

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**"EVALUACION DE HIPOCLORADORES"**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO SANITARIO**

**LEONARDO RICARDO JOYA RODRIGUEZ**

**LIMA - PERU**

**1993**

DEDICADO A :

-Con amor y agradecimiento a  
mis padres LEONARDO e  
ISAURA.

A mis hermanos María Zoila,  
Carlos y Alberto.

## RECONOCIMIENTO

Por su colaboración en la ejecución de mi tesis  
a:

- 1.- *Ingenieros Otto Rosasco G. y Ricardo Rojas V. asesores de mi tesis.*
- 2.- *Ingeniero Guillermo León, por su incentivo a la realización de mi tema de tesis.*
- 3.- *Miriam Arista A, por el apoyo permanente en la elaboración de mi tesis.*
- 4.- *José Moreno T, por su valioso apoyo en la realización de mi tesis.*
- 5.- *Biologo Guido Canales H, por su colaboración en las actividades de Laboratorio en el CEPIS.*

## MI GRATITUD AL :

- *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS), por permitirme el acceso a la información y brindarme las facilidades para la ejecución de mi tesis.*
- *Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESA), por el acceso a la información para la ejecución de mi tesis.*

# CONTENIDO

## EVALUACION DE HIPOCLORADORES

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1 CALIDAD BACTERIOLOGICA DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO	4
3.1.1 SUPERFICIALES	5
3.1.2 SUBTERRANEA	19
3.1.3 RED DE DISTRIBUCION	21
3.1.4 INTRADOMICILIARIA	23
3.2 DESINFECCION	27
3.2.1 FINALIDAD	27
3.2.2 TIPOS DE DESINFECCION	28
3.3 EQUIPOS DE DESINFECCION	33
3.3.1 GAS	33
3.3.2 LIQUIDO (HIPOCLORADOR)	35
4. EL PROYECTO	36
4.1 HIPOCLORADORES TRADICIONALES	36
4.1.1 PRINCIPIO	36
4.1.2 MODELOS	36
4.1.3 CARACTERISTICAS	37
4.1.4 EVALUACION	54
4.1.5 CONDICIONES PARA EL BUEN DESEMPEÑO DE LOS EQUIPOS	69

4.2	HIPOCLORADOR DE PRECISION	71
4.2.1	CARACTERISTICAS	71
4.2.2	EVALUACION	80
5.	RESULTADOS	91
5.1	DISCUSION	91
5.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES MODELOS DE HIPOCLORADORES	94
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
7.	REFERENCIAS	107

## 1. INTRODUCCION

En relación al suministro de agua, proveer de una fuente de agua apta para el consumo humano es uno de los problemas que se observan en nuestro país, con grave incidencia en las condiciones de salud de la población; así como lo es asegurar que permanezca apta hasta el momento mismo del consumo.

Es conocido que mejorar la calidad del agua es una necesidad básica de salud; por ello es necesario implementar medidas que tiendan a resolver este problema a corto plazo y a un bajo costo.

La cloración es el método más usado para desinfectar el agua en la mayoría de sistemas de abastecimiento eliminando las bacterias y microbios presentes en ella. Tiene la ventaja de mantener su grado de desinfección activo durante un largo período; además es de bajo costo y de fácil aplicación.

La mayor parte de las comunidades rurales de nuestro país carece de sistemas de desinfección de agua, como ocurre en otros de latinoamérica, esto debido a una serie de factores, entre ellos: el alto costo que demanda la instalación, operación y mantenimiento de las unidades de

desinfección; además de la escasa disponibilidad de los equipos. La aplicación del cloro gaseoso, que es el desinfectante usado en las unidades convencionales, requiere de dispositivos especiales de dosificación, y suministro constante de fluido eléctrico, por estas razones no se adapta a los sistemas rurales; para salvar estos y otros inconvenientes, se han desarrollado ingeniosas unidades de desinfección cuya característica básica es su simpleza. Tal es el caso de los hipocloradores de carga constante que usan Hipoclorito de sodio como sustancia desinfectante.



## OBJETIVO

## 2.- OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la confiabilidad de diversos modelos de equipos de hipocloradores utilizados en la desinfección de aguas para abastecimiento doméstico.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Construcción de 2 hipocloradores mas mencionados en la bibliografías y evaluación para su uso en la desinfección de aguas de abastecimiento.
- Evaluación de un hipoclorador con distinta performance pero con el mismo principio que los anteriores
- Diseñar, construir y evaluar un hipoclorador de fácil operación y mantenimiento, buscando mayor precisión en la dosificación.
- Selección del modelo de Hipoclorador de mayor confiabilidad en base al caudal de desinfección, tecnología de fabricación, y costo.
- Determinación de las condiciones necesarias para el óptimo funcionamiento del modelo de hipoclorador seleccionado.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 CALIDAD BACTERIOLOGICA DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO

En el Perú la cobertura de servicio de agua potable de la población es limitada, existiendo muchas diferencias en cuanto a la atención a zonas urbanas y zonas urbano-marginales y rurales del país.

