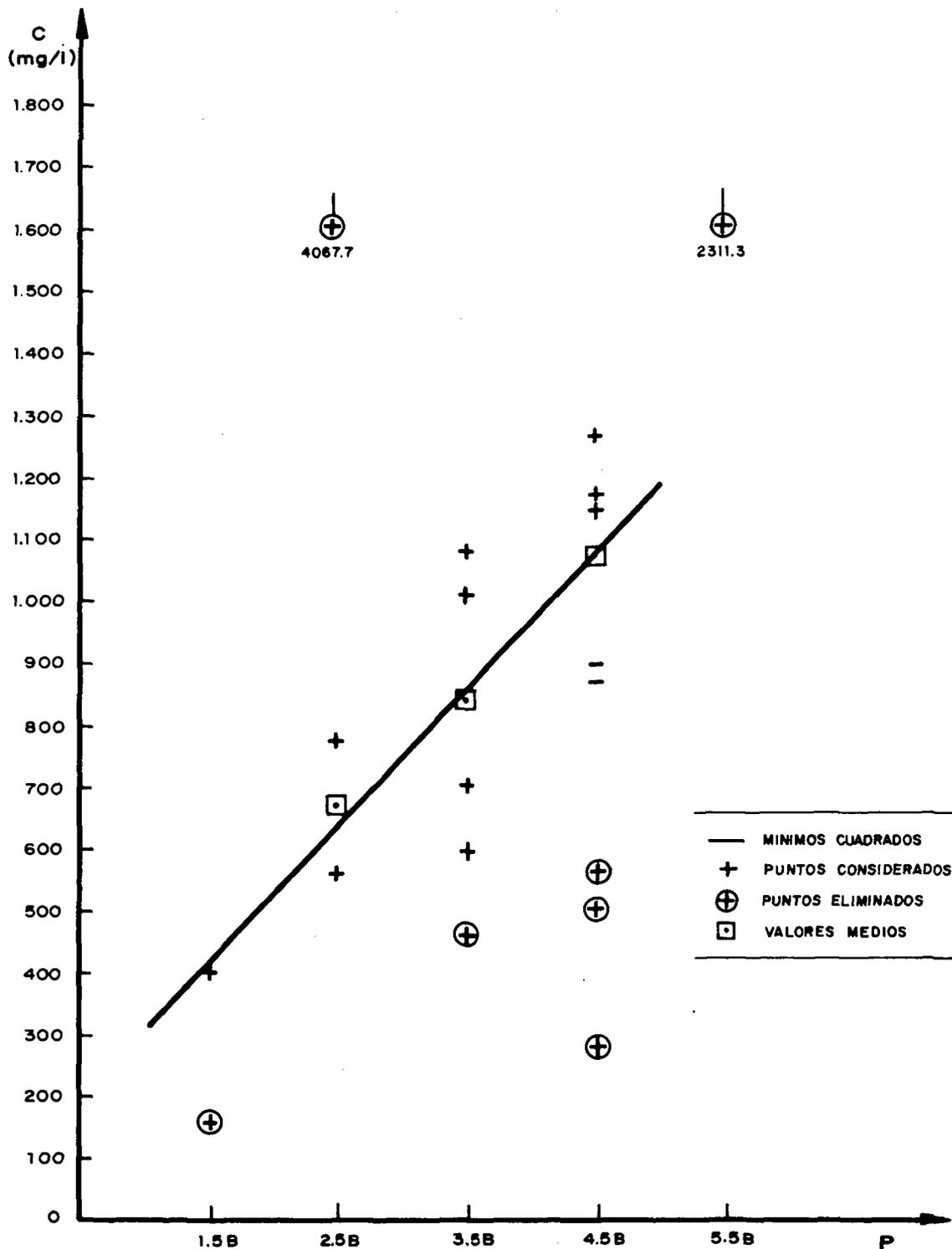
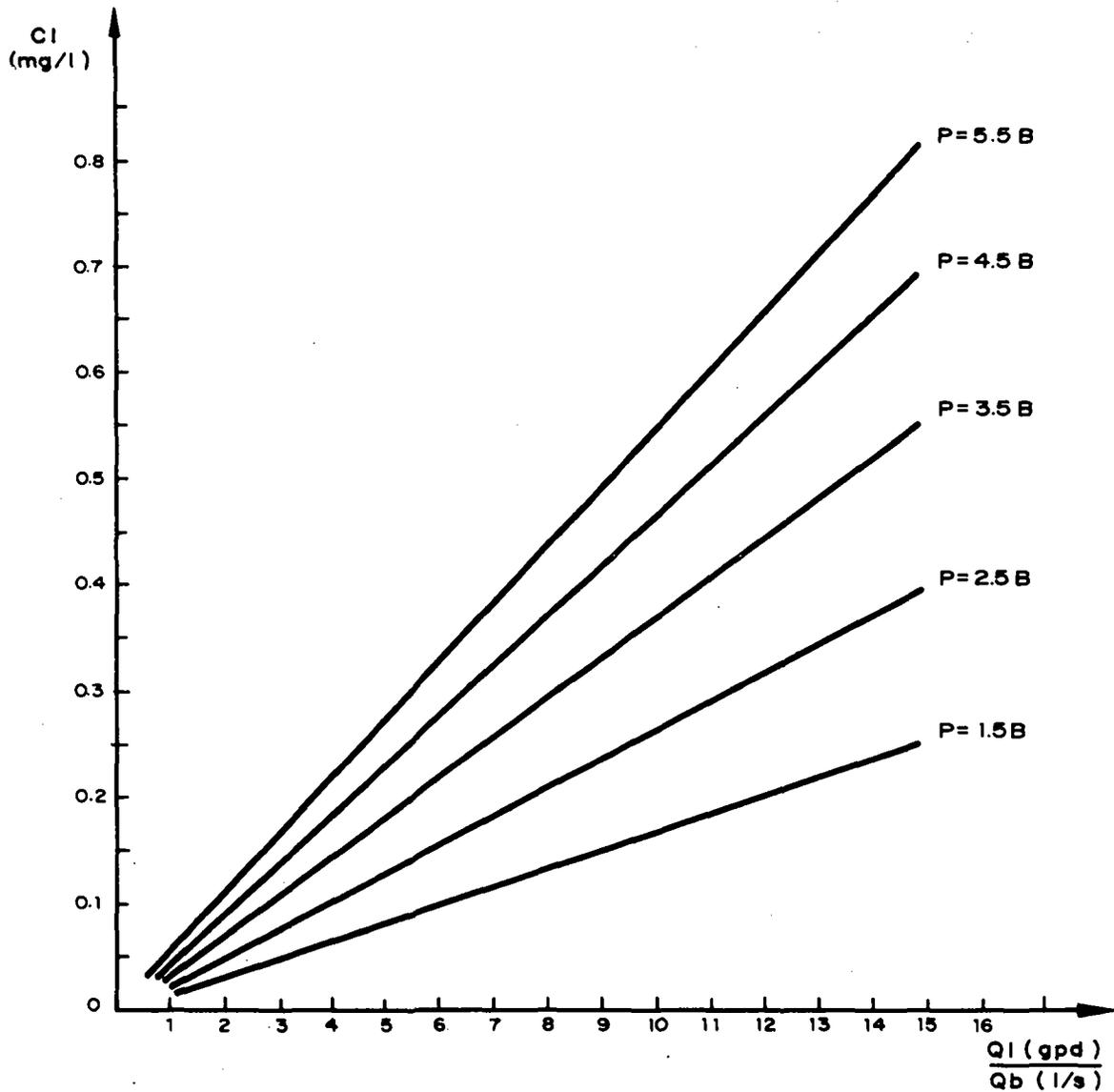


Fig. 5.5: SOLUBILIDAD DEL HIPOCLORITO DE CALCIO



C= CONCENTRACION EN EL ESTANQUE DE SOLUCION
P= POSICION DE LA TOLVA

Fig. 5.6 : CONCENTRACION DE LA SOLUCION PARA DISTINTAS POSICIONES DE LA TOLVA



C_l = CONCENTRACION EN LA CAÑERIA DE IMPULSION DONDE SE REALIZA LA INYECCION DE LA SOLUCION
 Q_1 = CAUDAL DE INYECCION DE SOLUCION EN gpd ENTREGADO POR LA BOMBA DOSIFICADORA
 Q_b = CAUDAL DE LA IMPULSION DEL SERVICIO EN l/s.
 P = POSICION DE LA TOLVA EN LA LETRA B DEL APARATO.

Fig. 5.7: ABACO DE CALIBRACION DEL APARATO

Programa de investigación sobre "Sistemas de desinfección por medios hidráulicos para agua potable rural" - Experiencia colombiana

Ing. Julián Góngora

1. PROBLEMÁTICA NACIONAL DE LA DESINFECCIÓN DE AGUA EN ABASTECIMIENTOS RURALES

1.1 Análisis de la situación

El Instituto Nacional de Salud a través del Programa Nacional de Saneamiento Básico Rural es el organismo que por designación del Estado debe atender las necesidades de construcción, ampliación y mejoras de obras sanitarias de acueductos y alcantarillados en localidades rurales nucleadas y dispersas menores de 2,500 habitantes.

De conformidad con el mandato legal el Programa de Saneamiento ha logrado las siguientes realizaciones durante el período 1969-1982, para abastecimiento de agua¹.

| | |
|---------------------------------------|----------------------|
| Construcción de acueductos | 1.805 obras |
| Población beneficiada | 1'265.868 habitantes |
| Reformas y ampliaciones de acueductos | 1.127 obras |
| Pequeños acueductos | 2.320 obras |
| Población beneficiada | 175.288 habitantes |
| Sistemas en construcción | 477 obras |
| Acueductos | 322 obras |
| Ampliaciones y reparaciones | 128 obras |
| Pequeños acueductos | 17 obras |
| Población beneficiada | 230.000 habitantes |

Evidentemente se ha sobrepasado el cubrimiento del millón quinientos mil habitantes con servicio de acueducto; estos esfuerzos apoyados con los desarrollados por otras agencias en el Sector (Comité de Cafeteros, Servicios Seccionales de Salud, Fondos de Acueductos, Corporaciones Regionales, etc.) nos permite estimar la población beneficiada con sistemas de abastecimientos de agua a nivel rural, en dos millones de habitantes.

La tendencia actual del Programa auspiciada por el Ministerio de Salud Pública y las Agencias Crediticias Internacionales (BID, BIRF, ACDI, TNO, etc.) es suministrar agua "segura" entendiéndose como tal, aquella que garantice su consumo sin deterioro de la salud del usuario. Se han tomado como normas y criterios de calidad física, química y bacteriológica de agua segura, los establecidos en el documento S.B.R. - 0023-9 de 1971, "Normas de Diseño para Acueductos Rurales INS-DS BR"². Estas han sido objeto de actualización de conformidad con la Ley Sanitaria Nacional, norma actualmente en estudio por parte del Ministerio de Salud.

¹ Informe obras terminadas y población beneficiada Cuadro No. 10, Oficina de Programación y Evaluación, División Saneamiento Básico Rural (IV-8-83).

² Normas calidad del agua, 1971.

1.2 Análisis de la demanda

Hemos anotado que la población rural que goza de servicio de abastecimiento de agua asciende a dos millones de habitantes.

No obstante consideramos que no todos los sistemas que abastecen esta población son objeto de un Programa de Desinfección por las siguientes consideraciones:

- diversidad de causas de morbilidad y mortalidad en cada región;
- ausencia de contaminación bacteriológica en algunas fuentes;
- mayor o menor grado de aplicabilidad de un proceso de desinfección como único sistema de tratamiento, por presencia de otros contaminantes físicos y químicos;
- inexistencia de Junta Administradora;
- falta de interés de la comunidad.

Dado que no existe un Registro Estadístico sobre el peso de cada una de las variables anotadas y considerando que en el universo de realizaciones se encuentran acueductos con sistemas de tratamiento en operación y pequeños acueductos ejecutados por otras Agencias de las cuales no hay registro sobre calidad del agua, estimamos que la población objeto de un Programa de Desinfección podría alcanzar el millón de habitantes o su equivalente de un mil cuatrocientos sistemas de acueducto.

En estas condiciones la demanda de cloro se obtiene previas las siguientes consideraciones:

| | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------------|
| - población beneficiada | 1'000 | habitantes |
| - dotación promedio | 110 lt/ | habitante por día |
| - consumo medio diario (cmd) | 1300 lt/sg | 115.000 m ³ /día |
| - consumo máximo diario (CMD) | 1600 lt/sg | 140.000 m ³ /día |
| - consumo máximo horario (CMH) | 2400 lt/sg | 210.000 m ³ /día |

Es práctica frecuente que la aplicación del cloro se ejecute en la unidad de almacenamiento, por lo tanto el caudal a tratar será el equivalente al consumo máximo diario que para nuestro caso es de 1.600 lt/sg (140.000 m³/día).

En el mercado nacional se obtienen sales de cloro como hipoclorito de sodio en una concentración del 10% (pennchlorito 130) e hipoclorito de calcio en una concentración del 70% (HTH).

Creemos que para efectos de la demanda podemos asumir una dosis de cloro de 3.0 ppm (mg/lt).

Si se aplica hipoclorito de sodio (pennchlorito 130) la demanda sería:

- . Concentración (10%)
- . Dosis (3 mg/lt)
- . Demanda/día = 4.15×10^9 mg/día
- Asumimos 4.5 Tn/día

Si se aplica hipoclorito de calcio (HTH) la demanda sería:

- . Concentración (70%)
 - . Demanda/día = 5.92×10^8 mg/día
 - . Dosis (3 mg/lit)
- Asumimos 0.6 Tn/día

RESUMEN SOBRE DEMANDA

| SOLUCION | DEMANDA | | |
|-----------------------|---------|---------|----------|
| | Diaria | Mensual | Anual |
| Hipoclorito de sodio | 4.5 Tn | 135 Tn | 1,620 Tn |
| Hipoclorito de calcio | 0.6 Tn | 18 Tn | 216 Tn |

1.3 Análisis de los costos

En el mercado nacional el precio de las sales de cloro a la fecha es:

- . Para hipoclorito de sodio COL\$ 17.00/Kg
- . Para hipoclorito de calcio COL\$ 350.00/Kg

Estos costos se incrementan por transporte al sitio de la obra, que estimamos en un 50% y un 5% adicional al valor inicial en su orden, así:

- . Para hipoclorito de sodio $1.5 \times 17 = \text{COL\$ } 25.50/\text{Kg}$
- . Para hipoclorito de calcio $1.05 \times 350 = \text{COL\$ } 367.50/\text{Kg}$

De acuerdo con la demanda calculada estimamos que los costos por concepto de insumos a nivel local son los siguientes:

| SOLUCION | COSTO(miles de pesos) | | |
|-----------------------|-----------------------|---------|--------|
| | Diario | Mensual | Anual |
| Hipoclorito de sodio | 115 | 3'443 | 41'310 |
| Hipoclorito de calcio | 221 | 6'615 | 79'400 |

1.4 Incidencia de los costos por concepto de insumos en el ingreso familiar

Se ha previsto beneficiar un millón de habitantes con el sistema de desinfección por sales de cloro, para lo cual se ha estimado que se requiere ejecutar inversiones mensuales en insumos del orden de siete millones de pesos colombianos, asumiendo el mayor de los costos.

El costo adicional por habitante beneficiado sería de siete pesos mensuales o sea el costo mensual por suscriptor o familiar sería del orden de cuarenta pesos colombianos. Si se considerara que el valor a recaudar por concepto de cuota familiar no debe exceder al equivalente a un jornal diario de trescientos pesos, vemos que el sobrecosto de cuarenta pesos equivale al 13.3% del valor de la cuota razón por la cual se estima que la ejecución y financiación del proyecto es perfectamente asequible para la comunidad.

1.5 Análisis de la oferta

En el país es frecuente encontrar escasez de sales de cloro, toda vez que únicamente se produce hipoclorito de sodio como subproducto del proceso de purificación de sal.

La empresa productora llamada "Alcalis de Colombia S.A.", en su planta de cloro procesó 13.000 Tn/año de cloro gaseoso y 14.000 Tn/año de hipoclorito de sodio.

La producción nacional de hipoclorito se destina a los siguientes usos:

| | | |
|------------------------------|-------|--------------|
| . Piscinas | (30%) | 3.900 Tn/año |
| . Blanqueadores industriales | (10%) | 1.300 Tn/año |
| . Tratamiento acueductos : | | |
| . Privados y de industria | (30%) | 3.900 Tn/año |
| . Blanqueadores domésticos | (30%) | 3.900 Tn/año |

El hipoclorito de calcio (HTH) no se produce en el país y es importante en su totalidad, en cantidad aproximada a las 600 Tn/año, las que se destinan para tratamiento en piscinas (70%) y tratamiento de acueductos (30%).

El Ministerio de Salud Pública está tramitando la autorización para la instalación de una planta productora de cloro y soda denominada "Químicos de Occidente S.A." con sede en el Departamento del Valle del Cauca (Cali).

El proyecto contempla la producción de soda (NaOH) y cloro gaseoso (Cl₂) de acuerdo con las siguientes cifras³.

PRODUCCION EN MILES DE TONELADAS METRICAS/AÑO

| Año | Soda (NaOH - 100%) | Cloro |
|------|-----------------------|-------|
| 1985 | 15 | 13.5 |
| 1986 | 20 | 18.0 |
| 1987 | 20 | 18.0 |
| 1988 | 20 | 18.0 |
| 1989 | 25 | 22.5 |
| 1990 | 30 | 27.0 |
| 1991 | 30 | 27.0 |
| 1992 | 30 | 27.0 |

³ Planta de Químicos Occidente S.A.

Evidentemente la producción central de la planta se enmarca en la obtención de soda y cloro, estimándose que los subproductos del proceso obtenidos como hipoclorito de sodio con una concentración del 10% serán del orden de 3.600 Tn/año a 6.000 Tn/año de 1985 a 1992 respectivamente.

1.6 Conclusión

El análisis de la oferta y demanda que se presenta arroja resultados altamente positivos, toda vez que de éstos se desprende que existen necesidades de suministro actual de hipoclorito de sodio del orden de 2.000 Tn/año o de calcio del orden de 300 Tn/año para los sistemas de abastecimiento de agua en comunidades rurales, necesidades que aunque no las pueda suplir actualmente el mercado nacional, se estima que para 1985 serán plenamente abastecidas con la instalación de la Planta Productora de Cloro en el Departamento del Valle del Cauca⁴.

Evidentemente para desarrollar un programa de esta naturaleza se requiere de ingentes esfuerzos del Gobierno Nacional en el sentido de crear la infraestructura a nivel local y regional para garantizar la operatividad y funcionalidad del programa. Sobre este tópico se han desarrollado diversos estudios a nivel del Ministerio de Salud, los cuales se encuentran listos para su cabal ejecución. El Gobierno Nacional espera desarrollar a través del INS un programa de ampliación de cobertura y mejoramiento de la calidad mediante una inversión cuatrienal de 3.000 millones de pesos colombianos⁵.

2. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

2.1 Unidad de desinfección

Como la experiencia en el uso de estos cloradores se encontraba diversificada se consideró oportuno hacer el seguimiento a diversas unidades así:

2.1.1 Clorinador tipo Venturi (acuática)

a) Descripción del prototipo

Consta de una unidad de almacenamiento y mezcla con pantalla de interferencias que suministra solución a un recipiente de succión, en su interior reposa un filtro de toma y una manguera de succión \emptyset 1/4", a continuación se encuentra un venturi que se complementa con tres llaves de paso que acoplan la unidad a la tubería matriz mediante el sistema de paso directo. Para drenaje y lavado del recipiente de almacenamiento existe en la parte inferior del mismo una llave de paso PVC \emptyset 1/2" (ver Figura 6.1).

⁴ División Territorial

⁵ Plan Nacional de Atención al Medio Ambiente 1982-1986, Ministerio de Salud (diciembre 1982).

b) Análisis de costos

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Unidad de almacenamiento incluido acoples | COL \$ | 2.500.00 |
| Unidad de succión incluido flotador | | 930.00 |
| Venturi y llaves de paso Ø 1" | | 9.000.00 |
| Válvula cortina y niples Ø 1" | | 6.500.00 |
| Mano de obra instalación | | <u>3.500.00</u> |
| Valor total unidad | | 22.430.00 |

2.1.2 Clorinador a gravedad (tornillo de fijación)

a) Descripción del prototipo

Consta de una unidad de almacenamiento y mezcla con pantalla de interferencias, en su interior se encuentra una unidad de flotación en PVC con orificios sobre una chimenea provista de un tornillo de fijación, seguidamente se encuentra una manguera con contrapesos y los acoples de salida respectivos. Para drenaje y lavado del recipiente de almacenamiento se coloca una llave de paso Ø 1/2" (ver Figura 6.2).

b) Análisis de costos

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Unidad de almacenamiento incluido acoples | COL \$ | 7.680.00 |
| Clorinador incluido acoples | | 800.00 |
| Mano de obra total | | <u>2.500.00</u> |
| Valor total unidad | | 10.980.00 |

2.1.3 Clorinador por Venturi (metalúrgica útil)

a) Descripción del prototipo

Consta de una unidad de almacenamiento y mezcla con pantalla de interferencias, en el interior reposa un filtro de toma acoplado a una manguera de succión, a continuación se encuentra un Venturi con un rotámetro integrado, la unidad se complementa con mangueras que la acoplan a la tubería matriz. Para drenaje y lavado del recipiente de almacenamiento se coloca en la parte inferior del misma una llave PVC Ø 1/2" (ver Figura 6.3).

b) Análisis de costo

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Unidad de almacenamiento incluido acoples | COL \$ | 7.680.00 |
| Unidad Venturi con rotámetro, mangueras | | 25.000.00 |
| Llave de paso y acoples a tubería matriz | | 1.200.00 |
| Mano de obra instalación | | <u>3.000.00</u> |
| Valor total unidad | | 36.880.00 |

2.1.4 Clorinador a gravedad (flotador en PVC)

a) Descripción del prototipo

Consta de una unidad de almacenamiento y mezcla con pantalla de interferencias, en su interior se encuentra una unidad de flotación en PVC dotada de una chimenea con orificios, seguidamente se acopla una manguera con contrapesos y acoples de salida. Para drenaje y lavado del recipiente de almacenamiento se coloca en la parte inferior del mismo una llave PVC \emptyset 1/2" (ver Figura 6.4).

b) Análisis de costos

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Unidad de almacenamiento incluido acoples | COL \$ | 7.680.00 |
| Clorinador incluido acoples | | 920.00 |
| Mano de obra total | | <u>2.500.00</u> |
| Valor total unidad | | 11.100.00 |

2.1.5 Clorinador por gravedad (tipo Unipack)

a) Descripción del prototipo

Consta de una unidad de almacenamiento y mezcla, en su interior se encuentra un elemento de flotación en acrílico con orificio sobre una chimenea provista de una guía, a continuación se acopla una manguera dotada de acoples de salida. Para drenaje y lavado del recipiente se coloca una llave PVC \emptyset 1/2" (ver Figura 6.5).

b) Análisis de los costos

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Unidad de almacenamiento incluido acoples | COL \$ | 2.000.00 |
| Clorinador incluido acoples | | 3.500.00 |
| Mano de obra instalación | | <u>2.500.00</u> |
| Valor total unidad | | 8.000.00 |

2.2 Criterios de diseño, operación y mantenimiento

2.2.1 Para diseño

- Para evitar obstrucciones en los elementos de toma, se colocará una pantalla interior, como alternativa se podrán colocar dos tanques uno de mezcla y otro de dosificación.
- La capacidad mínima de almacenamiento de solución diluída será la equivalente al consumo máximo del sisma en una semana.

- El conjunto venturi será acogido preferiblemente para los sistemas de suministro de bombeo.

2.2.2

Para operación

- La operación será llevada a cabo por el fontanero local.
- La capacitación para la operación del sistema se realizará mediante prácticas a nivel local.
- Se dotará cada sistema de los elementos para el control de cloro residual.
- Se efectuará periódicamente la remoción de los precipitados que se forman en el recipiente.
- Se diligenciarán los formatos de control que permitan un registro de las novedades encontradas en el sistema (formas 1, 2 y 3).

2.2.3

Para mantenimiento

- El desinfectante será adquirido por la Junta de Acción Comunal o por la Junta Administradora del acueducto.
- La presentación del producto desinfectante para el caso de soluciones será el equivalente al consumo máximo del sistema en un mes.
- Las normas de seguridad, transporte y almacenamiento del germicida estarán acordes con las recomendaciones del fabricante.
- Se diligenciarán los formatos de control que permitan el registro de las novedades encontradas en el funcionamiento del sistema (formas 1, 2 y 3).

2.3

Ensayos realizados

La labor de seguimiento se enmarcó en tres aspectos.

- Sobre la calidad de agua cruda y tratada (formas 2 y 3).
- Sobre funcionamiento técnico y operativo de las soluciones adoptadas (forma 1).
- Sobre impacto socio cultural y administrativo en las comunidades (forma 1).

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DIVISION SANEAMIENTO BASICO RURAL

FORMA-1

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

DEPARTAMENTO: TIPO DE SISTEMA: DOSIFICACION:
MUNICIPIO: TIPO DE CLORADOR: CAUDAL:
LOCALIDAD: RESPONSABLE:
INFORMACION DIARIA DEL _____ AL _____ DE _____

| DETERMINACION | LUGAR DE TOMA | LUNES | MARTES | MIERCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
|----------------|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| CLORO RESIDUAL | TANQUE | | | | | | | |
| | DOMICI-1 | | | | | | | |
| | DOMICI-2 | | | | | | | |

OBSERVACIONES:

I) ASPECTOS TECNICOS Y OPERACIONALES

Comprende las novedades relacionadas con c/u de las partes del aparato y del conjunto haciendo referencia al día.

II) ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Comprende las novedades relacionadas con la administración del sistema, haciendo referencia al día.

III) ASPECTOS SOCIO-CULTURALES

Comprende las novedades encontradas en la comunidad por la implantación del sistema, haciendo referencia al día.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DIVISION DE SANEAMIENTO BASICO RURAL

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

INSTRUCCIONES PARA DILIGENCIAMIENTO (FORMA-1)

LUGAR DE TOMA:

Hace referencia al tanque de almacenamiento, a la primera domiciliaria después del tanque y a la última de la distribución.

I) ASPECTOS TECNICOS Y OPERATIVOS

Se refiere al estado físico de los elementos componentes del sistema.

Para Gravedad: verificar al estado y funcionamiento del flotador, manguera, orificios, etc. Posibles desprendimientos, obstrucciones de los orificios, deterioro de la manguera, acoples, daño en el acueducto, variación en dosificación y demás novedades que a juicio del operador ocasionen inconvenientes para la operación y funcionamiento del sistema; en el formato se llevará la estadística cuando se presente algún cambio.

Para Venturi: verificar el estado y funcionamiento del Venturi, acoples, rotámetro, manguera de succión, registros de calibración, etc., el deterioro de dichos elementos y demás novedades que a juicio del operador ocasionen inconvenientes para la operación y funcionamiento del sistema: en el formato se llevará la estadística cuando se presente algún cambio.

II) ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Se refieren entre otros a los aspectos del orden administrativo que de alguna manera interfieran para la buena marcha del sistema pueden ser: falta de cloro, falta de operario para control del sistema y de la calidad del agua, falta de insumos para efectuar los análisis y otros que a juicio del operador ocasionen inconvenientes para el funcionamiento del sistema; en el formato se llevará a cabo la estadística cuando se presente alguna novedad.

III) ASPECTOS SOCIO-CULTURALES

Se refiere al grado de aceptación de la comunidad y los posibles impactos del orden socioeconómico y socio-cultural que se presente por el uso de estos elementos, se observará el agrado o rechazo anotando en lo posible las causas: en el formato se llevará a cabo la estadística cuando se presente alguna novedad.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DIVISION DE SANEAMIENTO BASICO RURAL

FORMA-2

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

DEPARTAMENTO:

TIPO SISTEMA :

MUNICIPIO :

TIPO CLORADOR:

LOCALIDAD :

RESPONSABLE :

INFORMACION SEMANAL DEL _____ AL _____ DE _____

| DETERMINACIONES | | UNIDAD DE MEDIDA | 1 SEMANA | 2 SEMANA | 3 SEMANA | 4 SEMANA |
|-----------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | FECHA: HORA : EPOCA: | FECHA: HORA : EPOCA: | FECHA: HORA : EPOCA: | FECHA: HORA : EPOCA: |
| FISICO QUIMICO | TEMPERATURA | / | | | | |
| | pH | | | | | |
| | TURBIEDAD | | | | | |
| | HIERRO COLOR | | | | | |
| BACTERIOLOGICO | COLIFORMES TOTAL RECUESTO TOTAL | | | | | |
| CLORO RESIDUAL | TOTAL | | | | | |
| | LIBRE COMBINADO | | | | | |
| CALIDAD DEL GERMICIDA | PORCENTAJE DE CLORO UTILIZABLE | | | | | |

OBSERVACIONES

| |
|---|
| INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DIVISION DE SANEAMIENTO BASICO RURAL |
|---|

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

INSTRUCCIONES PARA DILIGENCIAMIENTO (FORMA-2)

El cuadro en mención llevará la estadística sobre una toma semanal del agua tratada y el grado de tratamiento bacteriológico obtenido.

Se anotará el día, la hora y el estado subjetivo de la época (invierno, verano, etc.) con miras a obtener parámetros de comparación.

La técnica para obtener cada una de las determinaciones se discutirá en el cursillo de capacitación llevado a cabo en el Laboratorio de Aguas de la División de Saneamiento Básico Rural del Instituto Nacional de Salud.

En el espacio reservado a observaciones se anotarán algunas novedades que a juicio pueden incidir en los resultados obtenidos; así mismo allí se llevará el control de la recuperación de la solución, remoción de precipitados anotando con claridad el día y la hora de la inpección.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DIVISION DE SANEAMIENTO BASICO RURAL

FORMA-3

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

DEPARTAMENTO: TIPO SISTEMA: VIVIENDAS:
MUNICIPIO: TIPO CLORADOR: HABITANTES:
LOCALIDAD: RESPONSABLE:

| DETERMINACIONES | UNIDAD DE MEDIDA | FECHA: HORA: EPOCA: | |
|-----------------------|--|---------------------------|--------------|
| | | AGUA CRUDA | AGUA TRATADA |
| FISICO QUIMICO | TEMPERATURA pH TURBIEDAD HIERRO COLOR MANGANESO ALCALINIDAD TOTAL ACIDEZ TOTAL DUREZA TOTAL SULFATOS CLORUROS CONDUCTIVIDAD | | |
| BACTERIOLOGICO | COLIFORMES TOTAL RECuento TOTAL | | |
| DEMANDA DE CLORO | DOSIS OPTIMA DE APLICACION | | |
| CLORO RESIDUAL | TOTAL LIBRE COMBINADO | | |
| CALIDAD DEL GERMICIDA | PORCENTAJE DE CLORO UTILIZABLE | | |

OBSERVACIONES:

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DIVISION DE SANEAMIENTO BASICO RURAL

PROGRAMA DE INVESTIGACION SOBRE DESINFECCION POR MEDIOS HIDRAULICOS

INSTRUCCIONES PARA DILIGENCIAMIENTO (FORMA-3)

El cuadro en mención llevará la estadística sobre una toma mensual del agua cruda y tratada y el grado de tratamiento obtenido por el uso de esta solución.

Se anotará el día, la hora y el estado subjetivo de la época invierno, verano, etc., con miras a obtener parámetros de comparación.

La técnica para obtener cada una de las determinaciones se discutirá en el curso de capacitación llevado a cabo en el Laboratorio de Aguas de la División de Saneamiento Básico Rural del Instituto Nacional de Salud.

En el espacio reservado a observaciones se anotarán algunas novedades que a juicio pueden incidir en los resultados obtenidos.

2.4 Observación y estudios

2.4.1 Aspectos técnicos y operativos

- Para la unidad Venturi (acuatécnica) se observó intermitencia en la dosificación, incrustaciones en la esfera y deterioro del rotámetro. La unidad se implementó asegurando una cabeza de succión constante, el rotámetro se suprimió. Las condiciones propias del agua cruda y la falta de análisis adecuados a nivel de campo fueron motivo para no lograr resultados más ambiciosos.
- Para la unidad clorinador por gravedad (tornillo de fijación), se observó que el elemento de flotación previsto inicialmente (cuerpo rectangular en corcho) fue desintegrado por la acción del cloro así como la manguera, se evidenció obstrucción de los orificios. La unidad se implementó con un flotador en PVC, reemplazo de la manguera y limpieza periódica de los orificios. Se observó inconsistencia de los análisis de campo debido al ajuste de la unidad e inexperiencia del operador. En general los logros obtenidos fueron satisfactorios.
- Para la unidad venturi (metalúrgica útil) se observó falta de succión en la dosificación ocasionados por vibraciones del equipo de bombeo. La unidad fue sustituida por otra de similares características, ubicándose aislada a las vibraciones. En general, los logros obtenidos fueron ampliamente satisfactorios.
- Para la unidad clorinador a gravedad (flotador en PVC) se observó obstrucción frecuente de los orificios y de la manguera; la limpieza periódica de los elementos dio resultados satisfactorios, no obstante las obstrucciones persistieron.
- Para la unidad clorinador a gravedad (tipo Unipack) se presentó obstrucción del orificio de salida por la presencia de un insecto. Salvo este inconveniente no se observaron problemas técnico-operativos. El equipo arrojó resultados satisfactorios.

2.4.2 Aspectos socio-culturales

- Se observó acogida de la comunidad al tratamiento, demostrada en excelente colaboración. Cuando la calidad del agua tuvo sus objeciones se encontró manifestación expresa de la comunidad sobre el color, olor y sabor del agua.
- La comunidad colaboró con el suministro oportuno de los elementos necesarios para el desarrollo de la investigación.
- La comunidad ocasionalmente encontró un sabor característico a cloro en el agua.

2.4.3 Aspectos administrativos

- Se observó poco conocimiento del operario de las labores de fontanería.
- Se observó ocasionalmente carencia de elementos para un buen funcionamiento del sistema.
- Administración deficiente y negligencia en la consecución de los insumos para el tratamiento, cuando los recursos captados por concepto de administración ingresan a fondos comunes.
- La falta de medios de cultivo en los laboratorios seccionales fue motivo de demoras en el seguimiento, una vez esta situación se solucionó la labor se desarrolló normalmente.

2.5 Aspectos operacionales

2.5.1 Recursos humanos

El desarrollo de la investigación requirió de la permanencia constante de un funcionario de la Institución en la localidad quien fue el directo responsable del seguimiento. Esta responsabilidad se delegó ocasionalmente en el fontanero del acueducto dando resultados no muy satisfactorios. Los ingenieros de cada regional participaron activamente en la búsqueda de las soluciones cuando se presentaron daños significativos en el funcionamiento de los sistemas.

La investigación contó con el siguiente personal:

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| - Ingenieros | 5 (dedicación parcial) |
| - Promotores de saneamiento | 6 (dedicación completa) |
| - Laboratoristas | 8 (dedicación parcial) |
| - Fontaneros | 6 (dedicación completa) |
| - Conductores | 5 (dedicación parcial) |

Se observó que la falta de personal en forma ocasional en los laboratorios regionales, trastornó las actividades de seguimiento sobre calidad del agua.

Los laboratoristas regionales recibieron un entrenamiento a nivel nacional con el objeto de unificar las técnicas de análisis a utilizarse en la investigación.

2.5.2 Recursos materiales

Para el desarrollo de la investigación a nivel de campo a cada acueducto se le dotó de los siguientes elementos:

- Equipo para determinación de color (aparente y verdadero)

- Equipo para determinación de cloro (total, libre y combinado).
- Equipo para determinación de pH.
- Reactivos.
- Sales de cloro (como hipoclorito de sodio o de calcio).

Uno de los inconvenientes encontrados en el desarrollo de la investigación fue la demora en el suministro oportuno por parte de la Institución de los anteriores equipos y elementos. La falta de reactivos en los laboratorios regionales fue también causa de retraso en la investigación.

El suministro de las sales de cloro fue oportuno en la medida que ésta dependía de la Institución o de la Junta Administradora; cuando en vía de experiencia se delegó la responsabilidad del suministro al Municipio previas las indicaciones del caso se detectaron dificultades en el suministro oportuno de las mismas.

2.5.3 Recursos económicos

La destinación de recursos humanos y materiales al programa de investigación exigió esfuerzos económicos a nivel institucional y local así:

- Humanos - Comprenden los relacionados con sueldo, viáticos y gastos de viaje del personal responsable del proyecto; para el caso lo podemos estimar en COL \$ 1'200,000.00 (EUA\$ 16,000.00).
- Materiales - Comprenden los relacionados con dotación de elementos para análisis de campo, reactivos, análisis de laboratorio, fletes locales, informes, insumos y adaptación de equipos, para el caso lo podemos estimar en COL \$ 700,000.00 (EUA\$ 9,300.00)

Los recursos anteriores se obtuvieron indistintamente del presupuesto de las regionales incluídas en la investigación del Instituto y del convenio, siendo el aporte comunitario limitado, estimándose que ascendió a un 10% del total gastado o sea COL \$ 190,000.00 (EUA\$ 2,530.00).

2.6 Aspectos socio-culturales

2.6.1 Capacidad operativa y administrativa de la comunidad

La experiencia en el medio rural colombiano ha demostrado fehacientemente que la comunidad puede operar y administrar su sistema de acueducto. Esta situación se evidencia en el hecho que de 2,000 sistemas de acueductos administrados por las comunidades sólo un 5.3% de éstos no opera satisfactoriamente¹.

El funcionamiento de la Junta Administradora ha sido establecido por la Junta Directiva del Instituto Nacional de Salud, mediante un acuerdo por el cual se reglamenta la administración de los acueductos y alcantarillados rurales.

¹ Estado físico y financiero de las Juntas Administradoras.
Boletín No. 3, Sección de Promoción, DBRS.

La responsabilidad de la Junta Administradora descansa en cuatro miembros, así: un presidente, un tesorero, un fiscal y un revisor. Los tres primeros son representantes de la comunidad elegidos por ella misma. Uno de ellos debe ser miembro activo de la Junta de Acción Comunal. El cuarto integrante es un representante del programa designado por el Jefe Seccional respectivo.

Sin embargo, es de anotar que la conformación de la Junta Administradora varía de acuerdo a las características de la localidad (Cabecera Municipal, Acueducto Regional y Asociación de Acueductos). Para el apoyo de la gestión cuentan con un fontanero, un administrador y una secretaria, dependiendo de las condiciones propias locales.

2.6.2 Financiación local

Para analizar el esquema de financiamiento local, es conveniente hacer un breve recuento de lo que se entiende por cuota familiar, que es la erogación mensual de cada usuario a la Junta Administradora por el servicio de acueducto. Para tal efecto se contemplan los siguientes gastos:

- a) Por administración de la obra (pago fontanero, seguro manejo, correspondencia, transporte, papelería, etc.).
- b) Por operación y mantenimiento (combustible y lubricante, energía, desinfección e imprevistos).
- c) Por depreciación (estructuras, redes y equipos).
- d) Por servicio de préstamo (incluyendo intereses del 6% anual).

Hemos anotado que el valor máximo de la cuota mensual por suscriptor no puede ser mayor de un jornal en la región, para nuestro caso es de COL \$ 300/día (EUA\$ 4.00)². El valor promedio de la cuota en el sector rural es de COL \$ 75.00/mes (EUA\$ 1.00) si adicionamos el mayor costo por concepto de insumos para desinfección que para el caso crítico es de COL\$ 40.00/mes (EUA\$ 0,53) y un valor proporcional a la mayor dedicación del empleado responsable de la obra que estimamos en COL\$ 35.00/mes (EUA\$ 0,47) obtenemos una cuota mensual por suscriptor del orden de COL\$ 150.00 (EUA\$ 2.00) que equivale al 50% del valor de un jornal. Creemos que la comunidad es perfectamente capaz de absorber estos costos.

2.6.3 Capacitación de operadores

El responsable de la operación y mantenimiento de un sistema de acueducto a nivel rural es el fontanero; se entiende que salvo condiciones muy particulares de la obra, éste es el responsable de la operación y mantenimiento del sistema de desinfección. Por las condiciones propias del medio rural el nivel de capacitación de estos empleados es bajo, ya que escasamente saben leer o escribir, por lo tanto es necesaria la capacitación de este personal en los menesteres propios de la desinfección y en la importancia sanitaria de la misma. La capacitación debe darse preferiblemente en forma práctica como manejo de los equipos, su funcionamiento, toma de muestras, análisis de campo y manejo de desinfectantes, procurando en lo posible no acudir a las formas teóricas de enseñanza.

² EUA\$ 1.00 = COL\$ 75.00

La experiencia obtenida durante la investigación acusó resultados positivos en la enseñanza práctica, teniendo en cuenta el nivel de preparación de los operarios.

2.6.4 Evaluación de la aceptación e impacto sobre la comunidad

Como se anotó en la etapa de seguimiento, la desinfección fue ampliamente aceptada por la comunidad y se manifestó con los siguientes hechos:

- Participación personal de los usuarios y líderes locales en la labor de campo.
- Interés de la comunidad en la continuación ininterrumpida de la experiencia aún después de la terminación de la investigación.
- Consecución por parte de la comunidad de los insumos y demás materiales que fueron solicitados.
- Facilidades dadas por la comunidad a los funcionarios de campo para realizar la labor.
- La comunidad sirvió como multiplicador positivo hacia las áreas vecinas en el sentido de transmitir las bondades que conlleva el suministro de agua con cloro.

El impacto ocasionado en la comunidad se puede evaluar bajo los siguientes aspectos:

- Socio-cultural: una vez se educa y se inicia a los usuarios en los hábitos sanitarios y en la importancia del consumo de agua tratada éstos rechazan un agua contaminada.
- Económico: representando en el incremento de la cuota familiar en un porcentaje estimado en el 50%. Al igual que para el caso interior previa educación del usuario éste acepta el incremento en razón a que entiende el beneficio del consumo de agua tratada.
- Sanitario: se medirá en términos de mejoramiento de las condiciones generales de salud de los usuarios y sus resultados se detectarán a mediano plazo con la disminución de los índices de morbilidad y mortalidad.

2.7 Conclusiones y recomendaciones

2.7.1 Conclusiones

Aspectos técnicos y operativos

- La desinfección del agua mediante el sistema denominado gravedad, dio resultados ampliamente satisfactorios, toda vez que el funcionamiento fue continuo salvo los ajustes de mantenimiento.

- Para los prototipos a gravedad fue práctica frecuente en el mantenimiento la limpieza de los orificios y la remoción de precipitados.
- El comportamiento de los dosificadores venturi fue aceptable para condiciones estables de velocidad, presión y cabeza de succión, se observó que las llaves y los elementos reguladores de éstos son extremadamente sensibles al manejo del operador; asimismo se advirtió que sufren alteraciones en su funcionamiento ocasionado por transmisión de vibraciones generales por motores en marcha.
- Fue evidente que en la construcción de algunos de los prototipos en las acometidas se utilizaron materiales activos al cloro, en razón a que se presentó deterioro del material (válvulas de control, rotámetro, manguera, etc.). Igualmente, en su producción se emplean materiales de difícil consecución en el mercado, y del daño y reposición de éstos ocasiona parálisis en el tratamiento.
- La no determinación de la demanda de cloro y las condiciones propias del agua en algunas localidades fueron motivo de tratamiento inadecuado que se refleja en los resultados de campo.
- El sistema de seguimiento que se concedió fue demasiado ambicioso y se cumplió a cabalidad (formas 1, 2 y 3).

Aspectos administrativos

- La falta de experiencia y capacitación en los encargados de la operación y mantenimiento de los sistemas, fue motivo de incompetencia para el manejo de las unidades.
- La operación de los sistemas requirió de mayor dedicación del fontanero al servicio del acueducto lo que para ellos debería representar mayor remuneración.
- La dificultad en el suministro y reposición de los insumos, la falta de elementos mínimos para llevar a cabo los análisis a nivel local, las complicaciones originadas por la ausencia temporal de personal calificado en los laboratorios seccionales, así como las surgidas para la adquisición de insumos y medios de contraste en los mercados regionales fueron aspectos de singular importancia en la demora de la gestión investigativa.
- Los recursos provenientes del sistema de acueducto se desviaron hacia otros fines, trastornándose la adquisición de los productos para el tratamiento.

Aspectos socio-culturales

- Se encontró excelente colaboración y disposición de ánimo en las comunidades por la implantación de los sistemas.
- El incremento de la cuota familiar ocasionado por el costo de los insumos y del operario y la presencia de un sabor característico en el agua fueron las preocupaciones de mayor incidencia en los usuarios.
- Se observó que una vez entró en funcionamiento el tratamiento, la comunidad le dio especial importancia manifestando su preocupación por la continuidad del mismo.
- A nivel de cabeceras municipales se observó falta de interés de las autoridades en la obtención de los productos para el tratamiento.

2.7.2

Recomendaciones

Aspectos técnico-operativos

- Las entidades y organismos encargados del abastecimiento de agua para consumo doméstico deben propender por la desinfección del agua.
- Si bien es cierto que los dosificadores a gravedad dieron resultados satisfactorios en su operación y funcionamiento, aún estamos muy lejos de la solución ideal, toda vez que el sistema de orificios empleado y los residuos producto de la solución ocasionan inconvenientes significativos en su funcionamiento, se considera de trascendental importancia continuar en la búsqueda de la solución a estos inconvenientes.
- Es necesario desarrollar una tecnología que facilite la operación y ajuste de los dosificadores venturi bajo condiciones de presión, velocidad y cabeza de succión variables. En todos los casos estos dosificadores deben aislarse de los efectos producidos por vibraciones o similares, lo anterior para evitar desarreglos en su funcionamiento.
- En todos los casos deberán tomarse las precauciones necesarias a fin de utilizar materiales que no sean propensos al deterioro o desgaste por contacto al cloro o sus derivados; de igual manera se velará porque los elementos que los constituyen sean de fácil obtención en el mercado nacional.

- En todos los casos, antes de proceder al montaje y puesta en marcha de un sistema de desinfección, se ejecutarán ensayos sobre la calidad del agua cruda y se determinará la demanda de cloro requerida por el sistema.
- Para investigaciones similares en el futuro se debe planificar con antelación suficiente que garantice y asegure los recursos humanos, materiales y económicos requeridos, para lograr los resultados óptimos en el menor tiempo posible.

Aspectos administrativos

- Debe diseñarse un plan de adiestramiento lo más sencillo posible, que permita educar y capacitar a los fontaneros en el manejo de estas unidades de tratamiento.
- Deben crearse mecanismos de comercialización de cloro o sus derivados mediante adquisiciones significativas a nivel regional para su posterior irrigación a nivel local; adicionalmente se debe estudiar la posibilidad de producir compuestos del cloro a nivel regional para el suministro a las localidades.
- Deben dotarse los laboratorios regionales de los elementos y sustancias que permitan la producción a escala significativa de los reactivos necesarios para el control de este sistema de tratamiento.
- Los recursos captados en un sistema de acueducto se destinaron exclusivamente al servicio de éste y no se permitirán cargos por conceptos diferentes.

Aspectos socio-culturales

- Un programa de educación sanitaria en el que se inculque la importancia y los beneficios del consumo de agua potable en la colectividad, es quizá el instrumento más efectivo para crear conciencia de grupo sobre las ventajas del uso diario de agua tratada, y consecuentemente los costos de la misma.
- La dosificación de cloro o sus derivados al dar en servicio un acueducto debe preverse en forma gradual hasta llegar a la dosis ideal, con miras a no crear molestias y rechazo en la comunidad.
- La administración de los sistemas de acueductos rurales debe recaer en una organización que esté vivamente preocupada por el buen servicio y atenta a la solución de los problemas inherentes al mismo.

3. ANEXO

En el presente aparte se exponen algunas experiencias paralelas a la investigación, llevadas a cabo en la Seccional de Santander, que por su naturaleza obedecen al mismo asunto.

Las experiencias giraron estrictamente en el seguimiento técnico de un prototipo modificado de la versión original desarrollado en el Departamento de Caldas. Estas innovaciones consistieron en disminuir las dimensiones del flotador de 35 x 25 cm a 25 x 15 cm y acondicionar bujes PVC Ø 3/4" y 1/2" en los extremos de la chimenea (ver Figura 6.6).

La observación y seguimiento en el orden técnico y operativo trató de identificar los siguientes aspectos:

- a) Volumen de solución evacuado en la unidad de tiempo por un orificio de 1/16" perforado a 1-1,5 -2-3-4 y 5 cm sobre la chimenea (lámina de agua).
- b) Continuidad en la dosificación y fluctuaciones en la misma.
- c) Análisis gráfico de resultados y formulación matemática de aquellos que lo permitieron.

Para el seguimiento se patronó un recipiente para 250 litros complementado con un piezómetro como testigo y se hicieron lecturas a intervalos de dos (2) horas para cada lámina de agua (1-1,5 -2,3,4 y 5 cm), las cuales se graficaron (Figura 6.7) observándose que el comportamiento de la evacuación de la solución obedecía a una recta cuya ecuación es $y = mx + b$.

Mediante la aplicación de la teoría de mínimos cuadrados donde

$$b = \frac{(\sum y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum xy)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$m = \frac{n (\sum xy) - (\sum x) (\sum y)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Se obtuvieron las siguientes formulaciones matemáticas para su aplicación:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Para h = 1 cm | y = 0,102238 x + 0,13832 |
| h = 1.5 cm | y = 0,411413 x + 1,9751 |
| h = 2.0 cm | y = 0,5730 x + 0,394482 |
| h = 3.0 cm | y = 0,885976 x + 0,812195 |
| h = 4.0 cm | y = 1,136190 x + 0,6777 |
| h = 5.0 cm | y = 1,282698 x + 0,29318182 |

Donde: h (lámina de agua sobre el orificio)
x (tiempo en horas)
y (altura indicada por el piezómetro en cm).

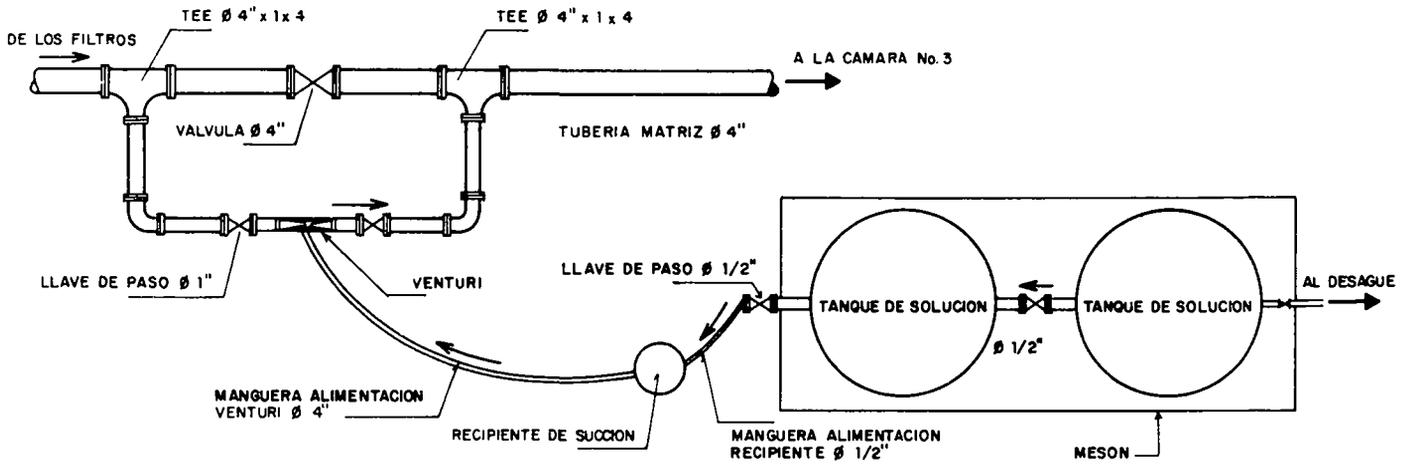
Igualmente, de conformidad con el procedimiento anotado, se llegó a la Figura 6.8 que analiza la incidencia de la lámina de agua en la dosificación de acuerdo a la siguiente formulación:

$$y = 2.55 x + 0.71$$

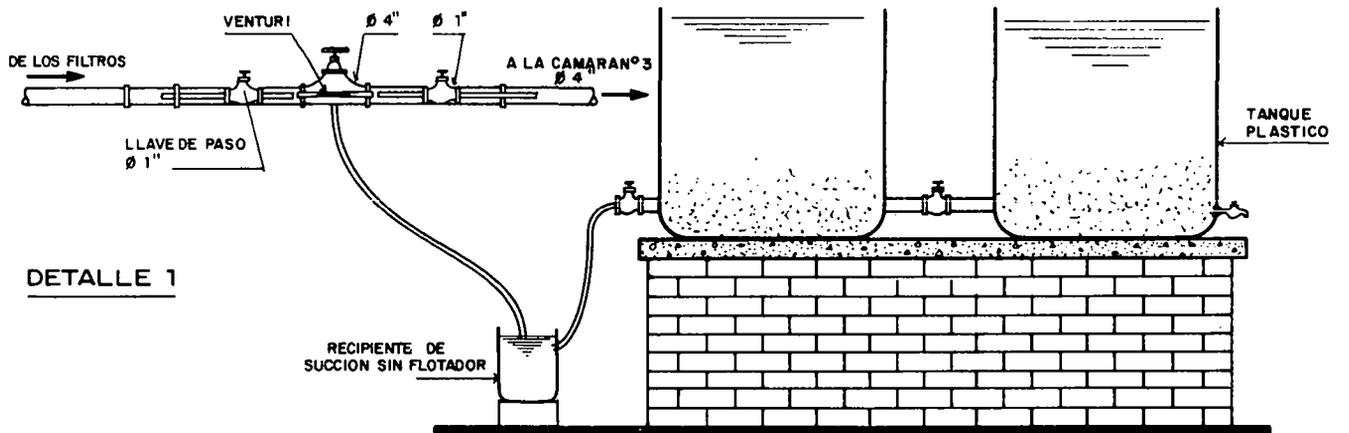
Donde: y = lámina sobre el orificio en cm
 x = dosificación cc/sg.