La cobertura de agua en las zonas urbanas llega al 65 %; en la zona rural solo llega al 22 %. A esto se suma que en muchas de nuestras ciudades se tienen sistemas de abastecimiento de agua con irregularidad de servicio, no atendiendo la demanda de la población durante las 24 horas del día, ya sea por falta de agua en las fuentes, por problemas en los equipos de bombeo, deficiencias en el suministro de energía eléctrica y principalmente por pérdidas y desperdicios de agua en los sistemas de distribución de agua. Estas irregularidades, pueden influenciar en la calidad bacteriológica del agua.

Los servicios son intermitentes y sólo accesibles en muchos casos a una vez por semana, teniendo la necesidad de guardar agua en recipientes por varios días, por lo que la manipulación del agua se convierte en un medio de

transmisión de enfermedades gastro-intestinales. Factor que ayuda a la contaminación, el bajo nivel de desinfección, que se le brinda al agua de consumo, y en muchos casos es casi nulo. La vigilancia de la calidad del agua de consumo humano es muy deficiente por falta de recursos económicos, de equipos, de reactivos de laboratorios y de normas legales apropiadas.

El parámetro más importante para medir la calidad de agua potable es la calidad bacteriológica. El agua debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. El indicador de contaminación es el de origen fecal, estas pertenecen a un grupo mucho mayor de bacterias, los coliformes. Cuando se encuentra este tipo de bacterias en el agua, ello indica una contaminación fecal bastante fresca, y sobre esta base, que exista entonces la posibilidad de presencia de bacterias patógenas y virus.

### **3.1.1.- AGUAS SUPERFICIALES**

En el Perú las fuentes de agua superficiales tienen usos múltiples; abastecimiento para consumo humano e industrial, generación de energía eléctrica, riego agrícola, y en pocos casos pesca, vida acuática y silvestre (sólo sierra y selva). Naturalmente cada uno de

estos usos es importante desde el punto de vista de los usuarios.

En Lima la fuente de agua superficial que abastece a la ciudad es el río Rímac; constituyéndose en uno de los más contaminados del mundo por las descargas de desechos que recibe a lo largo de su trayecto. Entre el puente Ricardo Palma y la Atarjea (planta de tratamiento de agua potable) se tiene un total de 110 vertimientos; doméstico, agrícola, industrial, energético, minero, residuos sólidos y pecuario; presentándose las descargas más fuertes las domésticos con 47 vertimientos y residuos sólidos con 23 vertimientos. Los vertimientos industriales al río Rímac (industrias papeleras, malterías, derivados del maíz, adhesivos, arrojan 9625 Kg de DBO/día (materia orgánica). Todas estas descargas a lo largo de los 30 últimos años han originado el deterioro de sus características naturales.

La calidad bacteriológica del río Rímac supera tremendamente los límites permisibles para ser considerada como fuente de abastecimiento (ver cuadros).

Evaluando entre los límites anteriormente mencionados se tiene un promedio de  $5 \times 10^6$  coliformes total/ 100 ml, con un máximo en el puente Caracol de  $2 \times$

10<sup>6</sup> coliformes total/ 100 ml y en cuanto a coliformes fecales 10<sup>5</sup>/ 100ml con un máximo en el mismo lugar de 10<sup>6</sup>/ 100 ml. Estos resultados son producto de una evaluación hecha en el mes de Abril de 1991 mediante un convenio SEDAPAL-CEPIS. En la bocatoma de la planta la Atarjea se tiene que en épocas de verano la concentración de coliformes aumenta notablemente en un promedio de 10<sup>6</sup> coliformes fecales /100 ml con un máximo de 4 x 10<sup>8</sup> / 100 ml en el mes de Febrero; conforme la temperatura ambiental va disminuyendo, dicha concentración también baja sus límites, dado que las descargas de desagües domésticos también decrecen, es así como en el mes de Mayo se tiene 10<sup>5</sup> NMP(\*)/ 100ml en coliformes fecales y 10<sup>6</sup> NMP/ 100 ml en coliformes totales.

Todos estos resultados están por encima de los (\*) Número más probable, valores establecidos en la ley general de aguas D.S.N 007-83-SA (11-03-90) la cual nos dice que para aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración se requiere como máximo 4000 coliformes fecales/ 100 ml y 20000 coliformes totales/ 100 ml. Por lo tanto el río Rímac no debería ser fuente de abastecimiento de agua potable, dado sin embargo que es la única fuente en Lima se realiza una precloración antes de iniciar los

tratamientos antes mencionados con el objeto de reducir la carga orgánica existente, corriéndose el riesgo de producir clorometanos, compuestos cancerigenos y muy difíciles de remover.