Evidentemente, se dio un paso de singular importancia en el estudio del prototipo; no obstante, consideramos que mediante un seguimiento más extenso es factible un análisis más riguroso sobre el comportamiento del dosificador, cabe mencionarse a título de ejemplo mayor rango de dosificación, mayor lámina de agua, mayor diámetro del orificio, etc.

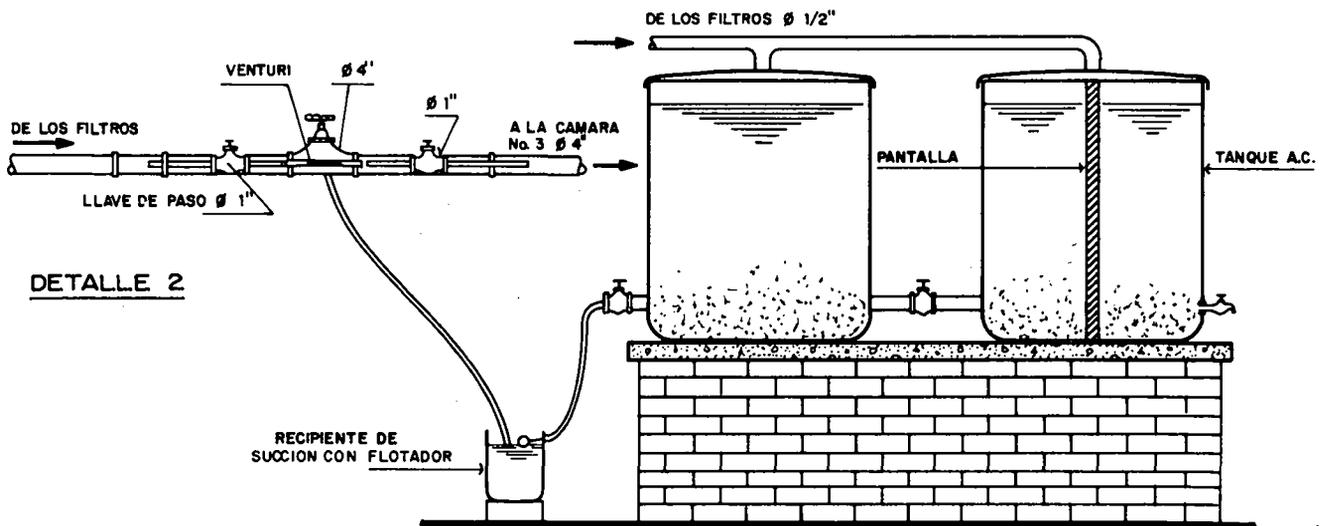
Finalmente, anexamos la Figura 6.9 que representa un dosificador hidráulico de paletas, que aún no ha sido llevado a la práctica, pero que consideramos puede mejorarse en su concepción inicial previos los resultados de campo.



PLANTA



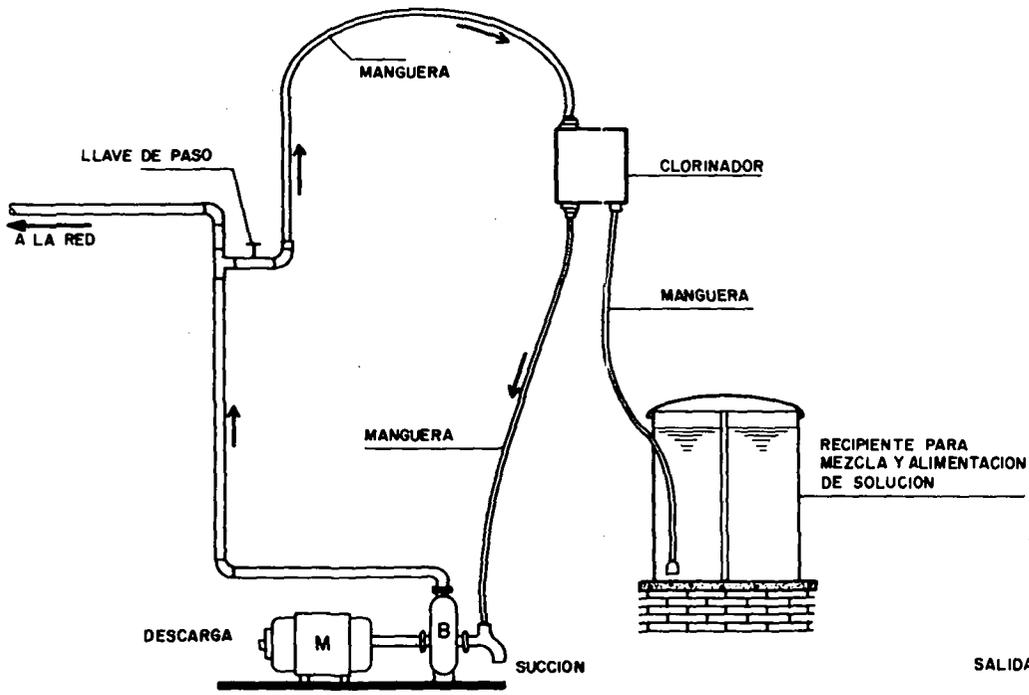
DETALLE 1



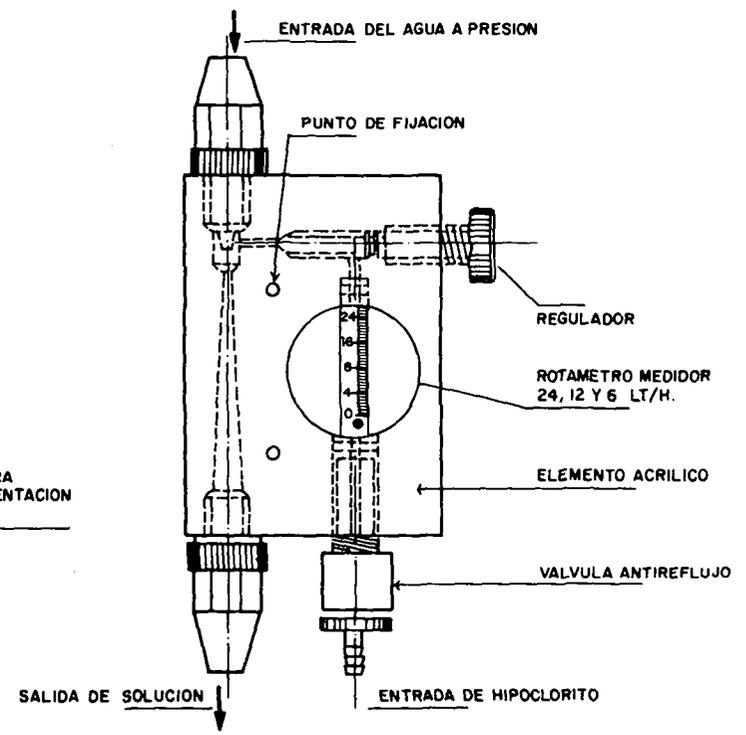
DETALLE 2

Fig. 6.1 : CLORINADOR TIPO VENTURI (ACUATECNICA)

| TABLA DE DOSIFICACIONES Y CAUDALES DEL DOSIFICADOR UTIL TIPO NORMAL DE ESTA PRESION | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| CONTRA PRESION A LA SALIDA M.C.A | 0 | 3.5 | 7 | 11 | 14 | 18 | 20 |
| PRESION DEL AGUA A LA ENTRADA M.C.A. | 14 | 21 | 28 | 39 | 49 | 60 | 70 |
| CAUDAL DEL AGUA (LTS/h) | 340 | 386 | 431 | 477 | 522 | 568 | 615 |

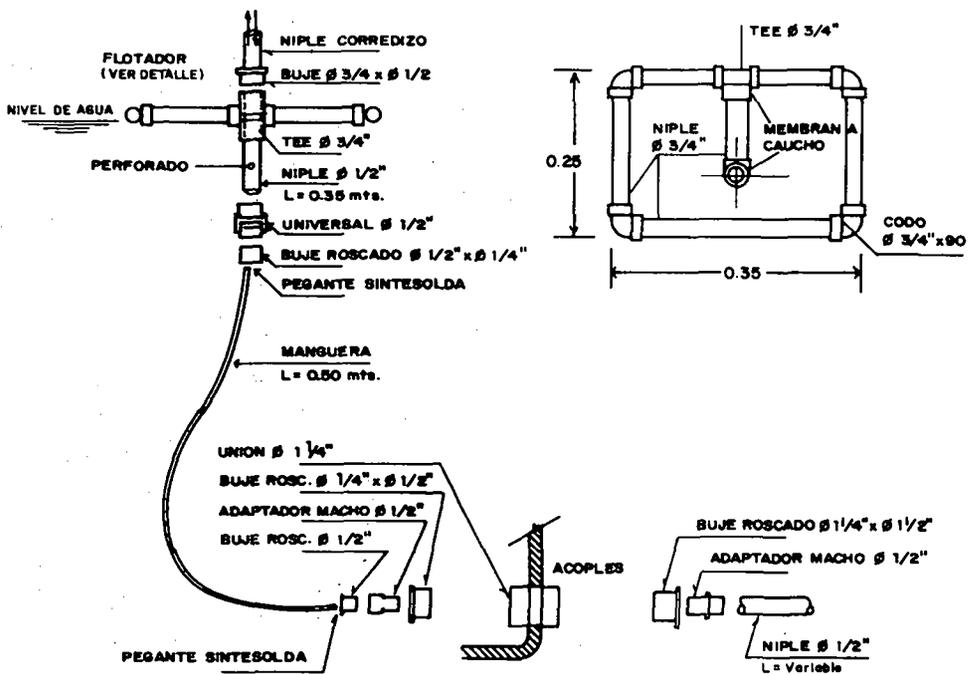


CLORINADOR TIPO VENTURI
(METALURGICA UTIL)
DETALLE DE INSTALACION

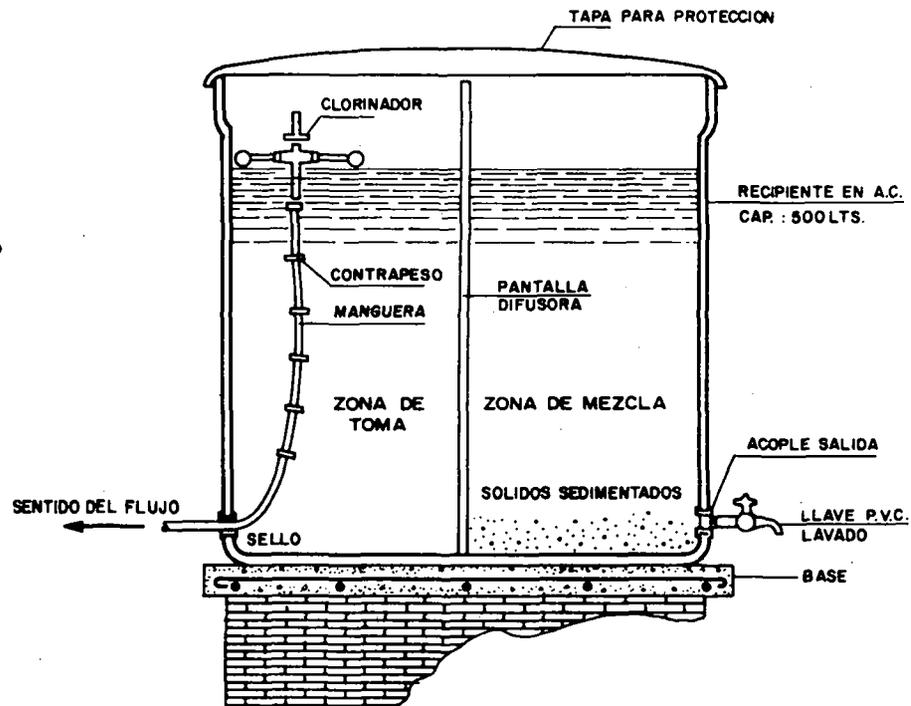


CLORINADOR TIPO VENTURI
(METALURGICA UTIL)

Fig. 6.3



CLORINADOR A GRAVEDAD
(FLOTADOR EN P.V.C)



DETALLE DE RECIPIENTE PARA DISOLUCION DE LA SOLUCION

Fig. 6.4

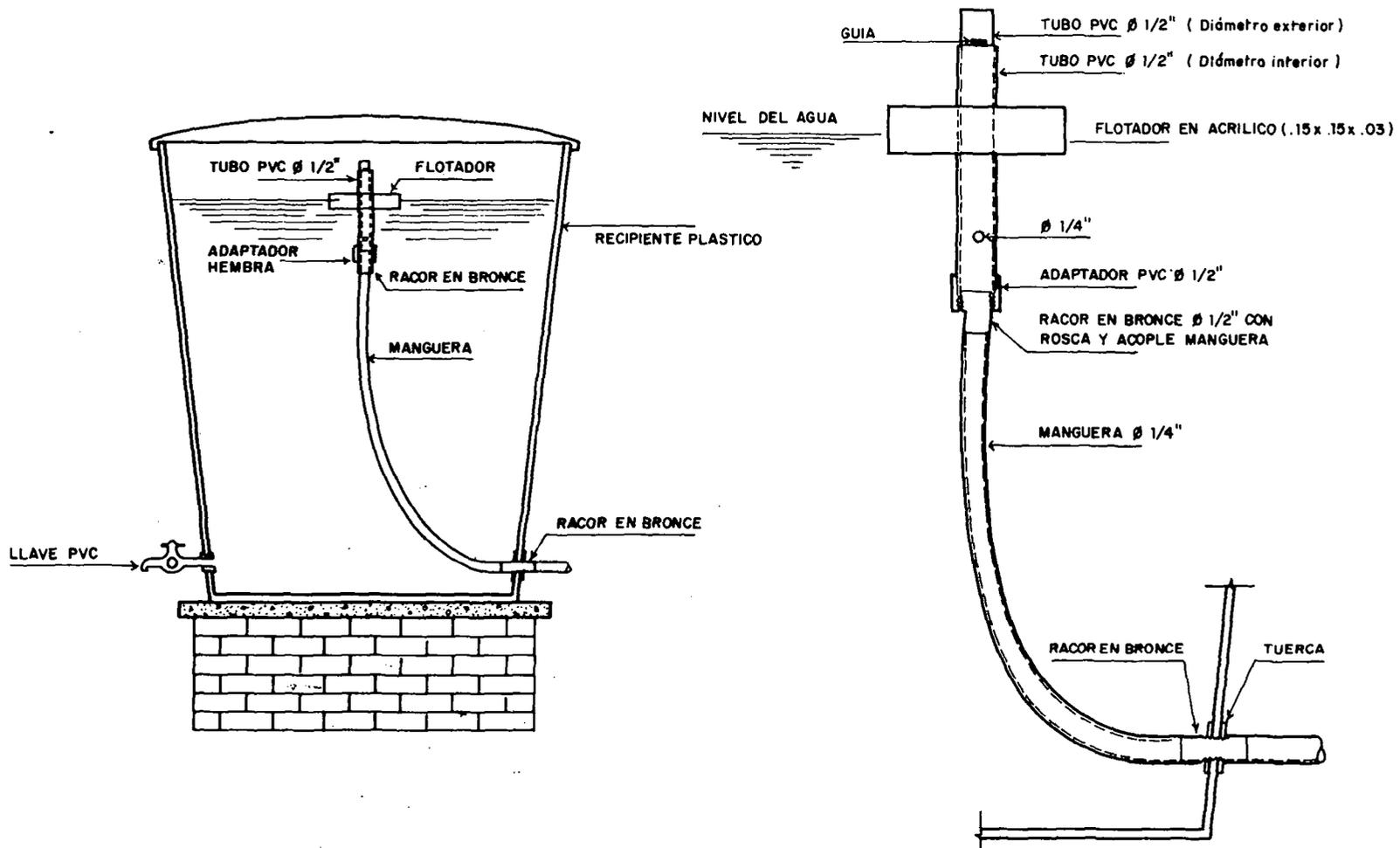


Fig. 6.5:

DETALLE DE RECIPIENTE PARA LA DISOLUCION DE LA SOLUCION
 CLORINADOR A GRAVEDAD (Tipo UNIPACK)

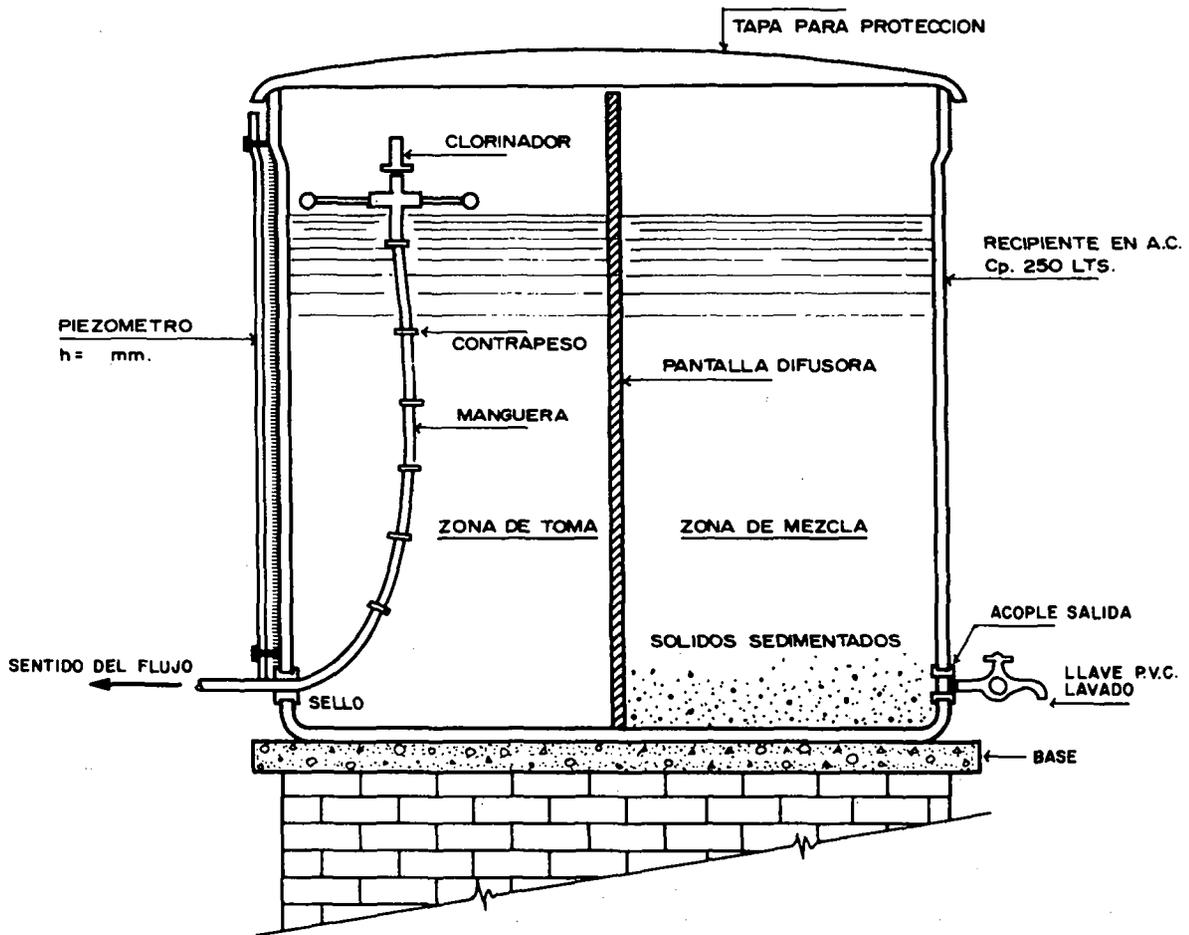


Fig. 6.6: HIPOCLADOR MODIFICADO

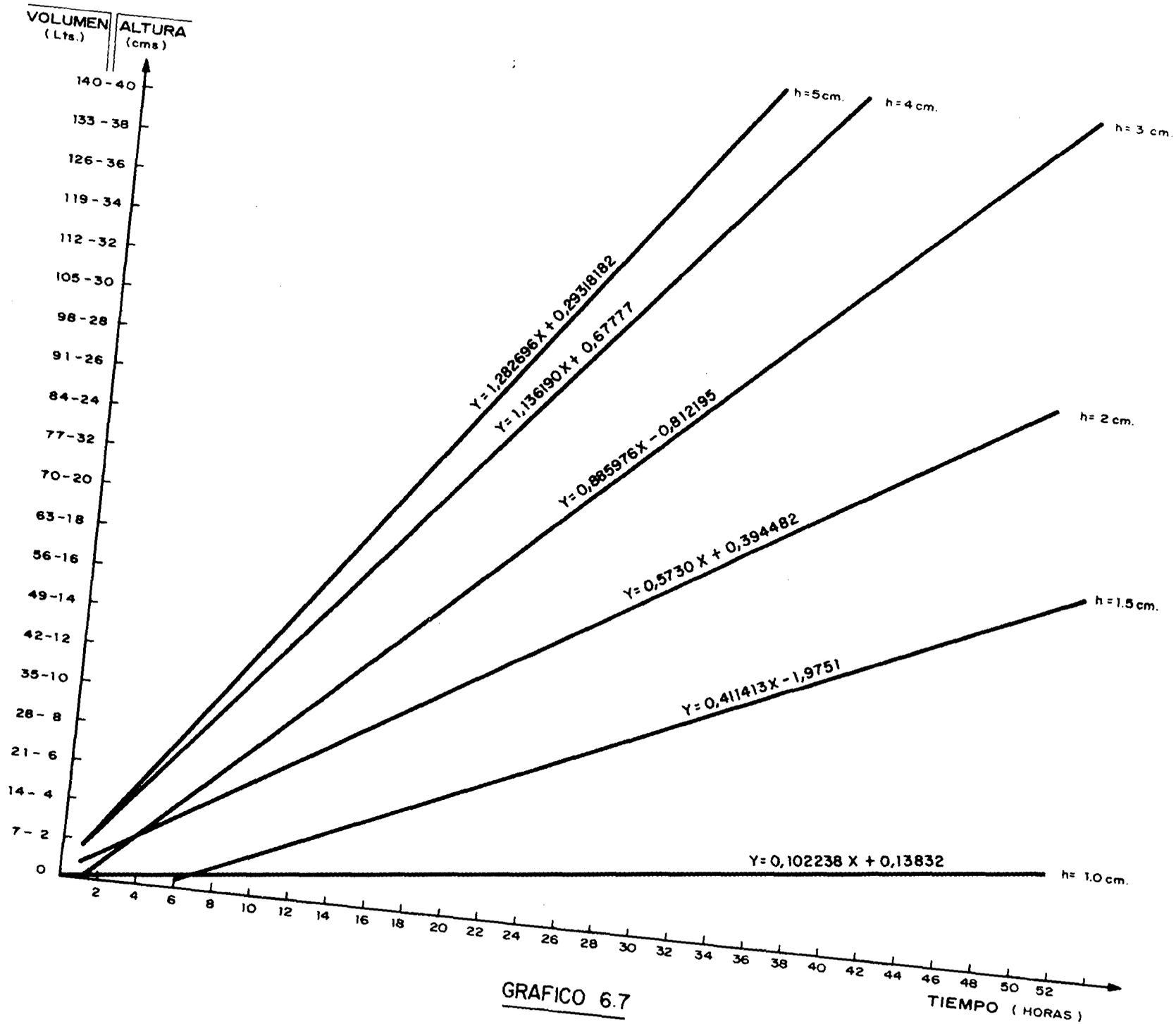


GRAFICO 6.7

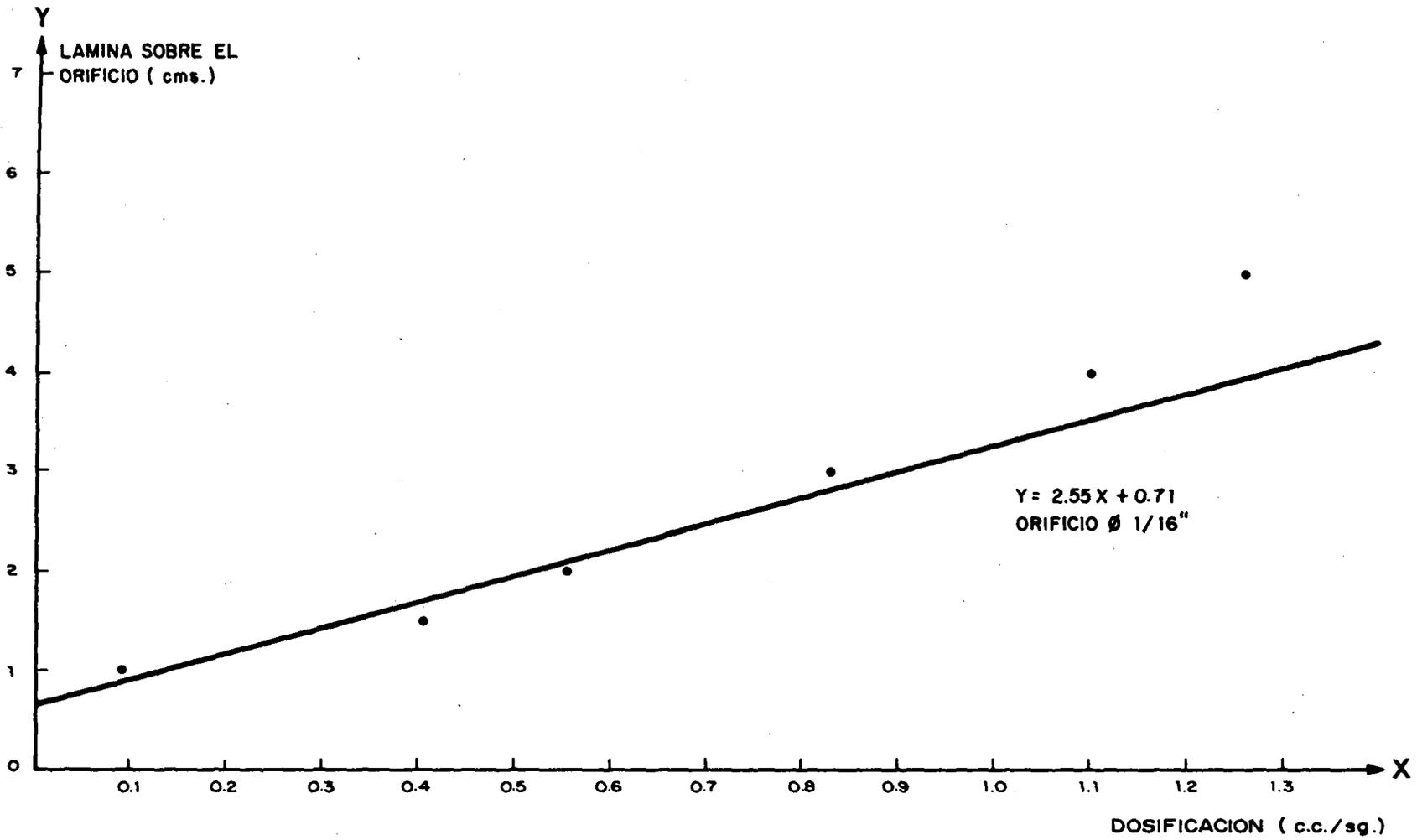


GRAFICO 6.8

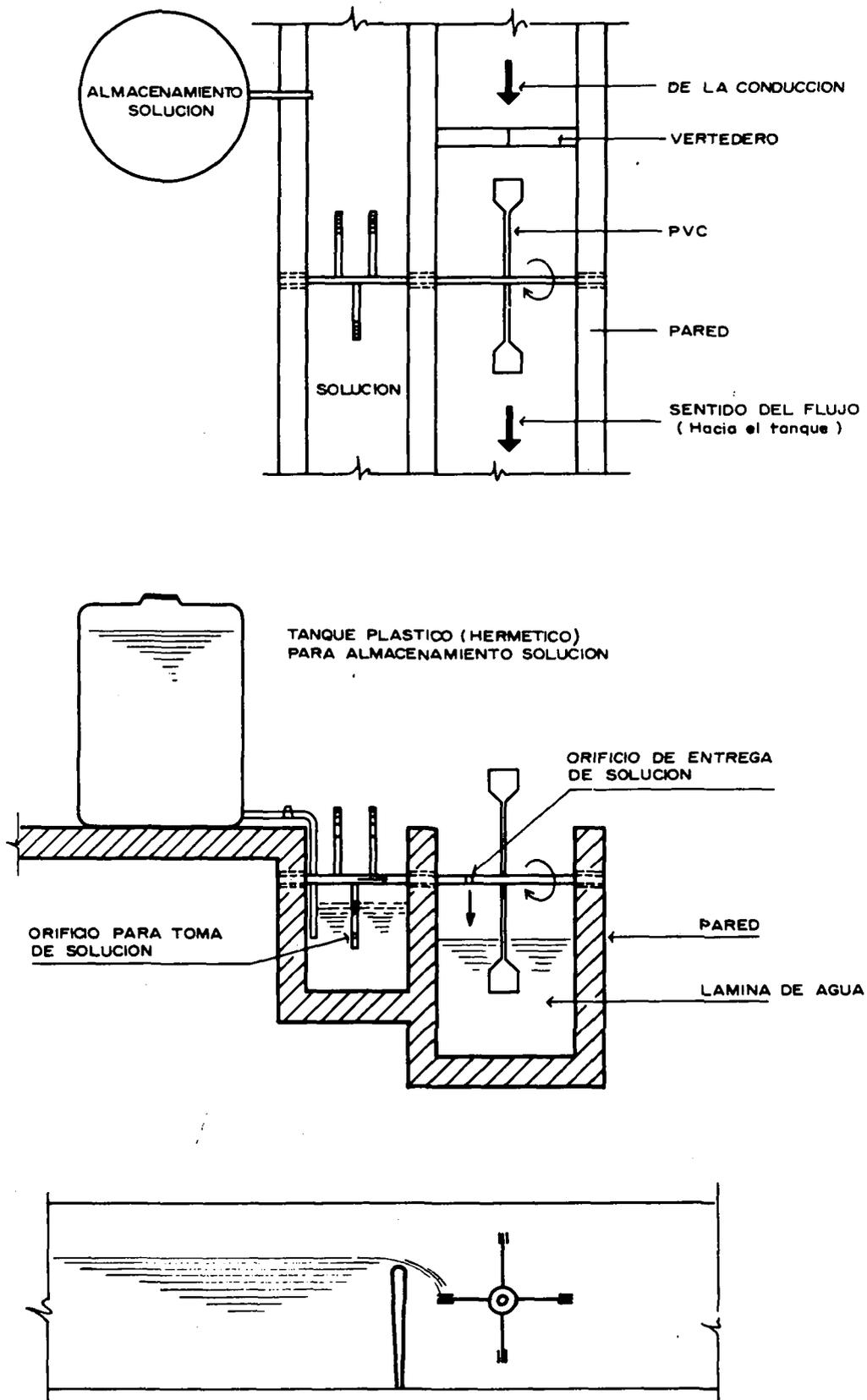


Fig. 6.9: DOSIFICADOR HIDRAULICO DE PALETAS

Proyecto de investigación de desinfección de agua en el medio rural. Costa Rica

Ing. Víctor Manuel Cordero

1. SITUACION ACTUAL

Costa Rica, ubicada en América Central a la altura del paralelo 10° Norte y el meridiano 84° Oeste, se encuentra limitando al norte con Nicaragua, al sur con Panamá y al este y oeste con los océanos Atlántico y Pacífico respectivamente.

La población actual de 2.374.000 habitantes vive en su mayoría en el altiplano central. El país tiene 50.900 km².

La mayoría de la población es criolla; los indígenas amerindios no superan los 3.000 habitantes y la población de negros y mulatos no llegan a 40.000.

El 66.5% de la población es rural y la activa representa el 34% de la total.

Los acueductos en el país se pueden dividir de acuerdo a su sistema administrativo en tres modalidades.

- a) Acueductos administrados por el I.C.A.A.
- b) Acueductos administrados por "Comités administradores de Acueductos Rurales" en los cuales el I.C.A.A. ha delegado la administración.
- c) Acueductos municipales.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) ha dividido el país, para facilidad en la operación y el mantenimiento de los acueductos en varias zonas a saber:

- a) Area metropolitana
- b) División central
- c) División atlántica
- d) División pacífico sur
- e) División de occidente

En todas estas divisiones y en lo que puede calificarse de principales cabeceras urbanas de cada región se han instalado equipos de cloración de tipo cloro gaseoso, por lo que tenemos que para el Area Metropolitana se cuenta con estos cloradores en:

- a) Planta de tratamiento de Guadalupe
- b) Planta de Los Sitios de Moravia
- c) Planta de tratamiento de Los Cuadros, Ipis, Goicochea
- d) Planta de tratamiento de Tres Ríos
 - . Planta de tratamiento Tres Ríos (planta alta)
 - . Planta de tratamiento Tres Ríos (planta baja)
- e) Planta de tratamiento de San Juan de Dios de Desamparados
- f) Bombeo Puente de Mulás.

La División Central en:

- a) San Ignacio de Acosta (planta de tratamiento)
- b) Puriscal, Cañales (equipo de bombeo)

Por instalarse en Desamparaditos de Puriscal y Alajuela, también en la planta de tratamiento de Atenas por goteo de solución de HTH.

División Atlántica:

- a) Limón Centro
- b) Siquirres

División Pacífico Sur:

- a) Quepos
- b) San Vito de Coto Brus
- c) Sabalito de Coto Brus
- d) Ciudad Neilly
- e) Planta de tratamiento de San Isidro del General

División de Occidente:

- a) San Ramón
- b) Palmares
- c) Socorrito de Puntarenas
- d) Barranca de Puntarenas

En todos estos lugares, los equipos instalados predominantemente son de dos tipos:

- a) Dosificador de gas cloro mediante difusores porosos
- b) Dosificador de solución de cloro (succión)

Los resultados en todas estas comunidades urbanas han sido satisfactorios en el uso de estos equipos. También en varios de estos lugares se verifica una desinfección semanal mediante adición de HTH diluido. En cuanto a cloración, ésta ha sido la labor de AyA hasta el momento.

En cuanto a otras instituciones afines, tal como el Ministerio de Salud, únicamente se ha limitado a dar la voz de alerta acerca de la calidad del agua en algunos acueductos cuando por algún medio se le solicita intervención al respecto de su campo, haciendo los análisis de laboratorio y solicitando posteriormente al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados la desinfección en ellos. Sin embargo, por razones de su presupuesto, no tiene realmente la independencia deseable para que como Ministerio se constituya en organismo contralor de su especialidad.

Más bien poco a poco en este campo ha ido cediendo dicho control al I.C.A.A., el cual aunque con la capacidad técnica suficiente, no puede resolver con sus pocos medios financieros el problema general del país.

La situación pareciera no tener solución, en tanto el costo de tales procesos absorban en gran medida el presupuesto operacional de los organismos encargados y por otro la relativa complejidad de la operación y mantenimiento del proceso requiera de un cierto grado de preparación de personal difícil de conseguir en áreas rurales.

En lo que llamaríamos medio rural (poblaciones menores de 2.000 habitantes) se puede decir que no ha existido ningún programa representativo que se refiera a desinfección. Es más, podría generalizarse más para concluir categóricamente diciendo que no ha habido absolutamente nada al respecto de cloración en sistemas rurales.

En la actualidad: en una solicitud que el Instituto está preparando y negociando con el Banco Interamericano de Desarrollo, por primera vez el BID exige sistemas de cloración en absolutamente todos los sistemas que se financien por este préstamo. Lo anterior coloca al país en una situación irreversible, para lo cual habrá que escoger los medios de implementación necesarios y buscar programas de cloración que minimicen los costos de todo tipo que en un programa de tal magnitud tendrían económica y operativamente gran significado.

El Instituto ha publicado, en cuanto a normas o criterios de diseño y operación y mantenimiento de equipos de cloración, los siguientes folletos:

- a) Plan de Mantenimiento Preventivo - Instructivo General sobre Cloración - Ingeniería de Operaciones, mayo de 1979
- b) La Cloración del Agua - Ing. Alcides Prado C.
- c) Normas para el Mantenimiento de Cloradores - Manual de Mantenimiento Preventivo - Ingeniería de Operaciones, agosto de 1981.

Todos estos mencionan con preferencia los equipos de cloro gaseoso.

2. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

2.1 Descripción

2.1.1 Equipo

Después de identificar los equipos de desinfección de abastecimiento de agua usados en el país, así como de recopilar la información que el Instituto al respecto cuenta, se procedió a realizar la fabricación de un aparato clorador.

En base a lo anterior para continuar con el proyecto se creyó necesario escoger un tipo de clorador, que reuniera las siguientes características:

- a) Bajo costo de adquisición o confección
- b) Facilidad de operación (sencilla y económica)
- c) Bajo costo de mantenimiento
- d) Facilidad de adquisición del desinfectante
- e) Simplicidad en la instalación del aparato

Con los anteriores requisitos se dio a la tarea de encontrar el sistema que cumpliera con todos ellos, llegándose a la decisión de fabricar un clorador económico y funcional.

El clorador que se logró construir, funciona hidráulicamente, mediante la erosión de pastillas y posteriormente por difusión del efluente en una cámara de contacto. Se clora la porción del caudal derivado de una descarga mayor tal y como puede verse en la Figura 7.1.-

En la Figura 7.2 se observa con más detalle la derivación.

La trayectoria del líquido dentro del dosificador es la siguiente: la cantidad de agua es regulada por la primera válvula de compuerta, que determina el caudal necesario para erosionar las pastillas y obtener la concentración de cloro requerida. La válvula de boya tiene como función disminuir o aumentar este caudal dependiendo de la demanda de consumo doméstico, determinado por el nivel del tanque.

El entrar al dosificador, el agua lleva cierta turbulencia que es eliminada mediante una cámara de quietamiento diseñada en el clorador.

Luego pasa a la cámara de erosión en donde se distribuye uniformemente y forma la solución concentrada que es enviada al tanque por medio de un vertedero final.

La concentración de la solución puede ser graduada mediante la regulación en la válvula y compuerta antes citada y de la penetración del cilindro porta pastillas en la cámara de erosión. Con un mecanismo de rosca se determina, según el número de vueltas indicadas en la pared de este cilindro, la sumergencia del mismo y por lo tanto el área de pastillas en contacto con el nivel de aguas del caudal en la cámara, el cual saldrá como es lógico con una mayor concentración.

Cuando por alguna razón de niveles, transmitidos por efecto de las boyas, el caudal de entrada al clorador se suspende, el tubo de drenaje en la cámara de erosión o contacto, evacuará el líquido remanente en esa sección en pocos segundos. Este accesorio, a fin de cuentas indispensable para una correcta operación, impedirá la suavización anormal en las pastillas que darían dosificaciones excesivamente altas y además sin control, lo que provocaría picos en la dosificación con posibles problemas de rechazo por parte de los consumidores.

En la Figura 7.3 se muestra la planta y elevación longitudinal del clorador, en la que puede observarse sus componentes externos: válvula de compuerta, válvula de boya, tubería de alimentación, clorador, recipiente de pastillas (porta pastillas), indicador de sumergencia desagüe, indicador de nivel de agua en cámara de solución.

Todo el material usado en la fabricación es de PVC, utilizando las figuras convencionales para tuberías de presión SDR-26, exceptuando las válvulas que son de bronce. Para verificar el nivel de agua dentro del clorador se cuenta con un piezómetro en tubería de vidrio, ya que la plástica se opaca por la reacción del mismo cloro.

2.1.2 Fabricación de las pastillas

Una vez graduado un clorador de este tipo, las pastillas constituyen el único elemento susceptible de desgaste y reposición del sistema, ya que debería acondicionarse en relación con la velocidad de erosión, caudal del sistema y capacidad máxima del cargador. Para poder tener características similares todo el tiempo y para no depender de la existencia en el mercado de las mismas ya preparadas, es necesario poder tener autoabastecimiento regional y no localidad por localidad, lo cual posiblemente en virtud del control de calidad necesario podría alterar las condiciones de operación. Después de las horas de labor que demandaron prueba tras prueba, se llegó a obtener las características principales que son requeridas en la elaboración de pastillas para el dosificador estudiado.

- Forma regular circular
- Homogeneidad en su composición
- Dureza
- Velocidad de desintegración uniforme

Se utilizó HTH granulado, el cual se somete a presión de 1000 kg/cm^2 de tal manera que cada pastilla tiene 12 g con un diámetro de 25 mm y una altura de 10 mm.

La razón de erosión depende lógicamente de la velocidad del agua, sin embargo en condiciones normales de un sistema, se puede decir que una pastilla dura aproximadamente una hora como promedio y se comporta muy semejante durante toda la carrera de desgaste.

En la fabricación de pastillas se utilizaron dos sistemas: uno empleando un gato hidráulico de 5 ton (utilizadas para levantar un camión pequeño) el que nos da la presión a un troquel de una sola pastilla, de aproximadamente 1018 kg/cm^2 . Este fue utilizado como estudio preliminar, de tal manera que nos permitió la experimentación inicial y aunque lento, es un método de confeccionar las pastillas individualmente.

Ver detalle en la Figura 7.4.

El otro sistema consiste en la utilización de una prensa hidráulica de las que se emplean para quebrar cilindros de prueba de concreto (ver Figura 7.5) para la cual se diseñó y fabricó un troquel para ocho pastillas simultáneas.

2.1.3 Instalación

Para la instalación del clorador no se requiere de gran práctica, ya que ésta es sumamente sencilla y puede describirse de la siguiente manera:

De la tubería de conducción en la entrada a un tanque cualquiera del acueducto, se efectúa una derivación en paralelo de 12 mm \emptyset en tubería de PVC que llega al dosificador por medio de una válvula de compuerta de 12 mm \emptyset . A continuación de la válvula de compuerta va una válvula de boya y por último el recipiente con pastillas que dosifica al tanque la solución. Ver Figura 7.4.

2.2 Análisis de costo

2.2.1 Costo del clorador

Absolutamente todos los componentes del clorador son de PVC. Se usaron en su mayoría, accesorios de PVC SCH 40 tales como: adaptadores hembra de 100 mm, tapón macho para obtener la sección roscada en 100 mm, reducciones lisas de 38-31 mm, asimismo reducción de 38-12 mm, tubería de 38 mm, 100 mm y para la conexión de 12 mm. El material liso de PVC, se tomó de tubería que por calor se convertía en lámina plana de la cual se recortaba posteriormente la sección deseada.

Únicamente el aparato clorador tiene un costo inferior a los EUA\$40. Incluyendo boyas, válvula, accesorios PVC, etc. varía con los costos locales; sin embargo, esto no aumentaría el costo de EUA\$50.

2.2.2 Costos en la fabricación de pastillas

Los costos de las mismas, que incluyen material y mano de obra de la confección fueron los siguientes:

Peso del material: 12 g
Costo HTH EUA\$3.97 kilo (costo de mercado)
Costo HTH EUA\$0.68 kilo (costo a la institución)
Costo de mano de obra/pastilla: EUA\$0.0064
Costo material/pastilla: EUA\$0.0086 (institución)
Costo material/pastilla: EUA\$0.0500 (mercado)
Otros costos (energía)/pastilla: EUA\$0.00076
Costo total/pastilla EUA\$0.0158 (institución), EUA\$0.0572 (mercado).

Ver en el Cuadro 7-1 el consumo de pastillas.

2.3 Características de las pastillas

Las pastillas constituyen el único elemento que requiere la atención por parte del operador o persona encargada del mantenimiento, ya que hay que adicionarlas conforme se requiera, de acuerdo a la erosión establecida de dosificación.

Cuadro 7-1

CONSUMO DE PASTILLAS/DIA

| L/S | # PAST./DIA | PAST./L.P.S./DIA | \$/DIA | |
|------|-------------|------------------|-------------|---------|
| | | | INSTITUCION | MERCADO |
| 1.8 | 4.5 | 2.5 | 0.071 | 0.257 |
| 2.0 | 5.5 | 2.7 | 0.087 | 0.314 |
| 3.0 | 7.5 | 2.5 | 0.119 | 0.429 |
| 4.0 | 10.0 | 2.5 | 0.158 | 0.572 |
| 5.0 | 13.0 | 2.6 | 0.205 | 0.744 |
| 6.0 | 15.5 | 2.6 | 0.245 | 0.887 |
| 7.0 | 17.5 | 2.5 | 0.277 | 1.001 |
| 8.0 | 19.0 | 2.4 | 0.300 | 1.087 |
| 9.0 | 22.0 | 2.4 | 0.348 | 1.258 |
| 10.0 | 24.0 | 2.4 | 0.379 | 1.373 |
| 11.0 | 26.5 | 2.4 | 0.419 | 1.516 |
| 12.0 | 29.0 | 2.4 | 0.458 | 1.659 |
| 13.0 | 31.5 | 2.4 | 0.498 | 1.802 |
| 14.0 | 34.0 | 2.4 | 0.537 | 1.945 |
| 15.0 | 35.0 | 2.3 | 0.553 | 2.002 |

En vista de que la adquisición de pastillas se hacía difícil por ser un material de importación y muy elevado su costo, se llegó a la necesidad de fabricarlas partiendo del HTH granulado, como materia prima.

Las características de las pastillas así fabricadas son:

Diámetro: 25 mm

Altura : 10 mm

Peso : 12 g

Razón de erosión media: 1 hora

lo cual se consigue aplicando al molde de la pastilla una presión de 1000 kg/cm²

Al principio se fabricó un sencillo troquel, que aprisionaba el material en una cámara y se compactaba mediante la fuerza de una gata hidráulica, similar a la usada para levantar automóviles. Este procedimiento dio buenos resultados de compactación, pero la fabricación de las tabletas se tornaba lenta (Figura 7.4).

Posteriormente, se construyó otro mecanismo más elaborado, con capacidad para ocho pastillas y accionado por un sistema hidráulico de gran capacidad de compresión, igual al utilizado en pruebas de resistencia para cilindros de concreto (ver Figura 7.5) contando por tanto con la ventaja de poder suministrar la fuerza de compresión a discreción, ya que cuenta con manómetro indicador.

Preparada esta máquina se procedió a confeccionar las pastillas con diferentes grados de compactación, analizándose para cada uno de ellos las siguientes características.

- a) Tiempo de desgaste por erosión
- b) Peso
- c) Altura de la tableta (el diámetro es constante).

En base a lo anterior, se encontró que una presión del orden de los 1000 kgs/cm², es la que nos da mejores resultados en cuanto a los factores arriba mencionados.

Una vez seleccionada la tableta de HTH, se procedió a realizar la prueba de ellas en el dosificador, presentándose el problema de que al iniciarse el lavado, éstas absorbían humedad y se fusionaban entre sí; el resultado fue que las tabletas colocadas en las partes inferiores desaparecían por la acción erosiva, mientras que las de capas intermedias formaban una masa compacta que se adhería a las paredes de la cámara e impedían que las demás pastillas de capas superiores fueran bajando por acción de la gravedad, quedando de esta forma suspendido el proceso, ya que la posición de las pastillas resultaba tal y como habían sido colocadas al inicio de la carga del depósito.

Para solucionar este problema, se intentaron algunas modificaciones en la cámara de alimentación, que inicialmente era un único compartimiento. De esta forma se procedió a dividir éstas en varios compartimientos mediante la colocación de láminas verticales, de tal manera que se dividía la cantidad de pastillas en cuatro depósitos. Sin embargo, el problema persistió, ya que la cara redonda de las pastillas se adhería a estas láminas incrementándose el mismo fenómeno anterior.

Por último se dividió en compartimientos cilíndricos de manera tal que el contacto de las pastillas con las paredes no fuera de las caras redondeadas, evitándose así en definitiva que se aglomeraran entre ellas.

De esta manera las tabletas se apilan en columnas dentro de cinco tubos de 25 mm Ø que se reúnen en un cilindro de 89 mm Ø, todos ellos perforados en su extremo final.

Razón de erosión (tiempo promedio) = una hora

Las unidades de cloración que se han fabricado, se han sometido a diferentes pruebas para determinar su funcionamiento y rendimiento en condiciones difíciles.

Los resultados fueron satisfactorios: su funcionamiento confiable, poco mantenimiento y con una gran sencillez para dosificación, tanto para caudales pequeños del orden de 0.5 litros por segundo, como para flujos mayores del orden de 50 l/seg.

2.4 Aspectos operacionales

La operación es sumamente sencilla, en realidad una vez graduado el aparato no requiere de ningún otro cuidado excepto que el de mantenerlo con pastillas para que el proceso sea continuo. El mismo cilindro portapastillas puede sacarse para revisión, teniendo únicamente cuidado de mantener la misma sumergencia mediante el indicador de niveles. Otro aspecto a considerar sería la boya, la cual deberá cerrar cuando haya "0" consumo.

Para la cloración con estos dispositivos no se requiere de mayores exigencias en cuanto a recursos humanos. La sencillez de operación permite capacitar fácilmente personal con educación a nivel de secundaria.

Los materiales para la confección de cloradores se limita en un alto porcentaje a los accesorios de PVC y a correcciones mínimas.

Para fabricar las pastillas se parte de la existencia de HTH cuya adquisición normal es en cuñetes de 45 ó 68 kilos. No se usó amalgamantes para facilitar la adquisición y evitar errores de mezcla.

En razón de lo anterior, se podría pensar en centros de suministro regionales que dependerían de las condiciones particulares de cada una de ellas.

Se tiene que por cada kilogramo se producen 80 unidades de 12 g cada una con una pérdida del 4% en las operaciones, de esta forma, un cuñete de 45 kilos nos produciría 3600 unidades que significarían el atender 48 l/seg durante un mes (1 l/seg consume al mes 75 pastillas) lo que nos da una idea del poco trasiego y lo fácil para acueductos rurales.

2.5 Localidades estudiadas

2.5.1 Barrio Jesús de Atenas:

Es un poblado situado a 5.5 km al oeste de la ciudad de Atenas, sobre la carretera Atenas-San Mateo, a una elevación promedio de 870 m.s.n.m. Su temperatura promedio es de 24°C.

Las obras de toma se encuentran a una elevación de 1035 m.s.n.m. en la Quebrada Ramírez. El tanque de distribución (150 m³), es un tanque metálico ubicado en la cota 975 m.s.n.m. Además existe un tanque quiebragradiente. La línea de conducción de poco más de 6 km está constituida principalmente por tubería de 100 mm Ø en PVC SDR 17 y 26, con un tramo de 720 m en hierro dúctil de 24.5 kg/cm² (350 lb/pulg²) en una zona de sifón. El caudal suministrado máximo horario es de 12 l/seg. Se cuenta con escuela, iglesia, plaza de deportes y unidad sanitaria. Sus pobladores se dedican a la agricultura en general: café, caña de azúcar, maíz, frutas, frijoles, legumbres y hay buena ganadería de engorde. La población se encuentra a lo largo de 5 km de carretera con pequeños ramales.

Este acueducto fue terminado en 1980 y sirve a unos 1100 habitantes en la actualidad.

Este proyecto se estudió por dos meses. Al principio hubo problemas debido a los ajustes del aparato (fue la primera prueba in situ), lo cual nos produjo sobredosis que alteraron el sabor del agua, tal situación fue corregida poco a poco durante el tiempo inicial de la experimentación, de tal manera que en 22 días se habían corregido todos los puntos de la construcción del aparato que necesitaban afinarse. En la Figura 7.1 se puede ver el esquema de instalación utilizado en un tanque quiebragradiante de este acueducto.

2.5.2 Calle Zamora de San Ramón, Alajuela, San Ramón, San Rafael

Comunidad ubicada al noroeste de la capital de San José, a unos 80 km. La población actual de 1240 habitantes vive de actividad agrícola 100%, dedicándose al cultivo del café, tabaco, maíz y frijoles. La población distribuida a lo largo de la calle por una extensión de 6 km, se suple de agua mediante el sistema construido en el año 1978, con una presa en quebrada por gravedad a 1180 m.n.s.m., de la que se utilizan 2.0 l/seg y con un tanque de almacenamiento de 50 m³ a 1150 m.s.n.m. Se cuenta con escuela, iglesia, plaza de deportes y servicios eléctricos. La elevación media de la población es de 1070 m.s.n.m. y temperatura media de 21°C, las tuberías predominantes de 100, 75, 63, 50 y 38 mm Ø.

La instalación del hipoclorador se efectuó en un tanque quiebragradiante.