Ante esta situación es necesario realizar monitoreos continuos en la planta para evaluar la calidad del agua que se brinda a la población.

## CLASIFICACION DE LOS CURSOS DE AGUA

- LEY GENERAL DE AGUAS -

- CLASE I      Aguas de abastecimiento domestico con simple desinfeccion
- CLASE II     aguas de abastecimiento domestico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulacion, sedimentacion, filtracion y cloracion aprobados por el Ministerio de Salud.
- CLASE III    : Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

### LIMITES BACTERIOLOGICOS

( VALORES EN N.M.P./100 ml )

	CLASE I	CLASE II	CLASE III
COLIFORMES TOTALES	8.0	20,000	5,000
COLIFORMES FECALES	0	4,000	1,000

ENTENDIDOS COMO VALOR MAXIMO EN 80% DE 5 o MAS MUESTRAS MENSUALES

D.S.N 007 - 83 - SA (11-03-90)

**CRITERIOS PARA LA SELECCION DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO**

GRUPOS	CALIDAD BACTERIOLOGICA		TRATAMIENTO
	NMP COLI TOTAL	NMP COLI FECAL	
I	< 100/100 ml	< 20/100 ml (*)	SOLO DESINFECCION
II	< 3,000/100 ml (**)	< 500/100 ml (**)	C + S + F.R. + D o FL. + D
III	< 20,000/100 ml	< 4,000/100 ml	P.D. + C + S + F.R + D
IV	> 20,000/100 ml	> 4,000/100 ml	NO RECOMENDABLE PARA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

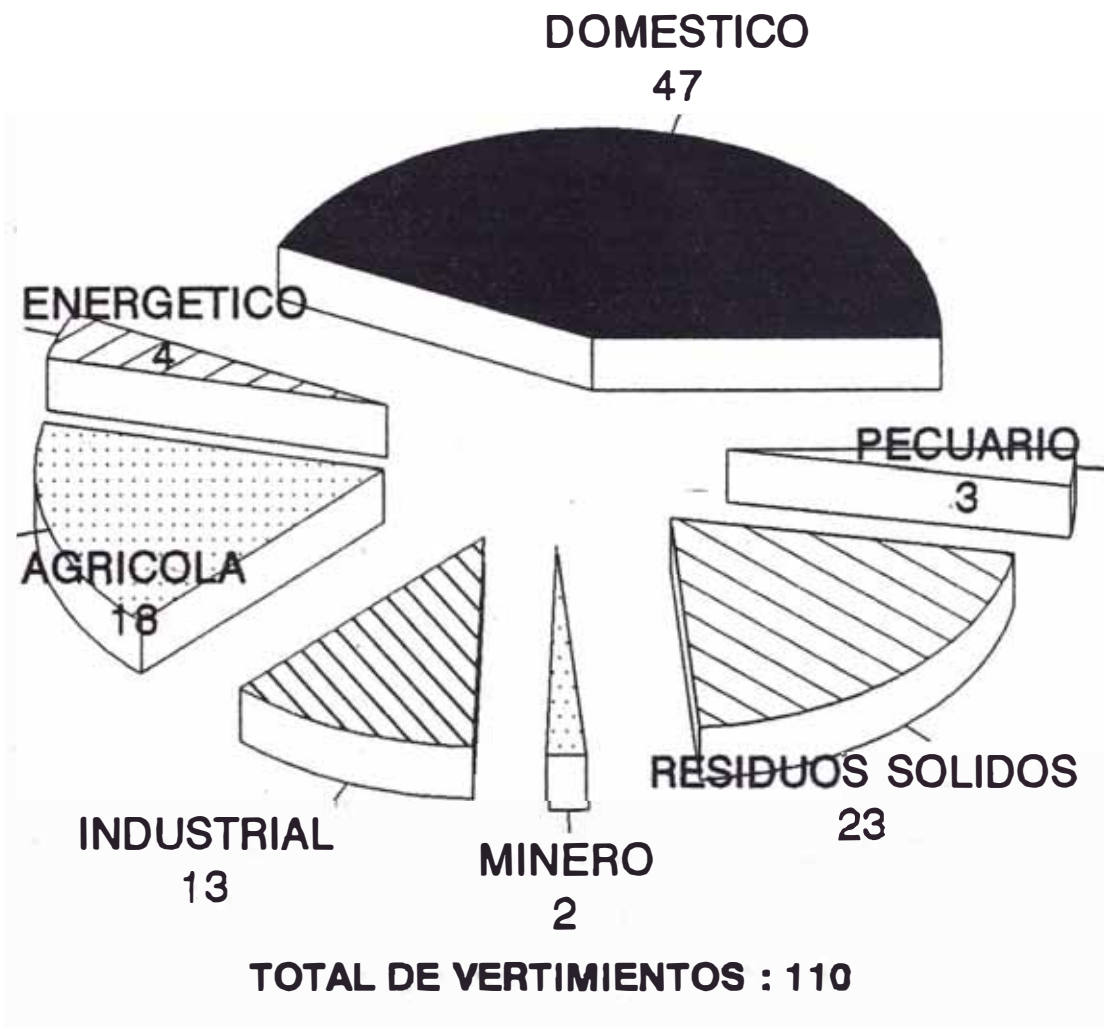
(\*) MEDIA ARITMETICA MENSUAL  
(\*\*) MEDIA GEOMETRICA MENSUAL

C : COAGULACION  
S : SEDIMENTACION  
F.R: FILTRACION RAPIDA  
F.L: FILTRACION LENTA  
P.D: PRE-DESINFECCION  
D : DESINFECCION

REFERENCIA CRITERIOS Y NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS - AGUA POTABLE  
DR. CLIFF J. KIRCHMER - CEPIS 1977

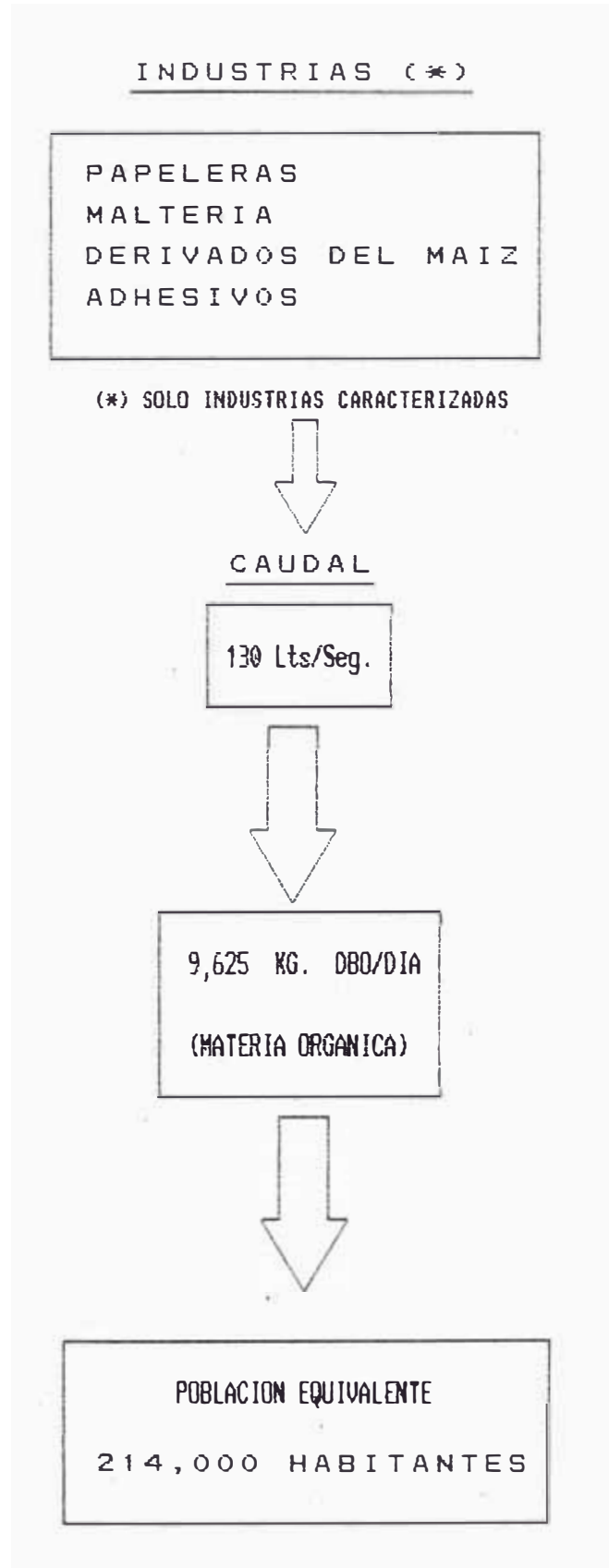


## CONTAMINACION DEL RIO RIMAC IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE DESCARGA ENTRE PUENTE RICARDO PALMA Y LA ATARJEA