2.5.3 Quebrada Honda de Patarrá, San José, Desamparados, Patarrá

Comunidad ubicada al sur de San José, ciudad capital, con una población a la fecha de 654 habitantes. Se puede decir que la población ha crecido a lo largo de la calle principal de unos 3.5 km. Se cuenta con escuela, iglesia, plaza de deportes y un servicio de buses regular y posee corriente eléctrica 110 v 60 c. El caudal máximo diario es de 1.7 l/seg.

La actividad principal es el cultivo del café y la explotación de piedra caliza. Gran parte de sus moradores son verdaderos artesanos trabajando la piedra de molleón y lajas, utilizados en enchapes de viviendas en la industria de la construcción.

La elevación promedio de la población es de 1260 m.s.n.m, con una temperatura media de 19°C. La calle principal es sellada en asfalto, aunque tiene algunas otras en lastre y tierra. Las tuberías existentes son de 63, 50 y 38 mm.

El tanque de almacenamiento de 20 m³ está ubicado en la elevación 1350 m.s.n.m.

El sistema es por gravedad y tiene sus captaciones en muy buen estado.

El acueducto actual fue construido en 1979 por el sistema de Ayuda Comunal y actualmente se está tratando de interconectar otra fuente a las nacientes originales.

El hipoclorador de esta localidad se instaló sobre la losa del tanque de almacenamiento, clorando directamente el agua almacenada.

En general se puede decir que la cloración fue tomada por los habitantes sin mayores reticencias.

2.6 Capacidad operativa y administrativa de las comunidades

Los comités administradores de cada acueducto están consolidándose más y más conforme pasa el tiempo. Se encuentran operando en el caso de las comunidades estudiadas hace tres y cuatro años.

Todo el financiamiento que de momento utilizan proviene únicamente de su autogestión, lo cual lógicamente deja algunos de los comités principalmente a aquellos que tienen operación de sus sistemas por bombeo en una situación muy ajustada.

En estos momentos se encuentra en maduración un Fondo Rotatorio de Acueductos Rurales, mediante el cual se pretende que utilizando los fondos de los sistemas integrantes del plan (unos 400 a la fecha y unos 800 en cuatro años) pueda llevarse a cabo una mejor administración de los mismos, así como posibilidad de financiamiento para ampliaciones y casos especiales en dichos acueductos.

El aspecto de cloración, experimentado con el sistema que se propone, no requiere de mayor entrenamiento, aunque sí el mínimo para la comprensión básica de operación y mantenimiento. Un sector considerable de estas poblaciones en el medio rural permite con cierta holgura la preparación de personal idóneo.

La lucha más importante sería a nivel del fenómeno normal de emigración hacia centros urbanos, lo cual se le abriría más con la preparación que obtendría en el campo del agua potable.

En cuanto al costo de operación, aún en el supuesto en que no se consiguiera precio especial de mayorista arrojaría costos como los siguientes, los cuales no son obstáculo financiero para los Comités.

ℓ/s/d \$ 0.157 (precio de mercado)
ℓ/s/d \$ 0.043 (precio institucional)

2.7 Aceptación e impacto

De las experiencias en cuanto a sensibilidad y aceptación en las zonas en que se ha probado la cloración con estos aparatos (zonas no acostumbradas a la cloración) se tiene situaciones muy especiales y que coinciden en absolutamente los tres lugares.

Al estar clorando en niveles normales de cloración (cloro residual en las casas de hasta 0.3 ppm CL) los usuarios, a los cuales se les había dicho que no se estaba aplicando el proceso, afirmaron estar tomando la misma agua cruda que les resultaba natural.

Viceversa, cuando no se les cloraba y se les hacía creer lo contrario, salían con comentarios muy variados respecto al olor, sabor del agua, cambio de sabor en las comidas y hasta los efectos de blancura en sus ropas.

De lo anterior se deduce que en realidad los efectos reales de cambios en los diferentes aspectos con una cloración controlada, responden en gran medida a esquemas mentales de muy diversa índole, que dependiendo de lo numerosos, podrían resultar difíciles de superar en algunos casos que posiblemente se presentarán tarde o temprano en algunas localidades, para lo cual debemos estar preparados.

2.8 Conclusiones y recomendaciones

Un clorador adecuado al medio rural, debería reunir las siguientes cualidades:

- a) Bajo costo de adquisición o confección
- b) Operación sencilla y económica
- c) Bajo costo de mantenimiento
- d) Facilidad en la adquisición del desinfectante
- e) Simplicidad en su instalación

El clorador que se logró construir, funciona hidráulicamente, mediante la erosión de pastillas de hipoclorito de calcio. Este se consigue en el mercado como HTH y no se recurre a ningún otro producto aglomerante diferente del compuesto principal. La dureza y velocidad de erosión de la misma, se comporta uniforme y sin variar su aspecto granulométrico, gracias a la presión de fabricación encontrada. Asimismo, el dosificador se construyó utilizando al máximo las piezas de PVC convencionales, que paulatinamente fueron modificadas según las circunstancias y resultados. Como puede observarse ambos estudios, dosificador y pastillas, fueron investigaciones con procesos hasta cierto punto paralelos.

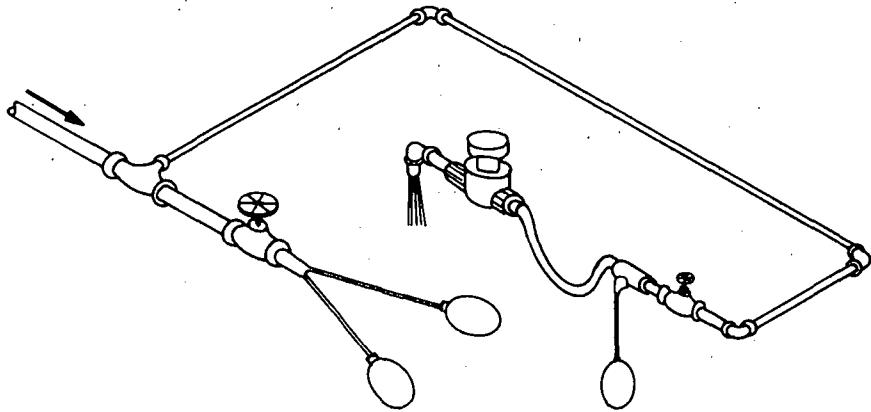
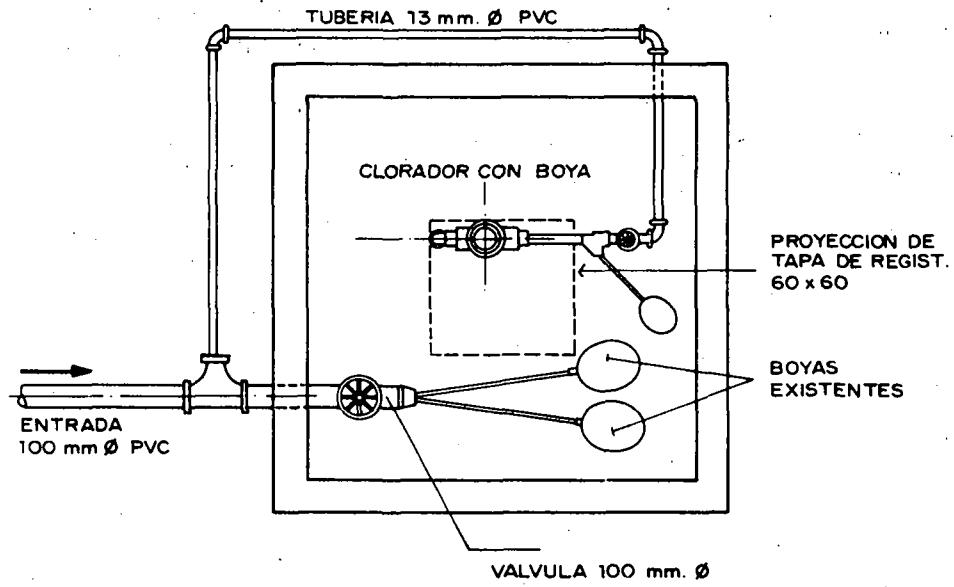


Fig. 7.1: ACUEDUCTO BARRIO JESUS DE ATENAS

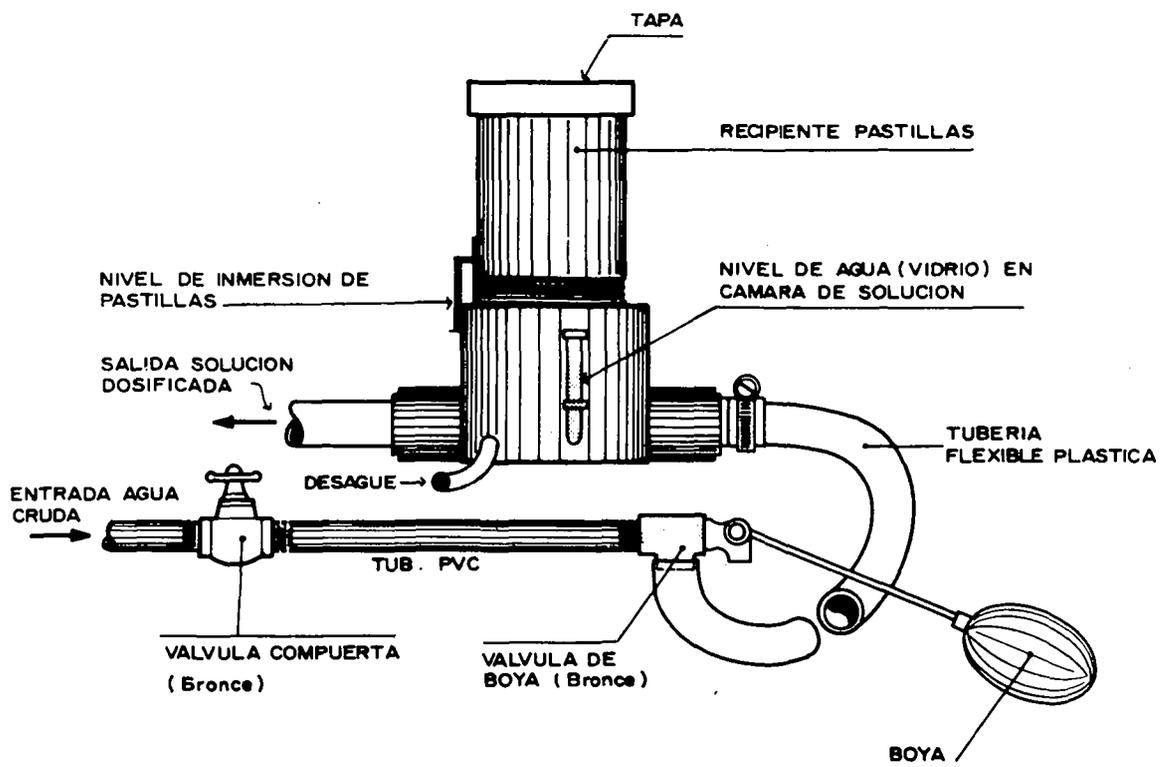
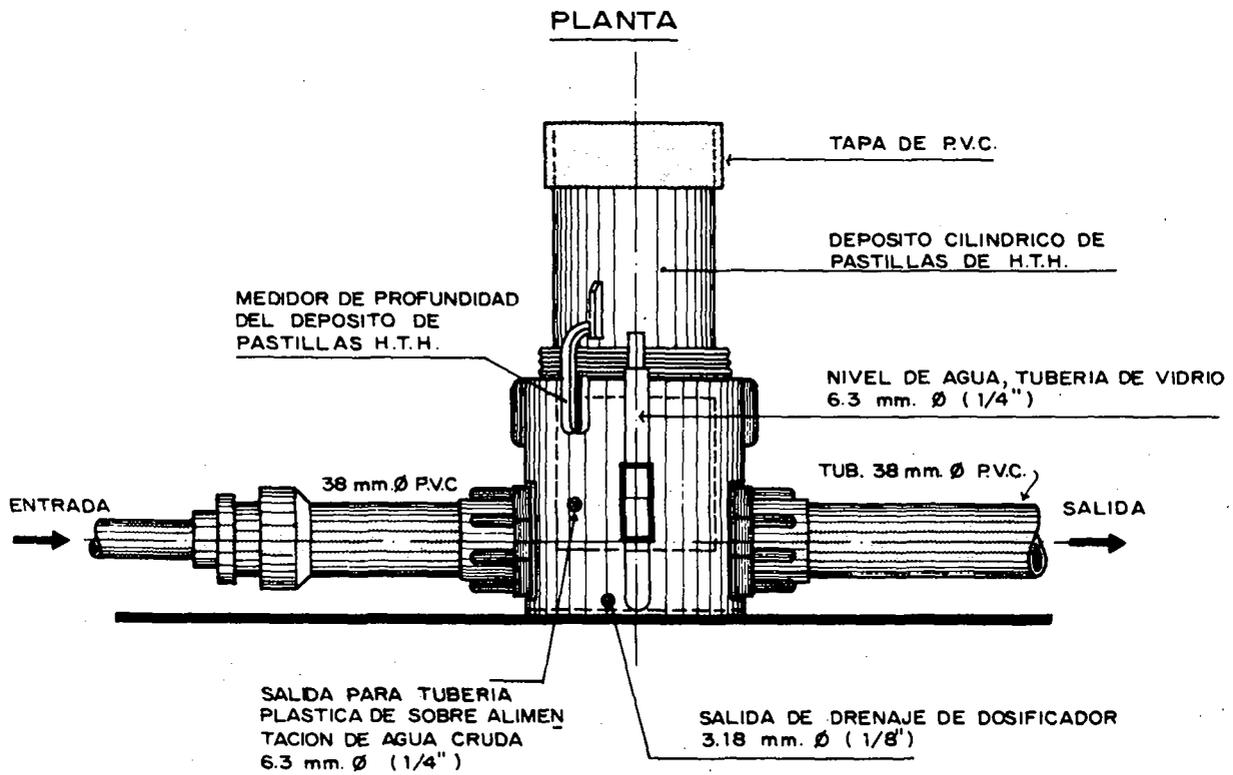
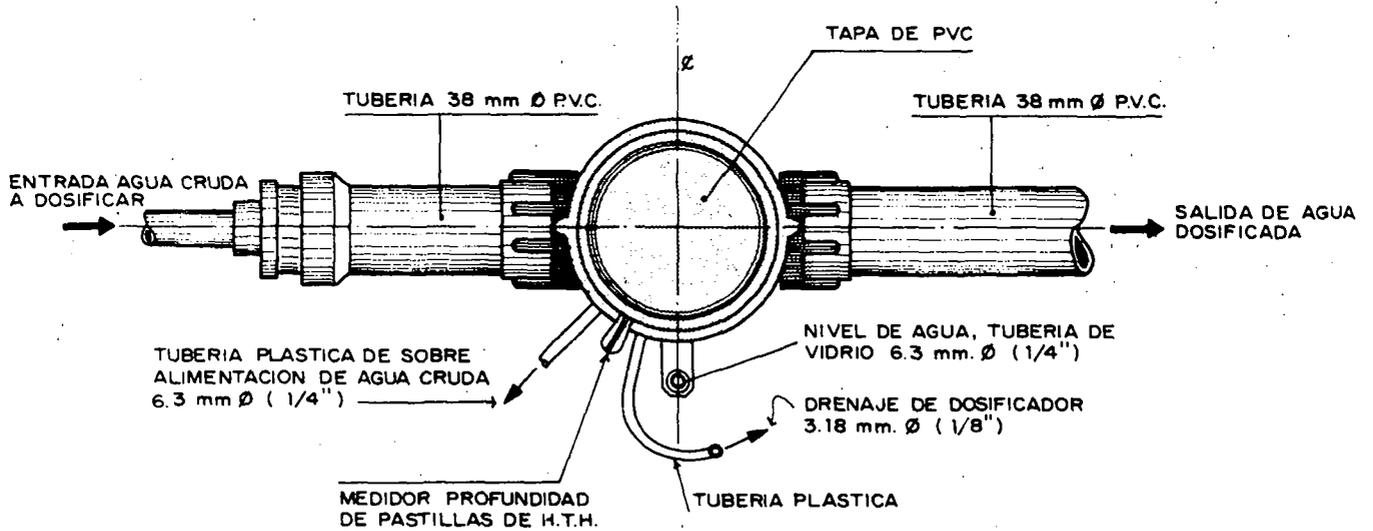


Fig. 7.2 : ESQUEMA DE DOSIFICADOR



ELEVACION FRONTAL

Fig. 7.3: CLORADOR

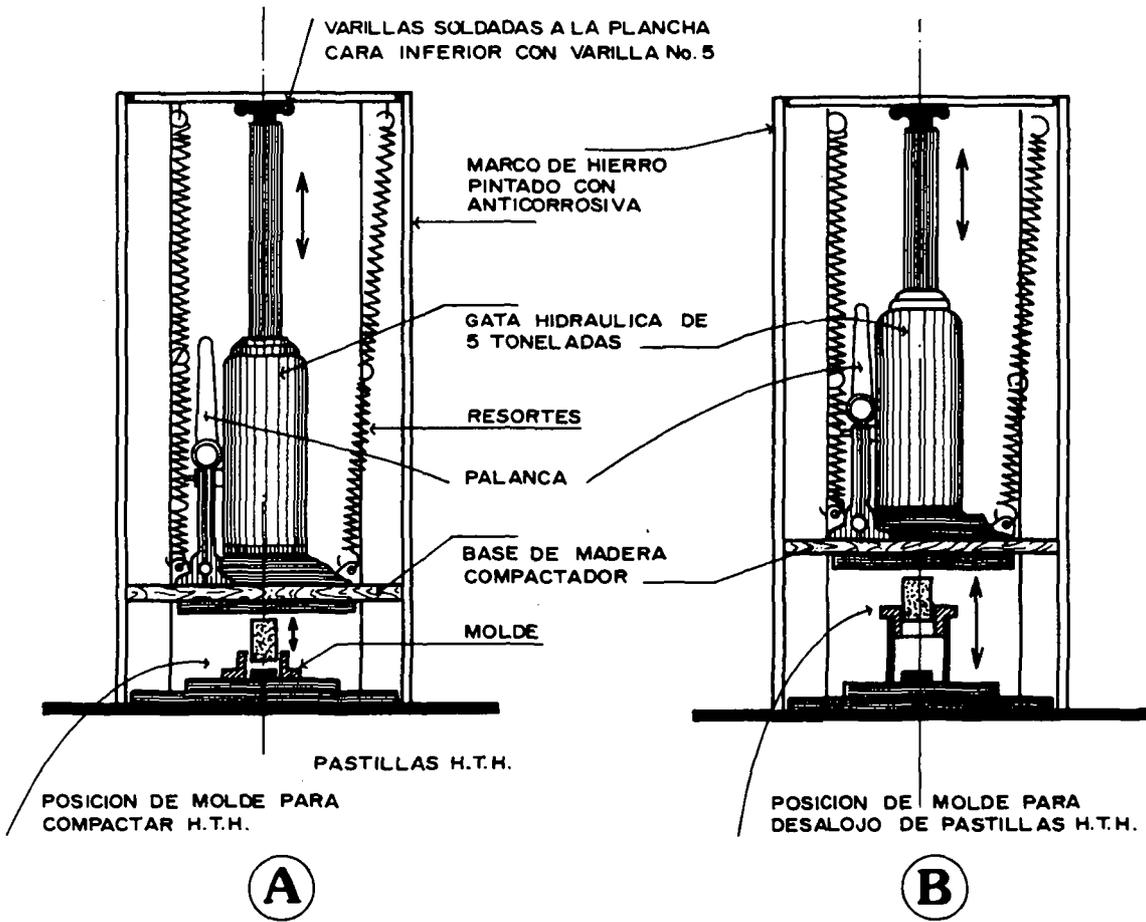


Fig. 7.4

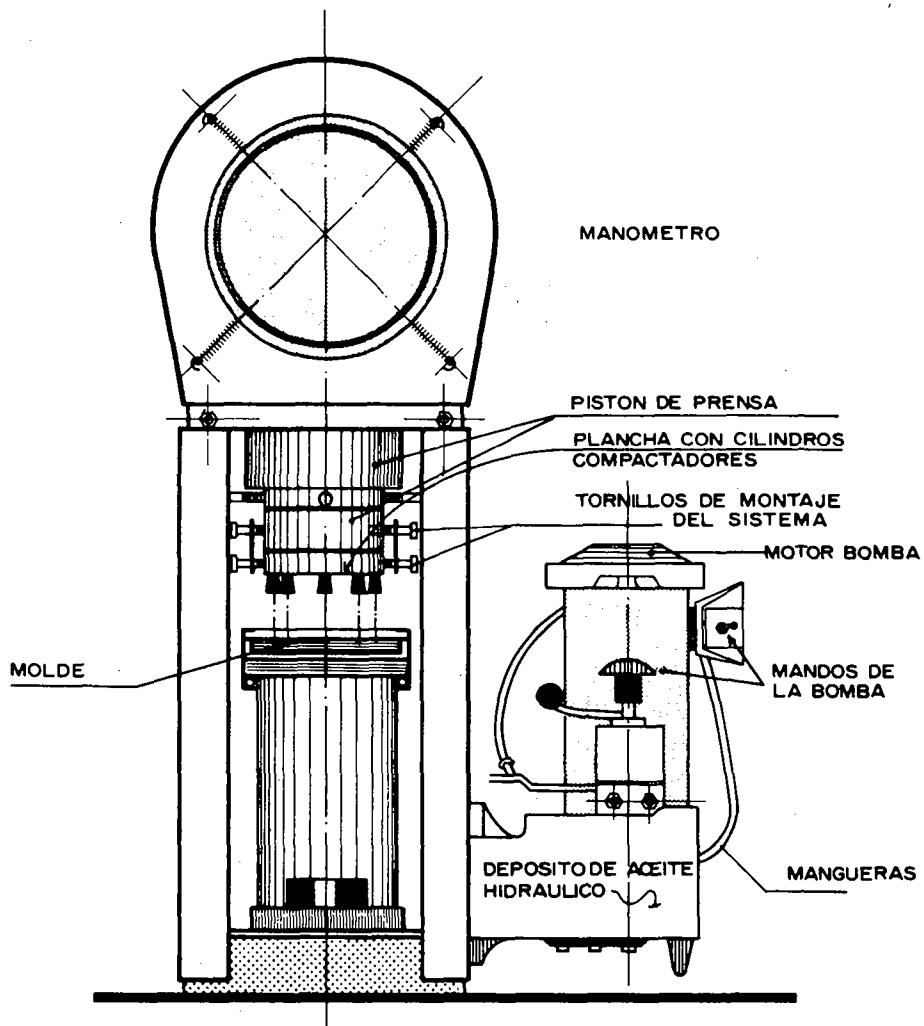


Fig. 7.5

Utilización de resinas para desinfección de aguas en pequeños abastecimientos

Ings. Luis Quispe, María Frisancho y Erik Juscamayta - Lima, Perú

1. INTRODUCCION

En nuestro país, como ocurre en otros de Latinoamérica, la mayor parte de las comunidades rurales carece de sistemas de desinfección de agua, debido a una serie de factores, entre ellos el alto costo que demanda la instalación, operación y mantenimiento de las unidades convencionales de desinfección. La aplicación de cloro gaseoso, que es el desinfectante usado en las unidades convencionales, requiere además de dispositivos especiales de dosificación, una mayor experiencia y destreza técnica del personal que frecuentemente no se dispone en las comunidades rurales. Para salvar éstos y otros inconvenientes, se han desarrollado ingeniosas unidades de desinfección bastante simples, como es el caso de los hipocloradores, cuyo mantenimiento es muy sencillo y se sigue investigando para lograr unidades aún más simples, eficientes y de bajo costo.

A partir de 1970, en los Estados Unidos, Canadá y Japón se ha empezado a investigar la posibilidad de utilizar resinas de intercambio iónico cargadas con cloro o yodo (1, 2) como un medio desinfectante. Es en esta alternativa, que a través del convenio entre el CEPIS y la UNI, se ha desarrollado un estudio para establecer el comportamiento de las resinas de intercambio y de algunos productos biológicos de estructura similar a las resinas, en lo referente a la absorción y desorción de halógenos. Dicho estudio posibilitará el desarrollo de unidades compactas de desinfección, especialmente para su uso en las áreas rurales. La primera etapa de trabajo (parte química) se ha efectuado en el Departamento de Química y la segunda, es decir lo correspondiente al diseño y puesta en marcha de las unidades cloradas, estará a cargo del Departamento de Saneamiento de la UNI.

En el presente informe se exponen los resultados obtenidos en los experimentos efectuados con resinas sintéticas de intercambio iónico y los realizados con productos biológicos tales como escama de pescado y cuernos de res. Aunque los primeros experimentos fueron los de absorción y desorción de yodo por resinas aniónicas fuertemente básicas de tipo amonio cuaternario, se ha preferido presentar primero los resultados obtenidos en la experimentación con escama de pescado y cuerno de res, por cuanto éstos fueron los únicos materiales que ofrecieron buenos resultados de resinas y desorción tanto de cloro como de yodo (3). Las resinas de intercambio iónico sólo mostraron buen comportamiento con el halógeno yodo. También debemos indicar que a pesar de haber experimentado con otro tipo de material tal como cola animal y pluma de ave, no se incluyen en el informe por haber obtenido resultados prácticamente negativos.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

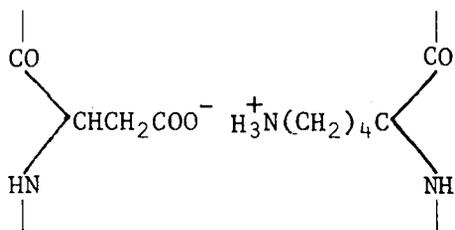
Los materiales estudiados en esta parte del trabajo fueron escama del pez corvina dorada y cuerno de vacuno, ambos adquiridos localmente. Los criterios para la selección de estos materiales fueron sus propiedades químicas de insolubilidad, su estructura con cierta similitud a las resinas sintéticas de intercambio tipo amonio cuaternario, fácil disponibilidad, y bajo costo. En lo referente a la composición química cabe destacar que estos materiales están formados prácticamente por queratina pura, motivo por el cual haremos una muy breve descripción de las propiedades de esta sustancia (4).

En esta parte del informe presentaremos lo referente a la absorción de cloro en función del tiempo, y la desorción en función del caudal que atraviesa el lecho fijo de una columna cargada con una masa determinada del material cargado con cloro.

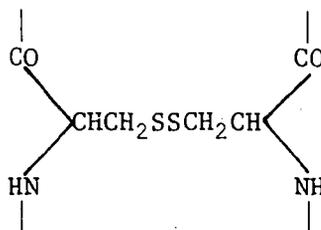
3. BREVE DESCRIPCION DE LAS QUERATINAS

Las queratinas son proteínas insolubles de los animales, derivados de las células del ectodermo. Ellas están incluidas en el material proteico estructural de la piel, así como los derivados biológicos que constituyen el pelo, la lana, las escamas, las plumas y sus cañones, las pezuñas, las uñas, los cuernos y la seda.