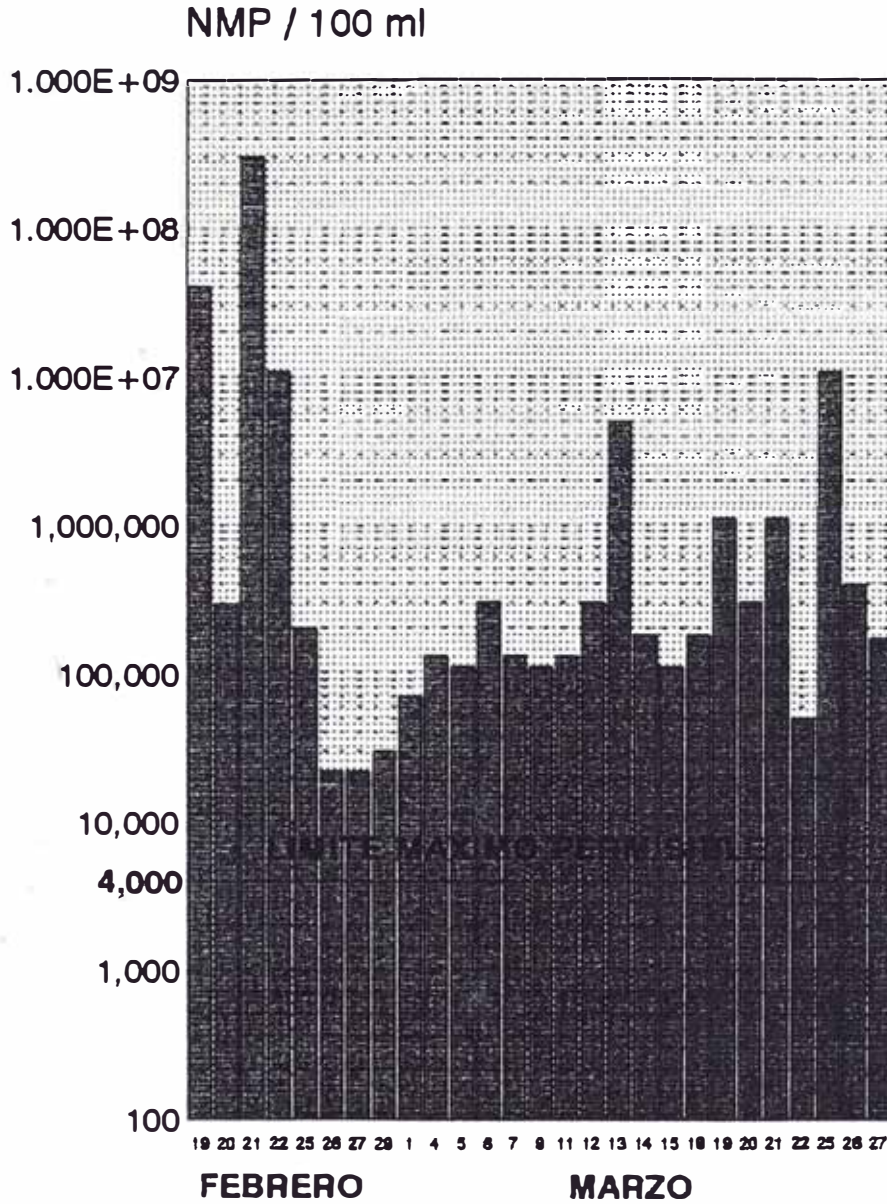
EVALUACION DE HIPOCLORADORES  
CONVENIO: CEPIS\SEDAPAL

VERTIMIENTOS INDUSTRIALES AL RIO RIMAC



# HISTOGRAMA DE COLIFORMES FECALES

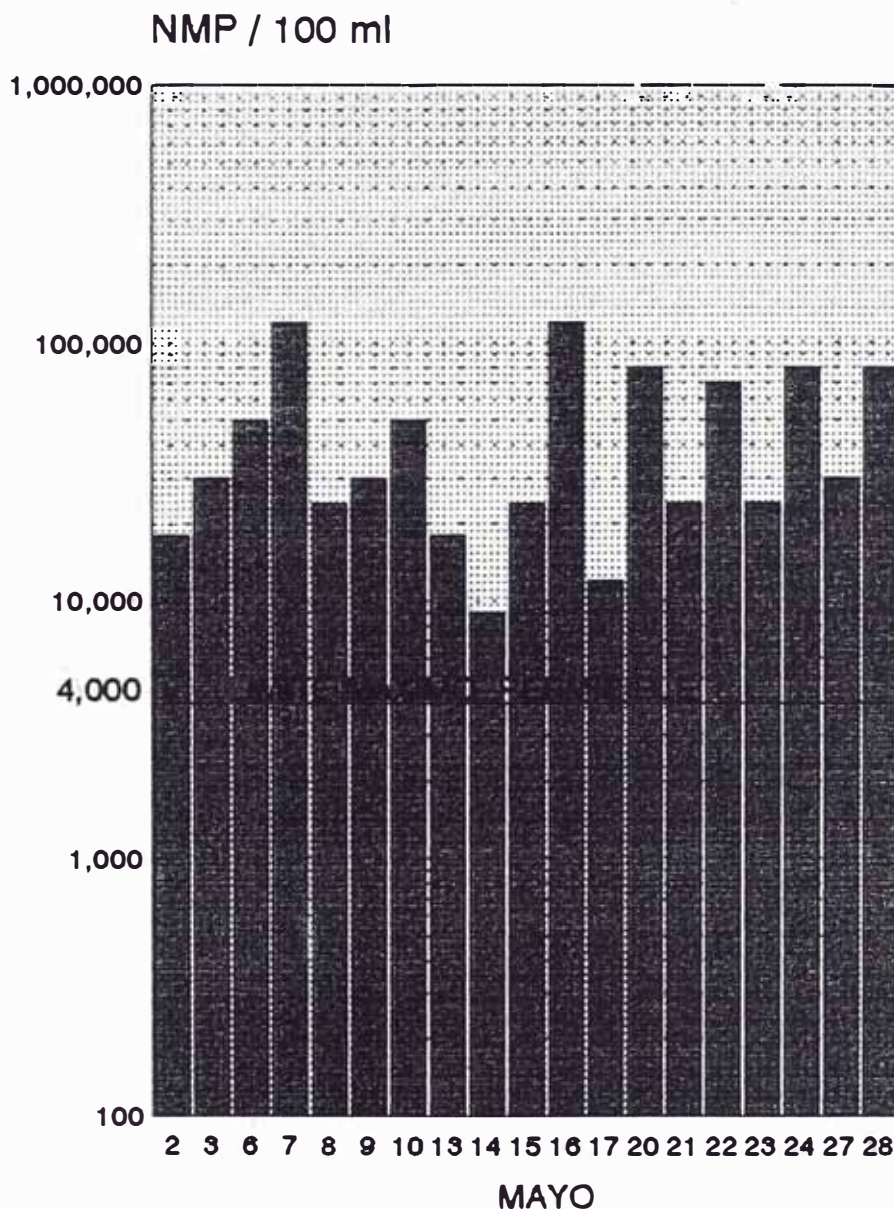
BOCATOMA DE LA PLANTA LA ATARJEA



EVALUACION DE HIPOCLORADORES

ABRIL 1991 CONVENIO : CEPIS/SEDAPAL

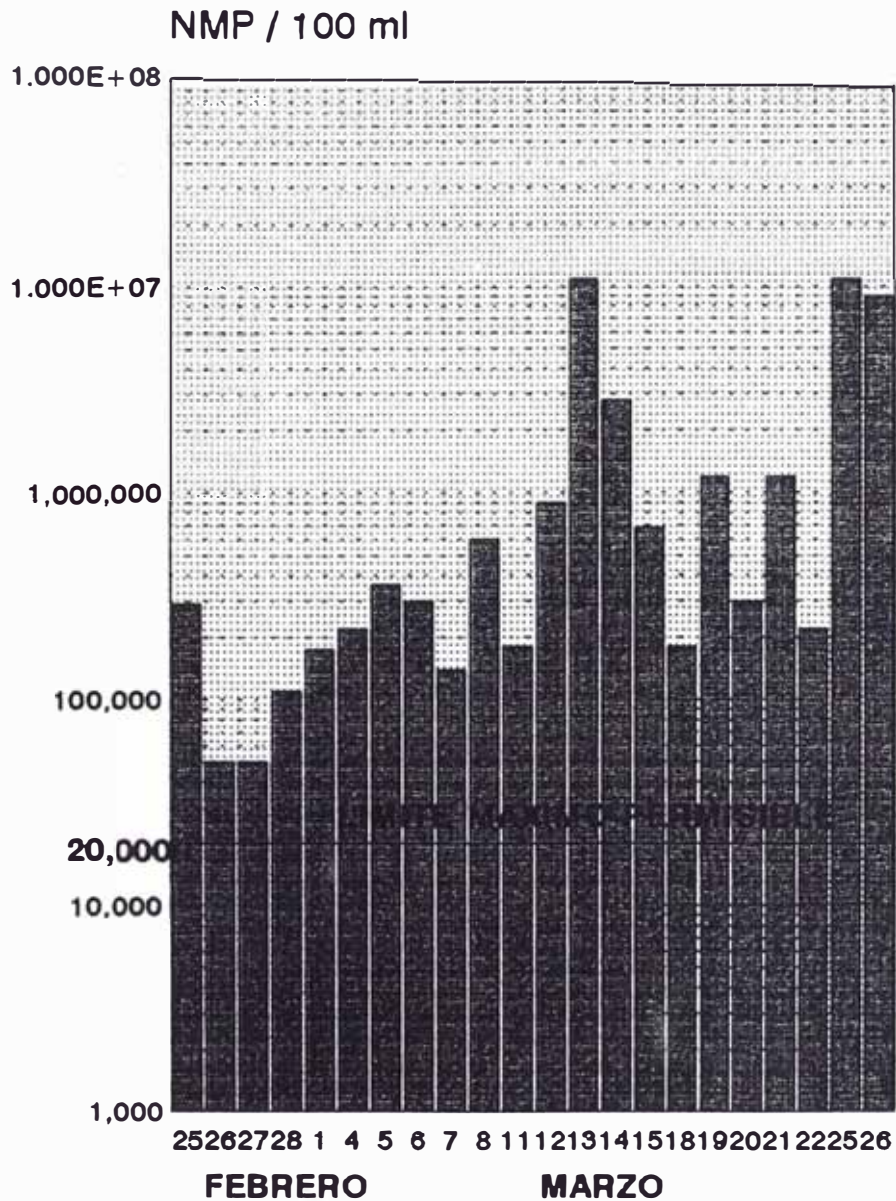
## HISTOGRAMA DE COLIFORMES FECALES BOCATOMA DE LA PLANTA LA ATARJEJA