La red molecular de las queratinas está constituida por cadena de polipéptidos unidas entre sí por enlaces salinos entre los grupos terminales de los aminoácidos dibásicos y dicarboxílicos, y por enlaces covalentes S-S, como ocurre entre el ácido aspártico y la lisina, y en la cistina, respectivamente.



Enlace salino entre el ácido aspártico y la lisina

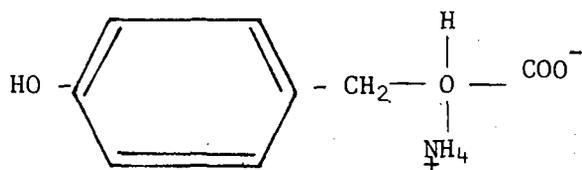


Enlace covalente S-S en la cistina

En las reacciones químicas de la molécula de queratina (aparte de la degradación por rotura del enlace péptido), intervienen las cadenas laterales reactivas y en particular los enlaces transversales. Con los ácidos se produce una combinación reversible y la reacción tiene lugar por la recomposición de los carboxilos, rompiéndose el enlace salino de la manera siguiente:



Los halógenos, tales como cloro y yodo, rompen el enlace disulfuro y forman compuestos de sustitución con otros componentes de la queratina, por ejemplo en el anillo de la tirosina, cuya estructura se asemeja a los grupos activos de las resinas de intercambio iónico tipo amonio cuaternario.



Aunque la composición de las queratinas varía con la especie animal y otros factores, es importante mencionar que los cuernos y uñas están formados fundamentalmente por queratinas que son proteínas duras y quebradizas, y que poseen un elevado contenido de cistina (hasta un 22%). Las escamas y plumas están formadas por queratinas más blandas y flexibles, las cuales no contienen cisteínas o cistina, pero son ricas en aminoácidos con cadenas laterales pequeñas, sobre todo glicocola, alanina y serina.

4. ABSORCION Y DESORCION DE CLORO

4.1 Por las escamas de pescado

Como se indica anteriormente, las escamas utilizadas fueron de corvina dorada y previo a su tratamiento con cloro se lavaron con alcohol y seccionaron en cuadritos de aproximadamente dos tamaños, 3 y 9 mm por lado. En algunos casos, las escamas fueron calentadas en agua hirviendo durante diez minutos. La densidad aparente promedio del material estudiado fue de 1.6 g/cm³.

La solución de cloro se preparó a partir de hipoclorito de calcio, obteniéndose soluciones de ácido hipocloroso cuyos pH estaban comprendidos entre 4 y 5.

4.1.1 Absorción

Para cargar las escamas con cloro, se pesó una determinada cantidad de este material, previamente seccionado y lavado, y se depositó en un frasco con tapa esmerilada, añadiéndose luego un volumen medio de la solución de cloro (HOCl) de concentración conocida. Igual volumen de la solución de cloro se colocó en otro frasco similar al primero, para utilizarlo como blanco. A determinados intervalos de tiempo se controló la concentración de la solución de cloro en contacto con las escamas, mediante titulación con tiosulfato, deduciéndose así la cantidad de cloro absorbido por la escama.

Los resultados que se presentan en la Tabla 8-1 corresponden al tratamiento de 6.45 g de escamas con cinco porciones consecutivas de solución de cloro. Después de finalizado el período de contacto con cada porción, se decantó el líquido y se añadió la nueva porción de solución de cloro. Los resultados de absorción para cada porción se indican con las letras A, B, C, D y E y corresponden a la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta porción respectivamente, indicándose la absorción para cada tiempo de contacto. Las condiciones de operación fueron:

Tipo de lavado de las escamas: alcohol y agua fría
Dimensiones de las partículas de escama: cuadrados aproximadamente de 4 mm por lado
Concentración de la solución de cloro: A = B = $7.25 \times 10^{-2}N$
C = D = $7.00 \times 10^{-2}N$, E = $6.00 \times 10^{-2}N$

Tabla 8-1

ABSORCION DE CLORO POR 6.45 g DE ESCAMAS

| Tiempo de contacto (minutos) | Miliequivalentes de cloro absorbido | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E |
| 2 | - | - | - | - | 0.25 |
| 4 | - | - | - | - | 0.73 |
| 6 | 1.10 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | 1.05 | - | 0.96 |
| 15 | - | 1.50 | - | - | - |
| 20 | 2.00 | - | - | 1.32 | - |
| 30 | 2.45 | 2.10 | 1.78 | - | 1.38 |
| 45 | - | - | - | 1.88 | - |
| 48 | - | - | 2.20 | - | - |
| 60 | 2.81 | 2.71 | - | 2.24 | 1.78 |
| 62 | - | - | 2.42 | - | - |
| 90 | - | 2.90 | - | 2.45 | 1.97 |
| 93 | - | - | 2.74 | - | - |

Total absorbido a las 7 horas 3 minutos de contacto = 12.87 miliequivalentes de cloro (1 miliequivalente = 17.73 mg de Cl₂).

Grado de absorción = 2.0 miliequivalente/g de escama
35.5 mg cloro/g de escama

En la Figura 8.1 se muestran las curvas de absorción correspondientes a los datos de la Tabla 8-1. Del estudio de estos gráficos se puede concluir que el grado de absorción depende de la concentración de cloro fijado en las escamas, es decir, la primera porción de solución de cloro causa una mayor absorción que la segunda, y así sucesivamente.

4.1.2 Desorción

Para esta prueba, se colocaron los 6.45 g de escama previamente cargados con cloro, en la columna de vidrio mostrada en la Figura 8.2, y se pasó agua de caño, a razón de 60 ml/minuto. Se colectaron los volúmenes de efluente indicados en la Tabla 8-2, tomándose de cada uno de ellos 20 ml para el análisis de cloro por el método colorimétrico del DPD, a excepción de la primera porción de 100 ml, de la cual se tomó 5 ml para el análisis.

Tabla 8-2

CONTENIDO DE CLORO EN EL EFLUENTE DE LA COLUMNA EMPAQUETADA CON
6.45 g DE ESCAMA CARGADA CON CLORO

| Porción de efluente coleccionado (litros) | Volumen de agua, pasado a través de la columna (litros) | ppm de cloro para cada porción de efluente |
|---|---|--|
| 0.1 | 0.1 | 11.0 |
| 0.5 | 0.6 | 3.0 |
| 1.0 | 1.6 | 1.6 |
| 1.0 | 2.6 | 1.1 |
| 1.0 | 3.6 | 0.7 |
| 1.0 | 4.6 | 0.6 |
| 1.0 | 5.6 | 0.4 |
| 1.0 | 6.6 | 0.4 |
| 1.0 | 7.6 | 0.35 |

De los datos presentados en la Tabla 8-2 se puede apreciar que las primeras porciones de agua pasadas a través de la columna arrastran una mayor cantidad de cloro, posiblemente el cloro fijado en las zonas externas de las partículas de escama, posteriormente las variaciones son menos pronunciadas y parecerían ser controladas por un gradiente difusional de concentración.

En la Figura 8.3 se muestra la curva de desorción correspondiente a los datos de la tabla 8-2.

4.2 Por la parte queratinosa de cuernos de res

Primeramente, el material queratinoso integral (capa exterior, media e interna) fue lavado con detergente para desengrasarlo y luego se sometió a uno de los siguientes tratamientos:

Una porción del material lavado se cortó en cuadrados pequeños de aproximadamente 2 a 3 mm de lado, y luego se lavó con pequeñas porciones de alcohol (material E).

Otra porción del material lavado fue hervido durante 15 minutos y luego una parte se cortó en cuadrados de aproximadamente 2 a 3 mm de lado (material B) y la otra fue seccionada en laminillas, y luego recortadas en cuadraditos de aproximadamente 1 a 2 mms de lado (material G). Ambos materiales F y G también se sometieron a lavado con alcohol.

4.2.1 Absorción

Para cargar con cloro los materiales E, F y G se les sometió al siguiente tratamiento:

- a) Se pesó 2 g del material (E, F ó G).
- b) Se puso en contacto el material con 100 ml de una solución de HOCl de concentración conocida, obtenida a partir del $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ en frascos con tapa esmerilada.
- c) Se tomó alícuotas de 2 ml cada vez a diferentes tiempos y se titularon con una solución valorada de tiosulfato de sodio. De los datos obtenidos se estableció la correspondiente curva de absorción.
- d) Después de finalizado el período de contacto (tres horas) se decantó la solución remanente, quedando el material listo para ser sometido a la prueba de desorción (descarga) excepto el material G que fue sometido a una segunda absorción. En la Tabla 8-3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 8-3

ABSORCION DE CLORO POR EL MATERIAL QUERATINOSO (CUERNOS)

| Tiempo de contacto (minutos) | Miliequivalentes de cloro absorbido | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| | Material E | Material F | Material G | |
| | | | 1° absorción | 2° absorción |
| 1 | 2.635 | 0 | 1.6900 | 0.4800 |
| 5 | 2.871 | 0.2597 | 4.2968 | 1.9010 |
| 10 | 3.643 | 0.7013 | 6.6104 | 2.5922 |
| 15 | 4.249 | 0.8893 | 8.6689 | 2.8272 |
| 30 | 4.861 | 1.5931 | 11.9988 | 4.6028 |
| 45 | 5.867 | 2.0116 | 12.8628 | 6.1238 |
| 60 | -- | 2.3240 | 15.6264 | 6.5462 |
| 90 | 6.189 | 3.1498 | 17.4726 | 8.9542 |
| 120 | 7.314 | 3.5738 | 17.4926 | 10.2562 |

Nota: para el cálculo de los miliequivalentes de cloro absorbido se hizo la corrección con un blanco.

Las condiciones de pH y concentración del HOCl utilizado para obtener los datos del cuadro anterior fueron:

Material E: concentración de HOCl = 0.2872 miliequivalentes/ml
pH inicial = 4.5 (antes de iniciar la absorción)
pH final = 4.07 (después de finalizar la absorción)

Material F: concentración de HOCl = 0.1495 miliequivalentes/ml
 pH inicial = 4.0
 pH final = 3.12

Material G: Primera absorción (G-1)
 concentración del HOCl = 0.0246 miliequivalentes/ml
 pH inicial = 4.5
 pH final = 1.45

Segunda absorción (G-2)
 concentración del HOCl = 0.2146 miliequivalentes/ml
 pH inicial = 4.4
 pH final = 2.5

De la curva mostrada en la Figura 8.4 y que corresponde a los datos de la Tabla 3-8, se puede deducir que el grado de absorción depende de la concentración de HOCl y también del tamaño de la partícula de material. Se produce una mayor absorción cuando la partícula es pequeña.

4.2.2 Desorción

Para esta prueba se colocaron los 2.0 g del material G, previamente cargado con cloro, en la columna de vidrio -mostrada en la Figura 8.2. Luego se pasó agua destilada a través de la columna a razón de 50 ml/minuto. Las muestras tomadas para el análisis de cloro fueron los 20 ml posteriores, a los volúmenes de agua pasados por la columna que se indican en la Tabla 8-4.

Los resultados muestran un comportamiento final al obtenido con escama de pescado, aunque con la ventaja de que con la caída de concentración, el efluente -en función del volumen pasado a través de la columna- es mucho menor, favoreciendo así el mantenimiento de una concentración de residual importante.

La Figura 8.5 muestra la curva correspondiente a la Tabla 8-4.

Tabla 8-4
 CONTENIDO DE CLORO EN EL EFLUENTE DE LA COLUMNA
 EMPAQUETADA CON 2 g DE MATERIAL QUERATINOSO

| Porción efluente colectado (lt) | Volumen de agua pasado a través de la columna (litros) | ppm de Cl para cada porción de efluente |
|---------------------------------|--|---|
| 0.5 | 1.0 | 0.98 |
| 0.5 | 1.5 | 0.87 |
| 0.5 | 2.0 | 0.75 |
| 0.5 | 2.5 | 0.77 |
| 0.5 | 3.0 | 0.63 |
| 0.5 | 3.5 | 0.63 |
| 0.5 | 4.0 | 0.63 |
| 0.5 | 4.5 | 0.54 |
| 0.5 | 5.0 | 0.41 |
| 0.5 | 5.5 | 0.63 |
| 0.5 | 6.0 | 0.58 |
| 0.5 | 6.5 | 0.52 |
| 0.5 | 7.0 | 0.48 |
| 0.5 | 7.5 | 0.32 |
| 0.5 | 8.0 | 0.30 |
| 0.5 | 8.5 | 0.20 |
| 0.5 | 9.0 | 0.18 |
| 0.5 | 9.5 | 0.29 |
| 0.5 | 10.0 | 0.26 |

5. DESARROLLO DEL TRABAJO Y RESULTADOS EXPERIMENTALES EN LA ABSORCION Y DESORCION DE YODO

5.1 Por resinas de intercambio iónico

En esta parte del trabajo, se ha experimentado la absorción y desorción del halógeno yodo (bajo la forma de I_3^-) por resinas sintéticas de intercambio aniónico fuertemente básica. Antes de exponer los resultados obtenidos, presentaremos a continuación una breve descripción de las resinas de intercambio iónico.

Las resinas de intercambio iónico son sustancias naturales o sintéticas que tienen la propiedad de permutar reversiblemente un ión contenido en ella, con cantidades equivalentes de iones del mismo signo contenidos en una solución con la cual toma contacto. Las resinas que intercambian iones positivos se denominan catiónicas y las que intercambian iones negativos, aniónicas. Las resinas sintéticas de intercambio ofrecen muchas ventajas sobre las naturales por lo que en los procesos de intercambio actualmente sólo se usan las primeras.

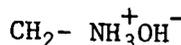
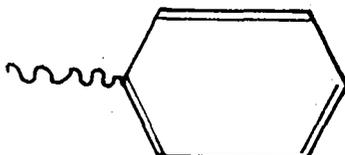
Ordinariamente, los procesos de intercambio iónico con resinas se aplican para la separación de iones contenidos en una solución, con el fin de eliminarlos como ocurre en la "desmineralización" del agua, o para concentrar alguna sustancia que se encuentra muy diluída en una solución, como es el caso de recuperación de elementos valiosos de los desagües industriales, etc.

La estructura de una resina sintética de intercambio iónico presenta un esqueleto básico denominado "matriz" a la cual se liga directamente un grupo químico denominado "grupo activo". La matriz está formada por una sustancia de alto peso molecular, frecuentemente orgánica, de estructura tridimensional la cual condiciona la insolubilidad del intercambiador. Los grupos activos del intercambiador están formados a su vez por un ión fijo fuertemente ligado a la matriz y un contra-ión, electrostáticamente ligado al ión fijo, reversiblemente intercambiable. A diferencia del ión fijo, el contra-ión no está ligado a la matriz.

Dado que en nuestro trabajo hemos utilizado resinas sintéticas de intercambio aniónico fuertemente básicas, en adelante vamos a referirnos específicamente a este tipo de resinas.

Estructura química de las principales resinas aniónicas fuertemente básicas

Este tipo de resinas intercambiadoras tienen una matriz de poliestireno y grupos activos de amonio cuaternario (NR_3^+) con contra-iones OH^- ó Cl^- , los mismos que pueden intercambiarse con aniones tales como F^- , Br^- , I^- , NO_3^- , etc.



En el caso de nuestro trabajo, el intercambio se ha efectuado con iones triyoduro (I_3^-). Físicamente, estas resinas se presentan al estado sólido en forma de diminutas esferas cuyo diámetro varía ordinariamente, entre 0.1 y 2.0 mm y con una densidad entre 0.65 y 0.90 g/ml.

Se ha utilizado dos marcas diferentes de resina de intercambio aniónico, ambas fuertemente básicas. Las características especificadas para estas resinas son las siguientes:

Resina Dowex 2-X8

Capacidad total de intercambio (base húmeda): 1.7 mEq/ml
Capacidad total de intercambio (base seca) : 4.7 mEq/mg
Humedad: 41%
Granulometría: 20 - 50 m la ASTM
Ión fijo: NR_3^+
Contra-ión: Cl^-

Resina Lewatit M600

Capacidad total de intercambio: 3.0 m Eq/g
Granulometría: 60-150 malla ASTM
Tamaño de partícula: 0.1 - 0.25 mm
Densidad: 0.67 - 0.78 g/ml
Ión fijo: NR_3^+
Contra-ión: Cl^-

Absorción de yodo por las resinas

Antes de someter las resinas al proceso de absorción del halógeno, se regeneraron con solución de NaCl al 6% con la finalidad de activarlas y llevarlas a la forma de cloruro.

En el proceso de absorción (carga) de las resinas con yodo se utilizó soluciones acuosas de triyoduro. Se emplearon dos métodos: 1) inmersión de la resina en un determinado volumen de la solución del halógeno; y 2) reciclado de pequeñas porciones de la solución del halógeno a través de la resina contenida en una columna, a un caudal determinado.

Saturación por el método de inmersión

Se pesó 1 g de resina y se le agregó 100 ml de solución de triyoduro cuyas concentraciones fueron de 12.63 g de I_2 por litro para el caso de la resina Dowex 2 - X₈ y de 11.99 g de I_2 por litro para el caso de la resina Lewatit M 600. Se controló en cada caso el tiempo de permanencia de contacto entre la solución y la resina. Los resultados se muestran en las Tablas 8-5 y 8-6.

Tabla 8-5
SATURACION DE RESINA DOWEX 2 - X₈, CON SOLUCION DE TRIYODURO

| Tiempo | g de I ₂ /100 ml solución * | g de I ₂ fijado/g de resina |
|------------|---|---|
| 0 minutos | 1.263 | ----- |
| 3 minutos | 1.101 | 0.162 |
| 12 minutos | 1.036 | 0.227 |
| 25 minutos | 0.972 | 0.291 |
| 1 hora | 0.842 | 0.421 |
| 4 horas | 0.648 | 0.615 |
| 19 horas | 0.370 | 0.893 |
| 22 horas | 0.365 | 0.898 |
| 28 horas | 0.360 | 0.903 |
| 48 horas | 0.360 | 0.903 |

(*) la concentración de I₂ se determinó por titulación volumétrica con solución de tiosulfato de sodio 0.102N.

Tabla 8-6
SATURACION DE RESINA LEWATIT M 600 CON SOLUCION DE TRIYODURO

| Tiempo | g de I ₂ /100 ml solución * | g de I ₂ fijado/g de resina |
|--------------|---|---|
| 0 minutos | 1.199 | ----- |
| 13 minutos | 0.959 | 0.240 |
| 25 minutos | 0.899 | 0.300 |
| 2 horas | 0.799 | 0.480 |
| 4 horas | 0.617 | 0.582 |
| 4 h. 39 min. | 0.599 | 0.600 |
| 8 h. 14 min. | 0.510 | 0.689 |
| 15 horas | 0.390 | 0.809 |
| 19 horas | 0.360 | 0.839 |
| 23 horas | 0.349 | 0.850 |
| 39 horas | 0.318 | 0.881 |
| 66 horas | 0.318 | 0.881 |

(*) la concentración de I₂ se determinó por titulación volumétrica con solución de tiosulfato de sodio 0.102N.

En la Figura 8.6 se presentan las gráficas de los datos de fijación de I₂ vs tiempo de las Tablas 8-5 y 8-6. De los resultados obtenidos se deduce que para ambas resinas (las cuales son químicamente similares) la capacidad total promedio es de 0.892 g de I₂/g de resina, o sea 7.02 mequiv. de I₂/g de resina (1 miliequivalente de I₂ = 127 mg).

Saturación por reciclado a través de columna

Se preparó un lecho fijo de 1 g de resina Lewatit M 600, en una columna de vidrio de 1.5 cm de diámetro, provista de una llave de descarga (ver Figura 8.2), y se pasó a través del empaquetado porciones de 5 ml de solución de triyoduro a un caudal de 16 ml/minuto, haciendo recircular cada porción un determinado

do número de veces. La concentración de solución de triyoduro fue de 11.99 g I₂/ℓ. Después de determinado número de recirculaciones, para cada porción de solución, se determinó la concentración de yodo en el efluente de la columna y de ella se dedujo la cantidad de yodo fijado por la resina, tal como se muestra en la Tabla 8-7.

Tabla 8-7
MILIGRAMOS DE I₂ FIJADO POR LA RESINA PARA CADA PORCION DE SOL. DE I₃⁻

| Porciones de 5 ml de sol. de I ₃ ⁻ | Nº de recicladas por la columna | Mg de I ₂ en el último afluente | Mg de I ₂ fijado por 1 g de resina |
|--|---------------------------------|--|---|
| Primera | 16 | 0.003 | 59.947 |
| Segunda | 27 | 0.005 | 59.945 |
| Tercera | 23 | 0.038 | 59.912 |
| Cuarta | 27 | 0.055 | 59.895 |
| Quinta | 31 | 0.070 | 59.880 |
| Sexta | 38 | 0.155 | 59.795 |
| TOTAL | 162 | 0.326 | 359.374 |

Tomando en cuenta que se ha trabajado a un flujo de 16 ml/minuto, las 162 recicladas han consumido aproximadamente 51 minutos. Durante este tiempo, en el método de inmersión, 1 g de resina fija 390 mg de I₂, lo cual nos muestra que para este nivel de fijación de yodo, el método de inmersión resulta más eficiente que el de reciclado en columna.

Es oportuno anotar que para la determinación del yodo en el último efluente de la recirculación de cada porción de solución, se ha usado el método colorimétrico de DPD.

Desorción (desprendimiento) de yodo por las resinas previamente saturadas

Para probar la desorción de yodo por la resina cargada con yodo se prepararon columnas con lecho fijo de resinas pasándose a través de ellas diferentes volúmenes de agua destilada.

En esta prueba se usaron las mismas columnas que se utilizaron para saturar las resinas.

En la Tabla 8-8 se muestran los resultados correspondientes a un grano de resina con una carga de yodo equivalente a 0.903 gramos, recientemente preparada.

Tabla 8-8
VARIACION DEL YODO LIBERADO EN FUNCION DEL VOLUMEN DE AGUA PASADO A TRAVES DEL LECHO, A UN CAUDAL DE 40 ml/min

| Volumen de agua pasado a través de la columna (litros) | ppm de I ₂ en el efluente |
|--|--------------------------------------|
| 0.400 | 5.0 |
| 0.650 | 5.0 |
| 1.700 | 5.0 |
| 5.500 | 5.0 |
| 10.100 | 4.8 |
| 15.200 | 4.8 |

Como se puede apreciar de la tabla anterior, la concentración de yodo prácticamente no se modifica después de pasar 15 litros de agua a través de un gramo de resina saturada de yodo. Esto se justifica si consideramos que un gramo de resina saturada tiene una carga de yodo, aparentemente disponible, de 0.903 g de I₂ y como el efluente arrastra aproximadamente 5 mg por cada litro, los 15 litros pasados a través de la columna, sólo habrán removido 75 mg, quedando aún en la resina 828 mg de I₂, es decir aproximadamente el 91% de la cantidad inicial.

También se ha determinado la variación de la concentración de yodo en el efluente en función del caudal establecido para la prueba, para los dos primeros litros pasados a través de la columna. Los resultados promedios para ocho pruebas se muestran en la Tabla 8-9.

Tabla 8-9

PPM DE YODO EN LOS 2 PRIMEROS LITROS DE EFLUENTE DE LA COLUMNA
PARA TRES CAUDALES DIFERENTES

| No. pruebas | Flujo (ml/minuto) | ppm de yodo en el efluente |
|-------------|-------------------|----------------------------|
| 3 | 40 | 5.0 |
| 2 | 16 | 6.6 |
| 3 | 9 | 8.5 |

Prueba de la efectividad desinfectante de las resinas cargadas con yodo (triyoduro)

Para esta prueba se utilizó una columna con 4.0 gramos de resina cargada con triyoduro, pero en vía de agotamiento ya que sólo liberaba 0.20 ppm de yodo, para un caudal de 15 ml/minuto. Consideramos que ésta sería una condición crítica de trabajo para la resina. Con el fin de conocer el propio efecto de la resina pura (sin yodo) sobre los microorganismos, se preparó una segunda columna con resina libre de yodo. El arreglo experimental para esta prueba se muestra en la Figura 8-7.

Una muestra de agua contaminada con coliformes cuyo N.M.P. por 100 ml era de 7,900, fue pasada tanto a través de la columna con resina cargada con yodo como a través de la columna que contenía 4.0 g de resina pura. La prueba se repitió con otra muestra cuyo N.M.P. por 100 ml era de 7,000. Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 8-10.

Tabla 8-10

EFFECTIVIDAD DESINFECTANTE DE LAS RESINAS

| Prueba No. | N.M.P. por 100 ml | | |
|------------|-----------------------------|--|---|
| | Muestra de agua contaminada | Efluente de la columna con resina pura | Efluente de la columna con resina cargada |
| 1 | 7,900 | 7,900 | 0(24/48 horas) |
| 2 | 7,000 | ----- | 0(24/48 horas) |

La tabla anterior nos muestra que concentraciones de yodo tan bajas como 0.20 ppm, pueden ejercer una buena acción desinfectante, y que la resina por sí sola no tiene acción bactericida, como era de suponer.

5.2 Por escamas de pescado

Absorción

Debido a que el comportamiento de absorción de halógeno por el material escama de pescado ya se ha comprobado a través de la absorción de cloro, se consideró innecesario repetir esta prueba para yodo, máxime que la razón de absorción depende de la concentración del halógeno y de las dimensiones de la partícula, entre otros factores. Para cargar las escamas de pescado con yodo se puso en contacto 4 gramos de escamas seccionadas en cuadraditos de aproximadamente 3 mm de lado, con 89 ml de una solución de yodo (bajo la forma de I_3^-) con una concentración de 0.053 miliequivalentes/ml durante 48 horas, habiéndose obtenido una absorción de 226.1 mg de yodo, es decir un grado de absorción de 56.5 mg de I_2 /g de escamas.

Desorción

Los 4 g de escama previamente cargadas con yodo se colocaron en la columna de vidrio mostrada en la Figura 8.2, se enjuagó con 100 ml de agua destilada, y luego se pasó a través de ella, agua de caño a un caudal de 55 ml/minuto. Se colectaron por separado los volúmenes indicados en la Tabla 8-11 tomándose de cada uno de ellos 10 ml para determinar su concentración de yodo.