EVALUACION DE HIPOCLORADORES

ABRIL 1991 CONVENIO : CEPIS/SEDAPAL

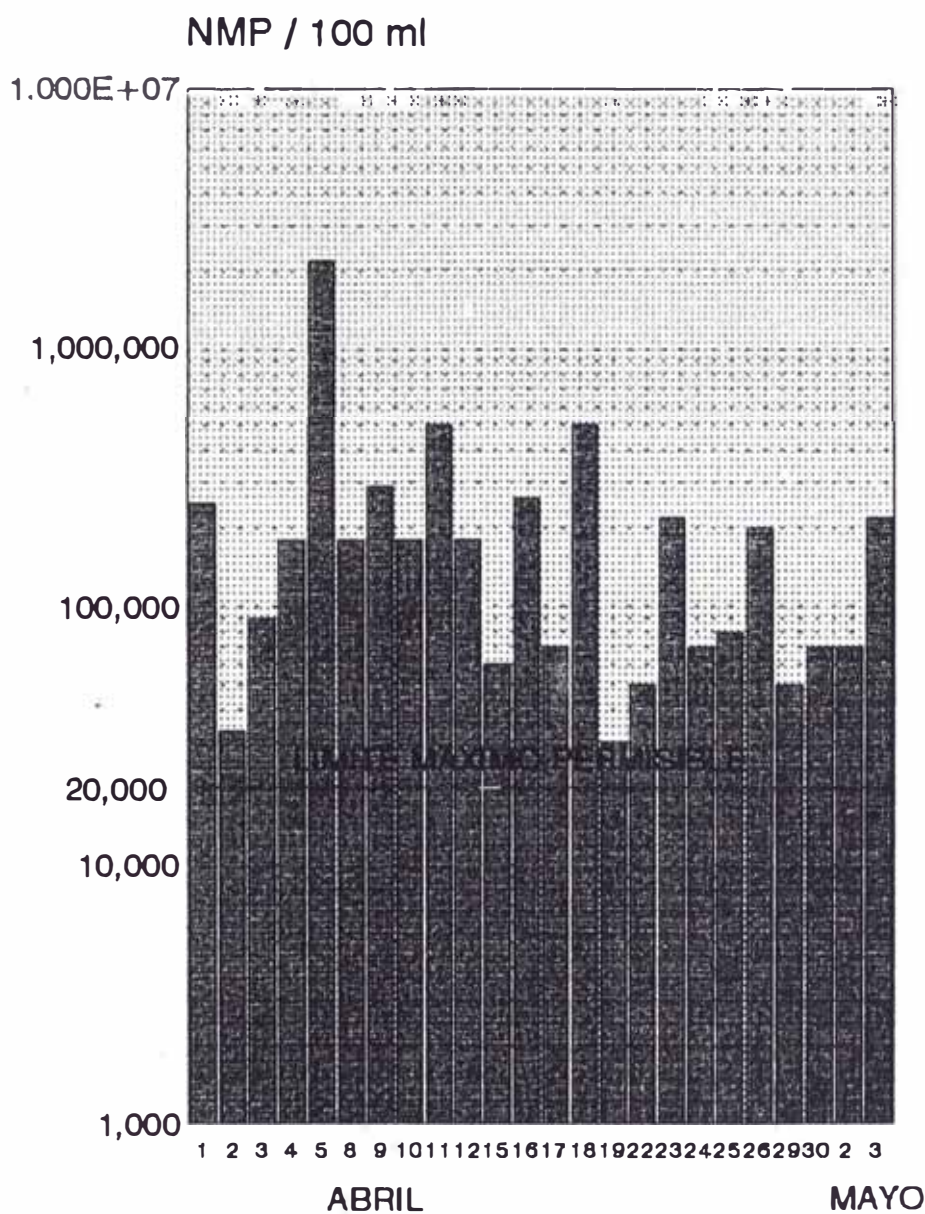
## HISTOGRAMA DE COLIFORMES TOTALES BOCATOMA DE LA PLANTA LA ATARJEA



ABRIL 1991 CONVENIO: CEPIS/SEDAPAL