Tabla 8-11

CONTENIDO DE CLORO EN EL EFLUENTE DE LA COLUMNA EMPAQUETADA
CON 4 g DE ESCAMA CARGADA CON YODO

| Porción de efluente colectado (litros) | Volumen de agua pasado a través de la columna (litros) | ppm de yodo en cada porción de efluente |
|--|--|---|
| 0.1 | 0.1 | 14.0 |
| 0.5 | 0.6 | 3.9 |
| 0.5 | 1.1 | 2.5 |
| 1.0 | 2.1 | 1.9 |
| 0.5 | 2.6 | 1.6 |
| 0.5 | 3.1 | 1.4 |
| 0.5 | 3.6 | 1.1 |
| 0.5 | 4.1 | 1.0 |
| 0.5 | 4.6 | 0.9 |
| 0.5 | 5.1 | 0.8 |
| 0.5 | 5.6 | 0.7 |
| 0.5 | 6.1 | 0.6 |
| 0.5 | 6.6 | 0.6 |
| 0.5 | 7.1 | 0.5 |

Como puede apreciarse de la tabla anterior, la concentración de yodo en el efluente disminuye más drásticamente que en el caso de las resinas de intercambio, pero a pesar de ello mantiene un residual apreciable, ya que según los estudios de efectividad efectuados con las resinas, aun concentraciones del orden de 0.2 ppm muestran una buena acción desinfectante.

En la Figura 8.8 se muestra la curva obtenida con los datos de la Tabla 8-11.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio químico efectuado muestra las posibilidades de utilizar materiales queratinosos tales como las escamas de pescado, cuernos de res, etc. como medio de absorción de cloro (+1) para luego cederlo como cloro activo al agua que se pone en contacto con ella. Esto posibilitará el diseño de columnas de lecho fijo, u otro dispositivo, con el fin de desinfectar el agua destinada al consumo humano, especialmente en las áreas rurales. El bajo costo de los materiales estudiado, es otro de los factores que hace atractivo continuar investigando con el fin de optimizar los resultados.

También es muy recomendable estudiar el efecto del tiempo de almacenaje, sobre la carga de halógeno fijado tanto en la resina como en el material queratinoso, con el fin de establecer la forma de envase y almacenaje más apropiada.

A pesar de que el halógeno yodo tiene un costo mayor al del cloro, su excelente propiedad bactericida, en algunos casos superior a la del cloro (como en el caso de los quistes de endoameba histolítica) así como la facilidad para cargar tanto resinas como materiales queratinosos, hacen recomendable su consideración como una alternativa para usarlo en reemplazo del cloro. Además, es importante tener en cuenta que el yodo no forma los compuestos aminados que forma el cloro y que ocasionan la disminución de su propiedad desinfectante y la presencia de sabores desagradables en el agua tratada.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Edgar J. Dewar y Morris Wayman. Fixed Resin bed chlorination of water. Journal of the Sanitary Engineering Division, p. 11-21 (Feb. 1972).
2. S.L. Taylor, L.R. Fina y J.L. Lambert. New water desinfectant: an Insoluble Quaternary Ammonium Resin Triiodine Combination Releases Bactericide on Demand. Applied Microbiology, p. 720-722 (Nov. 1970).
3. Programa Regional OPS/HPE/CEPIS de Mejoramiento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Seminario sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales. Lima, 4-8 de julio de 1983.
4. Albert L. Lehninger. Bioquímica: las bases moleculares de la estructura y función celular. Ediciones Omega S.A. (1978).

8. ANEXO

DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DE YODO CON EL REACTIVO DPD

8.1 Discusión general

El método se basa en la instantánea reacción del DPD con el yodo, en ausencia de cloro, produciéndose una coloración roja cuya máxima absorción se presenta a 515 nm.

Para obtener resultados exactos es necesario controlar cuidadosamente el pH, el cual debe estar entre 6.2 a 6.5 unidades.

La interferencia más significativa la presenta el manganeso, la misma que puede ser controlada por el uso de arsenito de sodio.

8.2 Aparatos

Equipo colorimétrico: se requiere uno de los siguientes:

- a. Espectrofotómetro - para operarse a una longitud de onda de 515 nm, provisto de celdas de 1 cm ó 1/2 pulg. de paso de luz.
- b. Fotómetro de filtro - equipado con un filtro con una máxima transmisión en el rango de longitudes de onda de 490 a 530 nm y provisto de celdas de 1 cm ó 1/2 pulg. de paso de luz.

8.3 Reactivos

- a. Solución buffer de fosfato - disolver 24 g de Na_2HPO_4 y 46 g de KH_2PO_4 , anhidros, en unos 500 ml de agua bidestilada, en una fiola de un litro. Disolver 800 mg de etilendiamino tetraacetato disódico dihidratado (EDTA) en unos 100 ml de agua bidestilada y añadirlo a la solución anterior y completar el volumen a un litro con agua bidestilada.
- b. Solución indicadora de N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) - disolver 1.1 g de sulfato de DPD anhidro en agua bidestilada conteniendo 8 ml de H_2SO_4 1 a 3 y 200 mg de EDTA. Llevar a un litro y almacenar en un frasco ambar con tapa de vidrio esmerilada. Descartar esta solución cuando se decolore.
- c. Solución patrón de yodo - prepare una solución yodo-yodurada que contenga 0.300 mg de I_2/ml .

8.4 Preparación de la curva de calibración

Preparar, por dilución de la solución patrón de yodo, una solución que contenga 0.30 microgramos de I_2 por mililitro.

En nueve fiolas de 50 ml numeradas del 1 al 9, medir 2.5 ml de la solución buffer de fosfato. Añadir a la fiola No. 1, 2.5 ml de la solución DPD e inmediatamente completar el volumen a 50 ml con agua bidestilada. Esta solución constituye el blanco de reactivos.

A la fiola No. 2, también añadirle 2.5 de la solución de DPD e inmediatamente un mililitro de la solución diluída de yodo. Después de transcurridos tres minutos leer inmediatamente la transmitancia a 515 nm, en una celda de 0.5 pulg., contra el blanco de reactivos balanceado a 100% T.

Proceder de manera similar con las demás fichas añadiéndoles las correspondientes alícuotas de la solución diluída de yodo.

8.5 Análisis de una muestra

Medir en una fiola de 50 ml., 2.5 ml de solución buffer de fosfatos, 2.5 ml de la solución de DPD, e inmediatamente añadir un volumen apropiado de muestra (no mayor a 40 ml), completando el volumen con agua bidestilada. Controlar cuidadosamente el tiempo de desarrollo de color y leer la transmitancia a los tres minutos exactamente.

La concentración de I_2 se deduce de la curva previamente preparada.

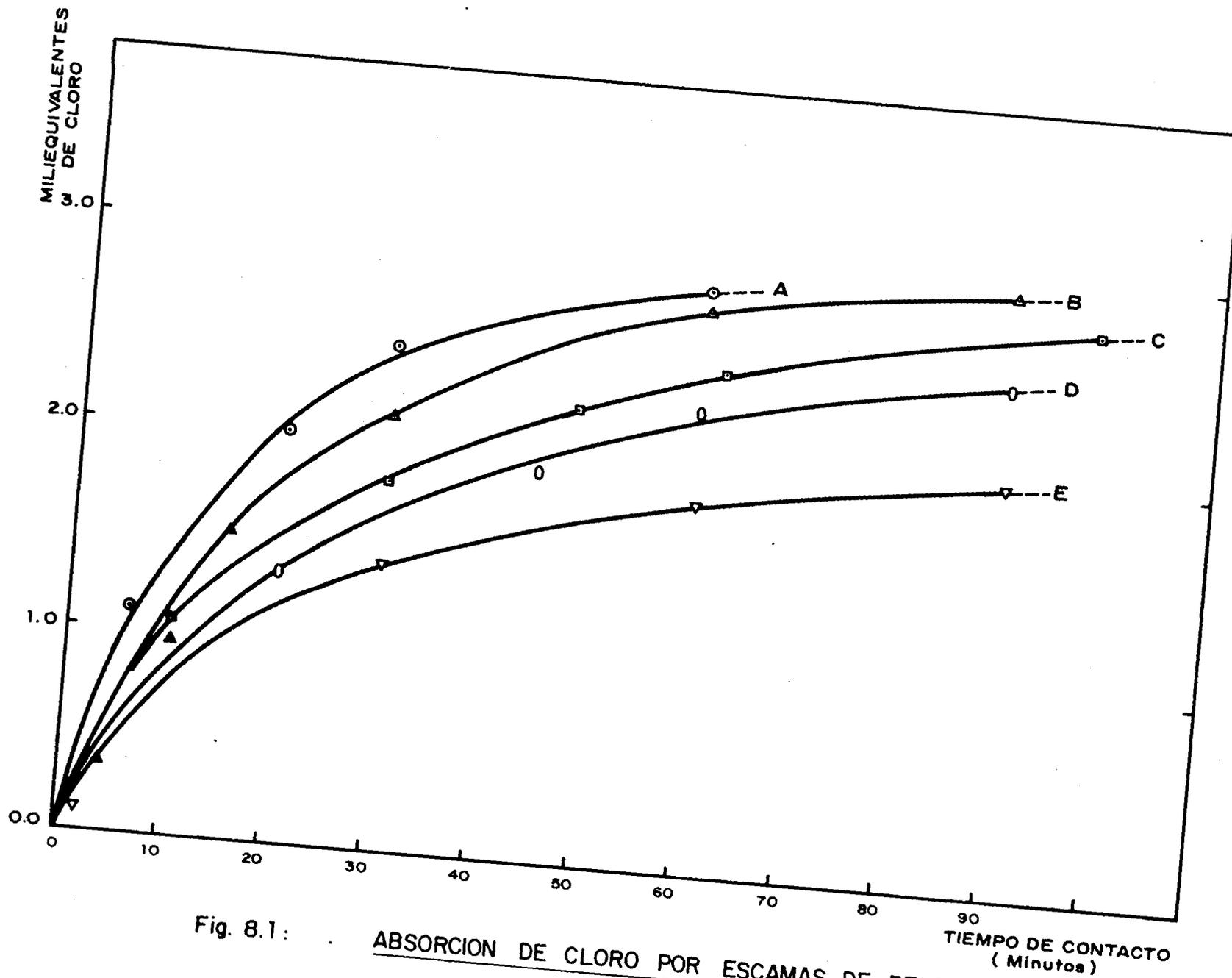


Fig. 8.1: ABSORCION DE CLORO POR ESCAMAS DE PESCADO

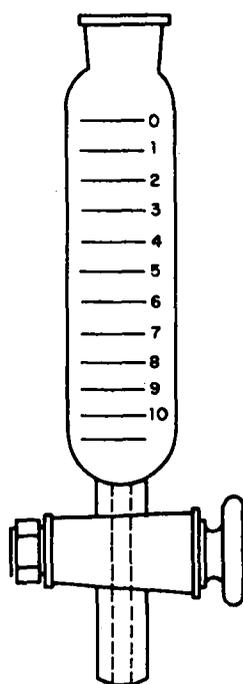


Fig. 8.2 : COLUMNA DE ENSAYO

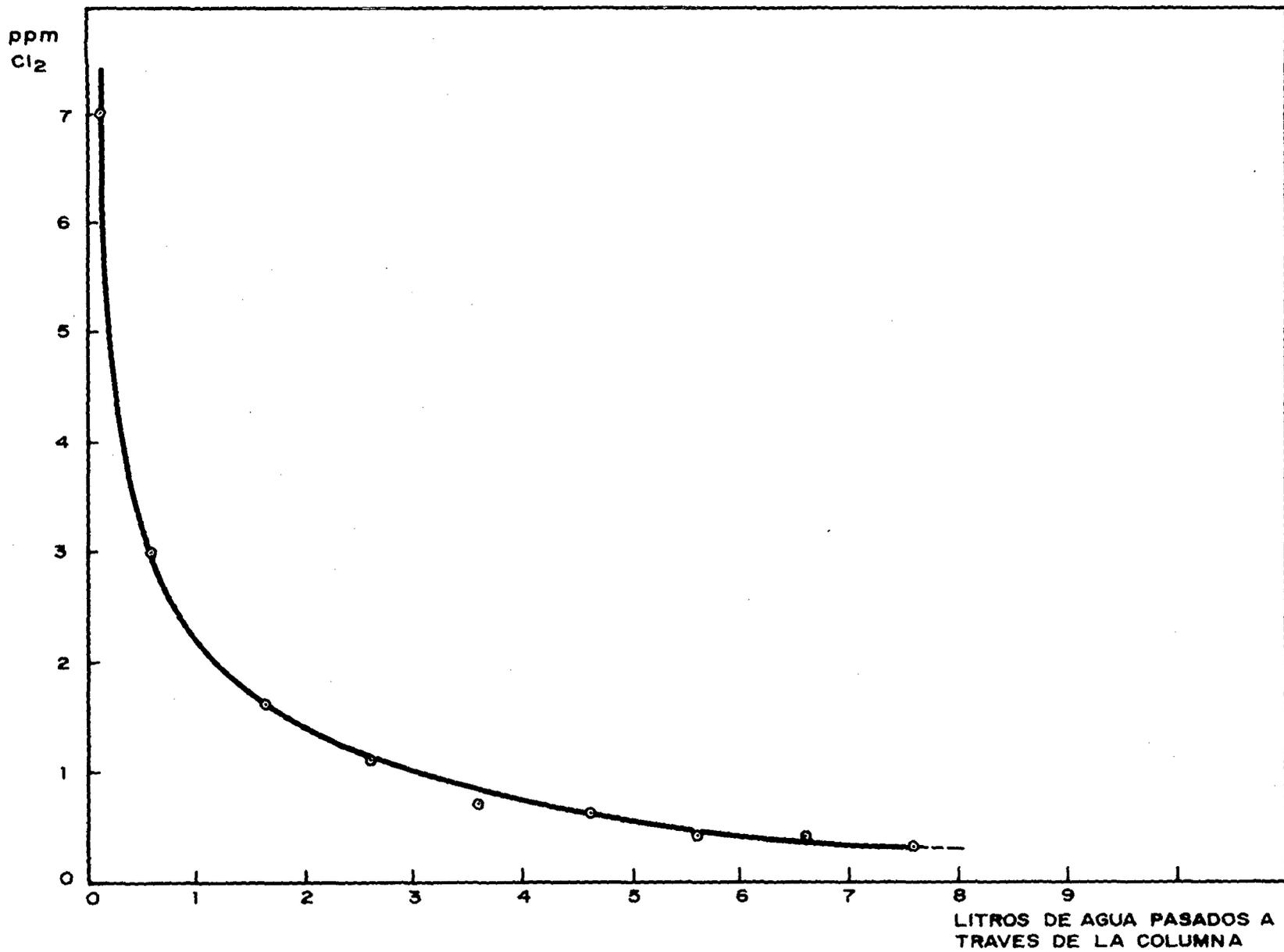


Fig. 8.3: DESORCION DE CLORO - ESCAMAS DE PESCADO

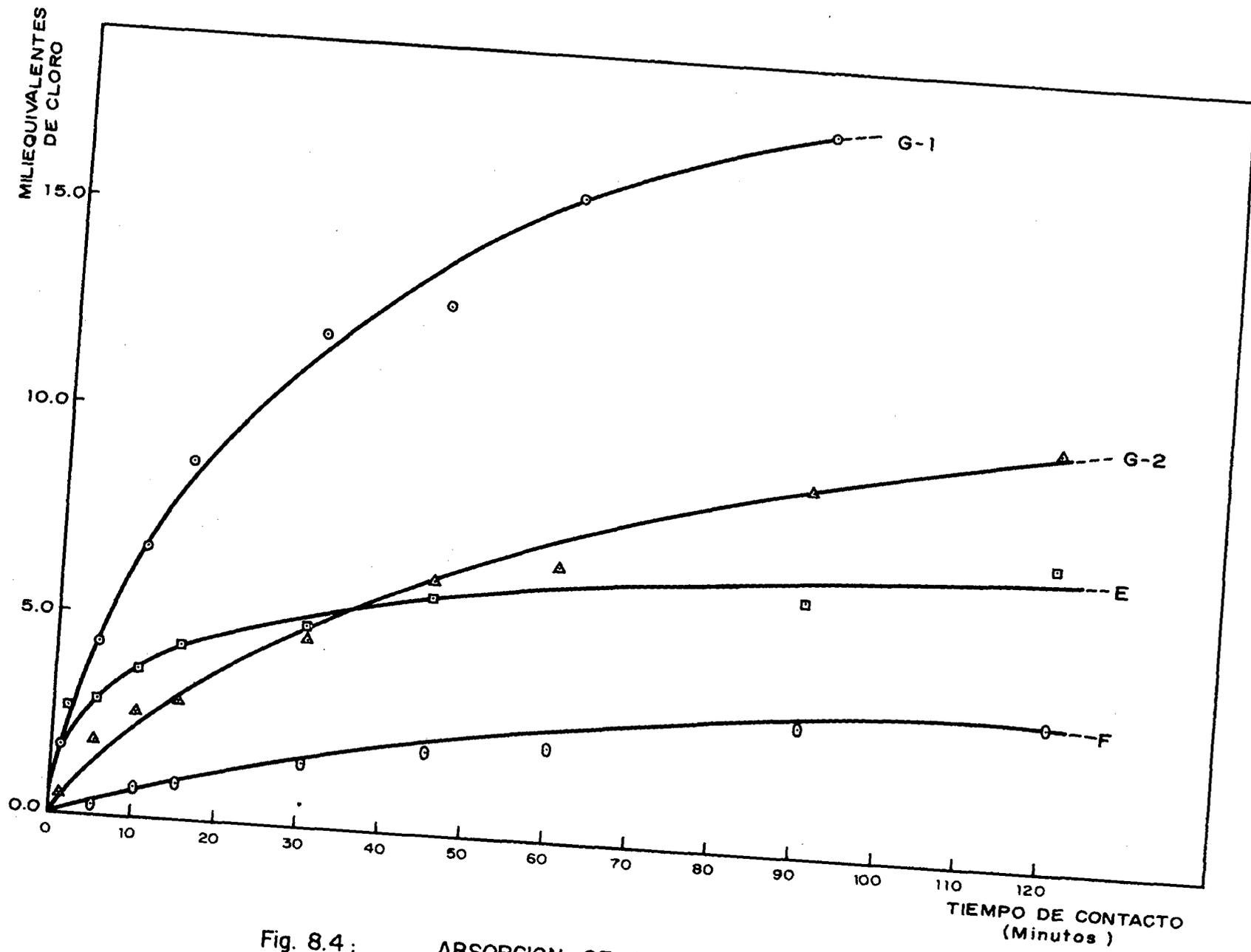


Fig. 8.4: ABSORCION DE CLORO - CUERNOS DE RES

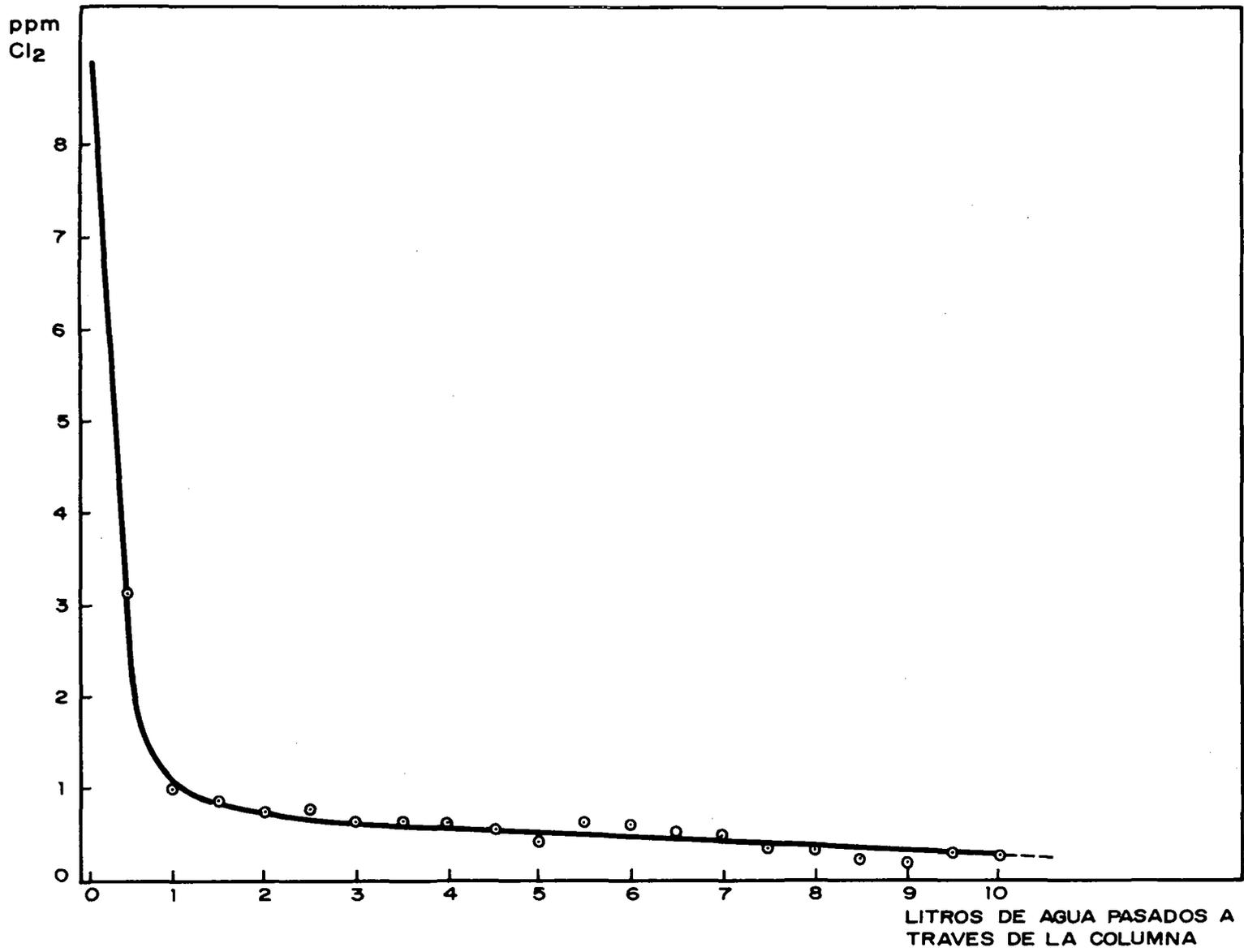


Fig. 8.5 : DESORCION DE CLORO - CUERNOS DE RES

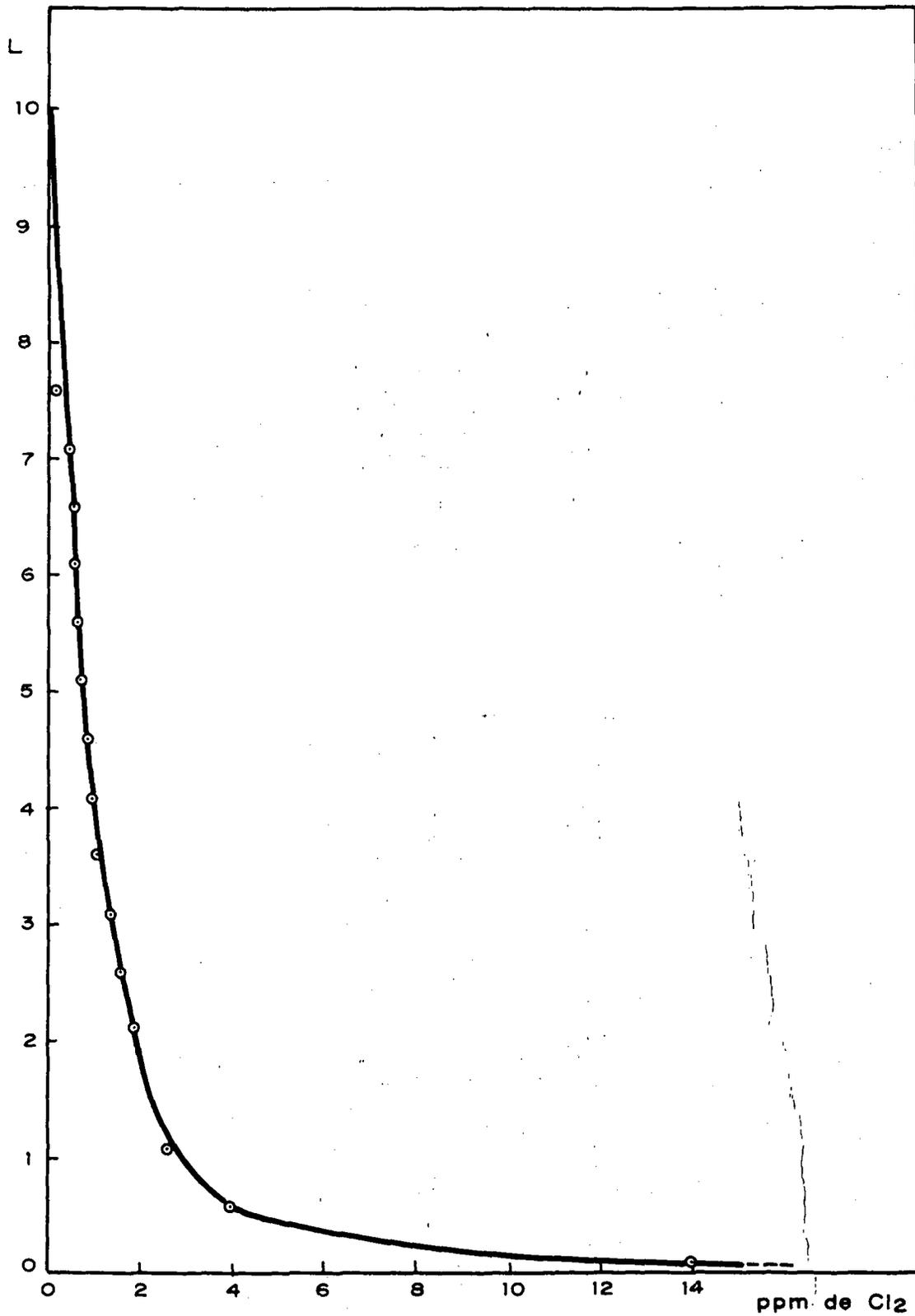


Fig. 8.8:

DESORCION DE YODO

Estudio de producción in situ de hipoclorito

T. Kien Tjiook - IRC/OMS

El Centro de Referencia Internacional para Abastecimiento de Agua y Saneamiento - International Reference Centre (IRC) está llevando a cabo un proyecto de promoción tecnológica para producir localmente desinfectantes para pequeños abastecimientos de agua (producción in situ de hipoclorito). Este estudio comprende ensayos de laboratorio e investigaciones de campo. Colabora en este estudio la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica.

El objetivo de este programa es ayudar a los gobiernos en la implementación de los planes nacionales para lograr las metas de la Década Internacional del Agua y el Saneamiento; lograr un sustancial mejoramiento en el aprovisionamiento de agua segura y provisión de saneamiento básico para el año 1990. De acuerdo con las estimaciones de la OMS, más de 2,000 millones de personas en los países en desarrollo necesitan mejorar estos servicios.

El estudio se inicia con un inventario de los procesos, técnicos y equipos existentes.

Importantes y básicas características de los equipos son:

- operación adecuada
- bajo costo de capital
- buena eficiencia
- pequeña capacidad (un equivalente de 1 a 10 kg de cloro por día)
- uso de repuestos estandarizados

¿Por qué producción in situ de hipoclorito?

En un reciente seminario interregional de control de la calidad de agua de pequeños abastecimientos, organizado por la OMS (Bangkok, diciembre de 1982), se enfatizó la importancia de las características bacteriológicas de tales sistemas. Entre las medidas preventivas y correctivas se identificaron: protección de fuentes y sistemas y uso de desinfectantes.

En la historia del aprovisionamiento del agua, la desinfección con cloro ha sido un significativo proceso para mantener la buena calidad bacteriológica y asegurar la protección contra enfermedades entéricas.

Es todavía un reconocido proceso, el cual se utiliza en el aprovisionamiento de agua segura, especialmente en países en desarrollo.

El cloro y productos con contenido de cloro son manufacturados en industrias químicas especializadas. Los largos períodos de transporte hasta los usuarios, especialmente de cloro, crean problemas potenciales para el medio ambiente y la salud, requiriéndose estrictas regulaciones de seguridad.

La producción in situ del desinfectante requerido haría que este abastecimiento vulnerable de cloro sea innecesario, también se limitaría el almacenamiento de grandes cantidades para uso directo.

El abastecimiento regular de químicos a remotas comunidades rurales es usualmente dificultoso de mantener, debido a razones tales como: deficiencia de fondos o disponibilidad de moneda extranjera; complicados procedimientos de importación; problemas de transporte; inadecuados sistemas de distribución; etc. Problemas todos inherentes a muchos países en desarrollo.

La preparación in situ parece ser una buena solución si se pueden minimizar los problemas de operación y mantenimiento, y muchos de los problemas relacionados con la lejanía de las comunidades con la sede del gobierno, pueden ser minimizados. La Unión Soviética ha sido pionera en el uso de este tipo de unidades de desinfección para abastecimientos de agua de tipo rural. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica también ha auspiciado la ejecución de este tipo de estudios.

El hipoclorito de sodio ampliamente utilizado para desinfección en muchos países, puede ser preparado por electrolisis de una solución salina. Los materiales necesarios para el proceso son: sal común (generalmente disponible para alimentación) agua y electricidad, la cual si fuera necesario, puede ser generada por métodos alternos incluyendo energía solar y/o eólica.

La producción de equipos y materiales con recursos locales disponibles fue recomendada en la Conferencia de la ONU sobre el Agua (1977), como una contribución a un autodesarrollo dentro del contexto de la Década Internacional del Agua y el Saneamiento.

Comercialmente, existen disponibles unidades de producción de hipoclorito in situ, pero aún tiene que probarse su confiabilidad y utilidad en abastecimientos rurales de aprovisionamiento de agua de los países en desarrollo.

Para el estudio de producción de hipoclorito in situ, el IRC ha solicitado la colaboración de diversas agencias financieras. Las organizaciones encargadas del aprovisionamiento de agua que estén interesadas en el uso y aplicación de esta tecnología, pueden establecer contacto con el Centro de Referencia Internacional para Abastecimiento de Agua y Saneamiento (IRC), P.O. Box 5500, 2280 HM Rijswijk, Holanda, o con la Fundación Nacional de Saneamiento, P.O. Box 1468, Ann Arbor, Mi, 48106, USA.

Algunas consideraciones sobre los aspectos de promoción y educación para la salud y participación comunitaria

Dra. Carmen de Thays

1. INTRODUCCION

"Cualquiera que sea la empresa que proyecte el sistema, tal sistema será entregado a la comunidad."

He aquí una verdad y, asimismo una posición frente al modo de relación comúnmente establecido con las comunidades beneficiarias del sistema de desinfección de agua para los abastecimientos rurales.

Las investigaciones nacionales y las discusiones y comentarios expuestos en el Seminario sobre Desinfección de Agua para Abastecimientos Rurales, fueron muy ilustrativas acerca de la presencia o ausencia del componente educacional entre de las acciones desarrolladas o proyectadas para el logro de una efectiva operación y mantenimiento del sistema por parte de la comunidad, como usuaria y al mismo tiempo productora del servicio. Se hicieron muchas referencias a propósito de la aceptación social, sobre la necesidad de enfatizar la "sensibilización" y la educación de la comunidad, y se puso de manifiesto igualmente la idea de que el proceso educacional es largo y continuo.

Fueron estos algunos de los aspectos positivos en el evento mencionado, los que estuvieron refrendados por algunas experiencias estimulantes, como el caso de los Programas de Bolivia y el de Colombia, en los que se puso en evidencia la necesidad sentida por los profesionales de la ingeniería sanitaria, de darle mayor importancia a los aspectos sociales o humanos del sistema de desinfección del agua en el medio rural, y al hecho de aceptar como necesaria una mayor integración entre éstos y los propios de la infraestructura y administración sanitaria en el marco de un sistema de tecnología apropiada.

El reto subsiste sin embargo, y se hace aún mayor considerando la sensibilidad de los profesionales de la ingeniería sanitaria hacia los aspectos promocionales y socioeducativos del sistema de desinfección del agua en el medio rural, lo que implica el establecimiento de más prometedoras relaciones con las comunidades como participantes activas y no meramente "receptoras" del mencionado sistema. Habría que considerar por lo tanto la necesidad de promover un rol más activo de participación consciente y voluntaria desde las etapas de diseño e investigación, de modo que se dé la oportunidad para desarrollar capacidades creativas o innovadoras que comprometan más profundamente la responsabilidad por la operación y mantenimiento.

Las consideraciones mencionadas llevan a refrendar las afirmaciones que se han hecho en diversas ocasiones acerca de la estrategia de Atención Primaria de la Salud indicando que sus bases sociales están en la promoción de la participación de la comunidad, lo que conlleva su ubicación en el marco de la educación entendida como desarrollo individual y grupal de nuevas actitudes, aptitudes y conocimientos, dentro de una relación armónica de interaprendizaje con los profesionales o técnicos de la salud. Esto supone asimismo un cambio de actitudes y aptitudes por parte de estos últimos para el logro de una verdadera comunicación educativa y humana en el acercamiento a la problemática de salud rural.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos en el programa del Seminario sobre Desinfección de Agua para Abastecimientos Rurales, existen problemas diversos que vienen afectando el logro de los programas y metas para mejorar la calidad del agua de consumo humano en los mencionados abastecimientos. Su vinculación directa o indirecta con aspectos socioculturales y educacionales de la situación fue acentuada durante el desarrollo del evento organizado por el CEPIS.

El reconocimiento de una inadecuada o ausente consideración de tales aspectos, que tan importantes son para el establecimiento de relaciones de cooperación e intercambio entre la oferta y demanda de servicios de agua potable, se hizo evidente a través de las presentaciones escritas y orales de los participantes en el Seminario. Abundaron argumentos justificando la necesidad de conceder mayor atención a la integración de los elementos socioculturales y educacionales en el sistema para asegurar una óptima participación de las comunidades en la operación y mantenimiento del mismo. No se excluyó la posibilidad de lograr su participación en el diseño, investigación y evaluación.

Desde la perspectiva sociocultural y educacional, sería preciso tener presente que el trabajo de instalar, operar y mantener un servicio de agua de calidad, con el propósito de elevar los niveles de salud mediante la participación responsable de las comunidades servidas, implica que dicho trabajo debe ser concebido y realizado con la gente y no sólo para la gente, lo que conlleva una mayor y mejor intervención de aspectos de índole psicosocial, cultural, político, económico y educacional, dentro del contexto ecológico de las comunidades rurales.

Las comunidades rurales de América Latina tienen algunas semejanzas, pero lo que hay que poner de relieve es la diversidad de grados de diferenciación social que ellas tienen, según su tipo de aislamiento y/o de aculturación. Tenemos casos que van desde un estrecho apego a lo tradicional y nativo, hasta aquellas comunidades campesinas que actúan en el nivel autogestionario. De cualquier manera, la percepción del sistema de desinfección del agua se hace a través de los "anteojos culturales" o psicosociales que el grupo y la socialización han impreso en las personas que participan de comunes valores, creencias y tradiciones, en relación al agua. Según el raigambre que tales elementos tengan y las influencias a que se encuentra sometida la población subsidiaria y creadora de tal "cultura del agua", será su actitud de aceptación o rechazo hacia la innovación representada por un sabor, un olor y valor específicos que la burocracia profesional y técnica han otorgado al agua de consumo humano.

Por otra parte, los sectores burocráticos encargados del diseño de planes, políticas, normas y programas de abastecimiento de agua con sus respectivas unidades de desinfección, constituyen también una "subcultura" enmarcada dentro de sus propios esquemas mentales y emocionales impresos por el medio social y ecológico al que pertenecen, y, además, por la "formación" profesional o técnica que han obtenido. Sus percepciones y motivaciones con respecto a las comunidades beneficiarias del sistema, definen particulares expectativas acerca del comportamiento deseado en tales comunidades y sus miembros, así como las formas de relacionarse con ellos en su labor promocional y/o educacional.

Por lo expuesto, es importante el reconocimiento de las barreras de comunicación entre las comunidades beneficiarias de los servicios de agua potable y los profesionales y/o técnicos encargados de su diseño y administración o promoción.

De acuerdo al marco teórico enunciado y a su relación con las experiencias obtenidas durante el Seminario sobre Desinfección de Agua para Abastecimientos Rurales, podría decirse que, en lo referente a la promoción y educación de la comunidad es dominante la corriente de comunicación entendida como una relación vertical de arriba hacia abajo: el rol protagónico lo tienen predominantemente los niveles de decisión superior y técnica especializada donde se diseñan los programas que luego serán entregados a las comunidades para su operación y mantenimiento. Para lograr su aceptación - sinónimo en este caso de participación - se emplea el enfoque educacional de la "promoción-venta".

El mencionado enfoque prioriza la enseñanza sobre el aprendizaje en el contexto de la educación y/o capacitación de la gente de las comunidades, dando énfasis a técnicas de comunicación vertical. Dentro de esta perspectiva la participación de la comunidad no es realmente completa y, además, no está del todo integrada al sistema de desinfección del agua. Esto dificulta o limita la forma de participación de la comunidad en la etapa de operación y mantenimiento; limita la posibilidad del desarrollo de una real responsabilidad y compromiso con el sistema.

Otra de las consideraciones resultantes de la experiencia adquirida durante el seminario en mención, se relaciona con las vinculaciones de los programas de desinfección del agua en el medio rural, a la estrategia de Atención Primaria de Salud y al desarrollo de tecnologías apropiadas. Habría que tener en cuenta que tanto uno como otro concepto ponen de relieve la participación comunitaria, vale decir la promoción en individuos y grupos, del desarrollo de capacidades generadoras de autoanálisis, autovaloración, autoconfianza y autodeterminación; esto supone igualmente una mayor consideración y aprovechamiento de los recursos potenciales o manifiestos que las comunidades pueden ofrecer en su largo contacto y relación con su habitat; el concepto de tecnología "apropiada" implica, más que "aceptación social" de tipo pasivo, la participación voluntaria surgida de la toma de conciencia y la asunción de una responsabilidad.

Aparentemente los programas de desinfección del agua, han puesto una atención mayor o fundamental en los aspectos tecnológicos de ingeniería sanitaria, algo menor en los aspectos administrativos y bastante menos en los socioculturales y educacionales. Esto estaría significando que el enfoque sistémico en el contexto ecológico de las localidades rurales, no ha sido considerado cabalmente, tal vez a causa de un deficiente o nulo trabajo en equipo multidisciplinario y/o intersectorial.

La falta de integración adecuada de los diversos elementos componentes del sistema de desinfección del agua fue percibida y enunciada por los participantes en el seminario, más o menos en los siguientes términos: "es un gran problema mirarlo todo desde el punto de vista de ingeniería; nos preocupa mucho el fenómeno de la dosificación y no tenemos en cuenta otros aspectos, por ejemplo, cómo hacer una real y efectiva distribución de las sales para impedir los problemas operacionales en el terreno, ya que una consecuencia de ello puede ser la reacción negativa de los pobladores, porque se ha creado una necesidad que luego no es satisfecha".

En el área educacional y sociocultural propiamente dicha, se puso de manifiesto (especialmente durante las discusiones en grupo, y frente al reto de asumir ciertas decisiones para el diseño de nuevas investigaciones o modelos demostrativos) la necesidad de un mayor conocimiento o dominio de conceptos básicos, así como de experiencias de trabajo relacionadas a la intervención de tales componentes en programas de salud en general, y de ingeniería sanitaria en particular. Surgió como necesidad sentida la de contar con asesoramiento técnico especializado en ciencias sociales y del comportamiento y en ciencias de la educación (especialmente del adulto).

Se presentaron, sin embargo, casos ilustrativos de un trabajo más integrado e integral con equipos multidisciplinarios para el diseño de las acciones de desinfección del agua para abastecimientos rurales. Ellos fueron los proyectos de Bolivia (Modelo La Paz) y de Colombia (investigación que desarrolló un extenso componente educativo).

En conclusión, el seminario realizado confirmó la existencia de un problema de inadecuada o ausente consideración de los aspectos socioculturales, psicosociales y educacionales en el marco del desarrollo tecnológico apropiado para las comunidades rurales, dentro de la estrategia de Atención Primaria de la Salud dirigida a estimular y lograr una participación eficiente, consciente y responsable de las comunidades como productoras y usuarias de los servicios de desinfección del agua.

En torno a dicho problema surge la necesidad de:

- Reorientar la capacitación de los profesionales o técnicos en el campo de la ingeniería sanitaria para incluir y/o profundizar el conocimiento de las realidades sociales y culturales y de las formas adecuadas de comunicación con las comunidades con las que deben trabajar en el campo de la salud.
- Divulgar conocimientos y experiencias ilustrativas sobre los aspectos mencionados, aplicados a programas de desinfección de agua u otros proyectos de similar significado.
- Reforzar y/o reorientar el trabajo en equipo multidisciplinario y los mecanismos de coordinación intra e intersectorial, especialmente con Educación y Agricultura.
- Comprometer una mayor aproximación de los proyectos de desinfección de agua para abastecimientos rurales, con los conceptos y estrategias de atención primaria y tecnología apropiada.
- Promover investigaciones o modelos demostrativos que pongan en marcha la integración sistémica de los componentes socioculturales y educacionales en los programas de desinfección de agua para abastecimientos rurales, con el fin de proponer pautas metodológicas.

3. CONSIDERACIONES ESPECIFICAS

Del análisis de los documentos presentados al seminario y de las intervenciones orales durante su desarrollo, se deducen las siguientes consideraciones que podrían constituir una aproximación inicial a la problemática del sistema en sus aspectos socioculturales y educacionales.

| TIPO | EL PROBLEMA Enunciado | LA SITUACION Factores intervinientes | RECOMENDACIONES |
|---------------------|---|--|---|
| Diseño del sistema. | <p>Aparentemente la mayoría de los problemas en las relaciones con el personal comunitario y las comunidades beneficiarias, se dan en la etapa de operación y mantenimiento del sistema, lo que estaría revelando fallas en la etapa de diseño o planeamiento del mismo.</p> <p>Hacen falta normas o criterios unificados sobre el qué y el por qué y el cómo de la "aceptación social"; de la participación comunitaria, de los aspectos socioculturales y educacionales en los sistemas de desinfección de agua para abastecimientos rurales.</p> <p>Es presumible que no se haya venido trabajando dentro de una clara concepción de la Atención Primaria de Salud y de las tecnologías apropiadas desde su perspectiva sociocultural y educativa.</p> | <ul style="list-style-type: none"> . Visión predominante de las técnicas de ingeniería, no ha dado la debida atención a los aspectos humanos de orden administrativo, social, cultural y psicosocial, incluyendo el componente educativo. . Se considera que el rechazo al sabor del agua tratada sólo se debería a condicionamientos mentales. . Relaciones poco positivas y hasta conflictivas entre los operadores del sistema y los usuarios del mismo. . No hay muchas evidencias de coordinación con la estrategia de APS. . Escasas evidencias de coordinación interna o trabajo en equipo, o de coordinación intersectorial. . Negligencia de líderes y autoridades locales. | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar formas de asesoramiento técnico y/o coordinación con personas o sectores del campo social y educacional. - Promover el trabajo en equipo multidisciplinario procurando específicamente la participación de educadores para la salud y trabajadores sociales, dentro del sector salud, y fuera de él con sociólogos rurales, antropólogos, psicólogos sociales, o con los Sectores Educación y Agricultura. - Insistir en el fortalecimiento o inclusión de aspectos socioculturales y educacionales en todos los eventos técnicos y/o de capacitación relacionados a Ingeniería Sanitaria y programas de desinfección del agua. |

| TIPO | EL PROBLEMA Enunciado | LA SITUACION Factores intervinientes | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|--|
| Componente promocional (participación comunitaria) | <p>Existe una concepción predominantemente verticalista de las relaciones de comunicación y promoción educativa con la comunidad, a la que se percibe como "receptora" del Sistema de Desinfección no obstante que se le asigna la responsabilidad (participación consciente) en la operación y el mantenimiento del mismo.</p> <p>Las investigaciones nacionales no han considerado en forma adecuada el aspecto sociocultural, y el componente educacional no está presente en todas ellas.</p> <p>El enfoque de participación comunitaria es bastante restringido a los términos de persuasión para actuar en el marco señalado por los técnicos: no hay oportunidad para una participación creativa, lo que propicia el desarrollo de actitudes de dependencia y conductas "arribistas".</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Predominancia de rasgos de liderazgo autocrático. • Se admite necesario el uso de la "presión" a los usuarios para el pago de tarifas, sin agregar, por lo menos a nivel complementario la necesidad de incluir medidas educacionales. • Se alude con más frecuencia a la "aceptación social" en vez de a la participación social como un criterio indicador de calidad del sistema. • Se pone en evidencia la dificultad para encontrar en las pequeñas localidades, personal que se encargue de operar adecuadamente el sistema. • El personal adiestrado no permanece en el lugar o en el cargo. • Se desconoce las formas de participación de la comunidad o de los futuros operadores del sistema en aspectos de investigación, diseño o planeamiento. | <ul style="list-style-type: none"> - Divulgar nuevas concepciones del trabajo con las comunidades, especialmente de aquellos casos que muestran una experiencia exitosa en la participación activa y protagónica de las comunidades; o en procesos de comunicación o diálogo democrático. - Estimular el desarrollo de modelos demostrativos o de investigación para el desarrollo de pautas metodológicas en cuanto a las relaciones con las comunidades. - Hacer extensivo el conocimiento del Modelo boliviano para su análisis y comparación con otros. |

| TIPO | EL PROBLEMA Enunciado | LA SITUACION Factores intervinientes | RECOMENDACIONES |
|----------------------|---|---|---|
| Componente Educativa | <p>Hay predominio del concepto <u>instruccion</u>al y escolarizado de la educación, a la que se valora por su carácter "formativo" o modelador de ideas y conductas, y por su metodología disciplinada e impositiva para imprimir normas de conducta y de vida en la niñez.</p> <p>Se considera al adulto como <u>in</u>educable, aún más: el analfabeto parece ser percibido como un incapaz intelectual.</p> <p>La concepción moderna de la <u>edu</u>cación de adultos parece ser desconocida aún, y por ende las acciones de promoción educativa en el contexto de promoción-desarrollo de capacidades para el autoanálisis, autovaloración, autoconfianza y autodeterminación.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El currícula de estudios de <u>Ingeniería</u> Sanitaria parece no incluir aspectos sociales o el estudio de los grupos humanos con los que se espera tenga que trabajar el profesional egresado de esta rama de la ingeniería. • Las políticas y planes de saneamiento del ambiente conceden mayor importancia o a veces peso casi exclusivo a los aspectos cuantitativos, lo que hace que haya cierta presión y gran prisa en el cumplimiento de las metas. | <p>Propiciar cambios curriculares en la fase formativa de la Ingeniería Sanitaria</p> <p>Propiciar cursos de posgrado para complementar dicha formación.</p> <p>Propiciar seminarios o eventos específicos sobre el aspecto educacional y/o promocional de los sistemas.</p> <p>Incluir en todo evento de capacitación los componentes socioculturales y educacionales.</p> |

CAPITULO IV

ANEXO I

LISTA DE PARTICIPANTES
SEMINARIO SOBRE DESINFECCION
DE AGUA PARA EL MEDIO RURAL

LIMA-PERU, 4 AL 8 DE JULIO DE 1983

Leo Muniz de Souza Lima
Director Regional - Espírito Santo
Fundación de Servicios de
Salud Pública - FSESP
Ministerio de Salud

Casilla Postal 783
Vitoria - ES.
Teléfono: 227-5570

María Lucía de Souza Lobo
Asesora del Banco Nacional de
Habitación

Av. República de Chile 230 - 17º Andar
Río de Janeiro
Teléfono: 212-5986

COLOMBIA

Francisco Antonio Burbano Marín
Coordinador del Programa de
Saneamiento
Convenio Colombo-Holandés en Salud
Ministerio de Salud

Calle 67 N° 9-20
Bogotá
Teléfono: 249-4026

Julián Góngora Sierra
Supervisor Nacional
Instituto Nacional de Salud

Av. El Dorado con Carrera 50, Zona 6
Apartados Aéreos 80080 y 80334
Bogotá, D.E.
Teléfono: 244-9775

COSTA RICA

Víctor Manuel Cordero Rodríguez
Director del Fondo Rotatorio de
Acueductos Urbanos
Instituto Costarricense de
Acueductos y Alcantarillado - AyA

Apartado 5120
San José
Teléfono: 23-5555

CHILE

Daniel Rodríguez García
Académico
Facultad de Ciencias Físicas y
Matemáticas
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile

Casilla 5373
Santiago
Teléfono: 94171

GUATEMALA

Francisco Javier Mayorga Cruz
Ingeniero de Diseño
Unidad Ejecutora del Programa de
Acueductos Rurales - UNEPAR
Ministerio de Salud Pública

Fca. La Verbena, Zona 7
Guatemala
Teléfono: 40-655

MEXICO

Guillermo Cortés Hernández
Jefe Departamento de Proyectos de
Agua Potable
Dirección General de Sistema de
Agua Potable y Alcantarillado
Secretaría de Desarrollo Urbano
y Ecología (SEDUE)

Paseo de la Reforma 77 - 9°Piso
México, D.F.
Teléfono: 546-7061

PERU

Rubén Flores Guillén
Especialista Sectorial (Saneamiento)
Banco Interamericano de Desarrollo

Apartado Postal 3778
Lima, 100
Teléfono: 41-5639

Luis Quispe
Departamento de Química
Universidad Nacional de Ingeniería

Av. Túpac Amaru s/n
Lima, 100
Teléfono: 81-1070

Jorge Salinas
Departamento de Saneamiento
Universidad Nacional de Ingeniería

Av. Túpac Amaru s/n
Lima, 100
Teléfono: 81-1070

URUGUAY

Martin Viaene
Experto Asociado en Ingeniería
UNESCO (ROSTLAC)

Casilla 859
Montevideo
Teléfono: 40-5734

LISTA DE EXPOSITORES DEL CEPIS

Los Pinos # 259
Urbanización Camacho
Lima 3, PERU
Teléfono: 35-4135

Orlando Arboleda
Gerente de REPIDISCA

Carl R. Bartone
Coordinador Unidad de Desarrollo de Tecnología

Alberto Flórez Muñoz
Director del Centro

José M. Pérez Carrión
Consultor en Tratamiento de Agua

Héctor Sosa Padilla
Asesor en Información Técnica

ASISTIERON POR PARTE DE LA OPS/OMS:

Vicente López Castillo
Ingeniero de País
Oficina Sanitaria Panamericana

Apartado 1464
Santo Domingo - República Dominicana
Teléfono: 565-3454

Fred M. Reiff
Health Program Environment
Pan American Sanitary Bureau
Regional Office of the World
Health Organization

525 Twenty-third Street, N.W.
Washington, D.C., 20037 - USA
Teléfono: (202)861-3320

T. Kien Tjiook
WHO/IRC for Community Water Supply
and Sanitation

P.O. Box 5500
2280 HM Rijswijk - The Netherlands
Teléfono: (070)949322

CAPITULO V

ANEXO II

AGENDA

SEMINARIO SOBRE DESINFECCION
DE AGUA PARA EL MEDIO RURAL

LIMA-PERU, 4 AL 8 DE JULIO DE 1983

Lunes, 4 de julio

| | |
|---------------|---|
| 08:00 - 10:00 | Inscripción e inauguración |
| 10:00 - 10:30 | Receso |
| 10:30 - 12:30 | Introducción: Panorama de la desinfección en abastecimientos rurales en la Región |
| 12:30 - 14:00 | Almuerzo |
| 14:00 - 15:00 | Experiencia de Costa Rica |
| 15:00 - 15:30 | Receso |
| 15:30 - 16:30 | Experiencia del Perú |

Martes, 5 de julio

| | |
|---------------|-----------------------------|
| 08:00 - 10:00 | Experiencia de Chile |
| 10:00 - 10:30 | Receso |
| 10:30 - 12:30 | Experiencia de Argentina |
| 12:30 - 14:00 | Almuerzo |
| 14:00 - 15:00 | Experiencia de Colombia |
| 15:00 - 15:30 | Receso |
| 15:30 - 16:30 | Presentación de otros casos |

Miércoles, 6 de julio

| | |
|---------------|---|
| 08:00 - 08:30 | Información sobre la REPIDISCA |
| 08:30 - 10:00 | Problemática tecnológica |
| 10:00 - 10:30 | Receso |
| 10:30 - 12:30 | Problemática tecnológica |
| 12:30 - 14:00 | Almuerzo |
| 14:00 - 15:00 | Problemática administrativa y operacional |
| 15:00 - 15:30 | Receso |
| 15:30 - 16:30 | Problemática administrativa y operacional |

Jueves, 7 de julio

| | |
|---------------|-----------------------------|
| 08:00 - 10:00 | Problemática socio-cultural |
| 10:00 - 10:30 | Receso |
| 10:30 - 12:30 | Problemática financiera |
| 12:30 - 14:00 | Almuerzo |
| 14:00 - 15:00 | Problemática investigativa |
| 15:00 - 15:30 | Receso |
| 15:30 - 16:30 | Problemática investigativa |

Viernes, 8 de julio

| | |
|---------------|--|
| 08:00 - 10:00 | Elaboración del plan de acción: Investigación y desarrollo |
| 10:00 - 10:30 | Receso |
| 10:30 - 12:30 | Elaboración del plan de acción: Transferencia tecnológica |
| 12:30 - 14:00 | Almuerzo |
| 14:00 - 15:00 | Conclusiones |
| 15:00 - 15:30 | Receso |
| 15:30 - 16:30 | Clausura |