EVALUACION DE HIPOCLORADORES

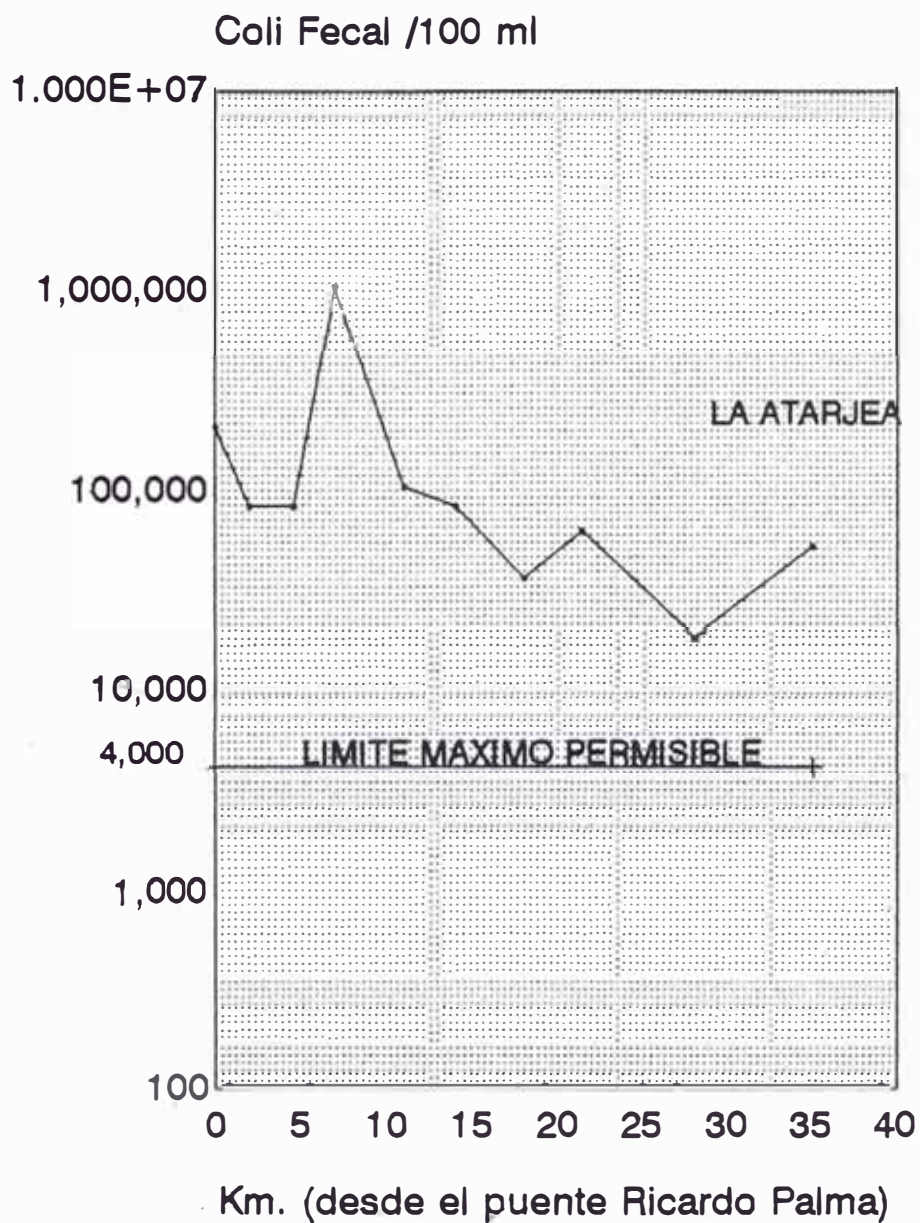
## HISTOGRAMA DE COLIFORMES TOTALES BOCATOMA DE LA PLANTA LA ATARJEA



EVALUACION DE HIPOCLORADORES

ABRIL 1991 CONVENIO : CEPIS/SEDAPAL

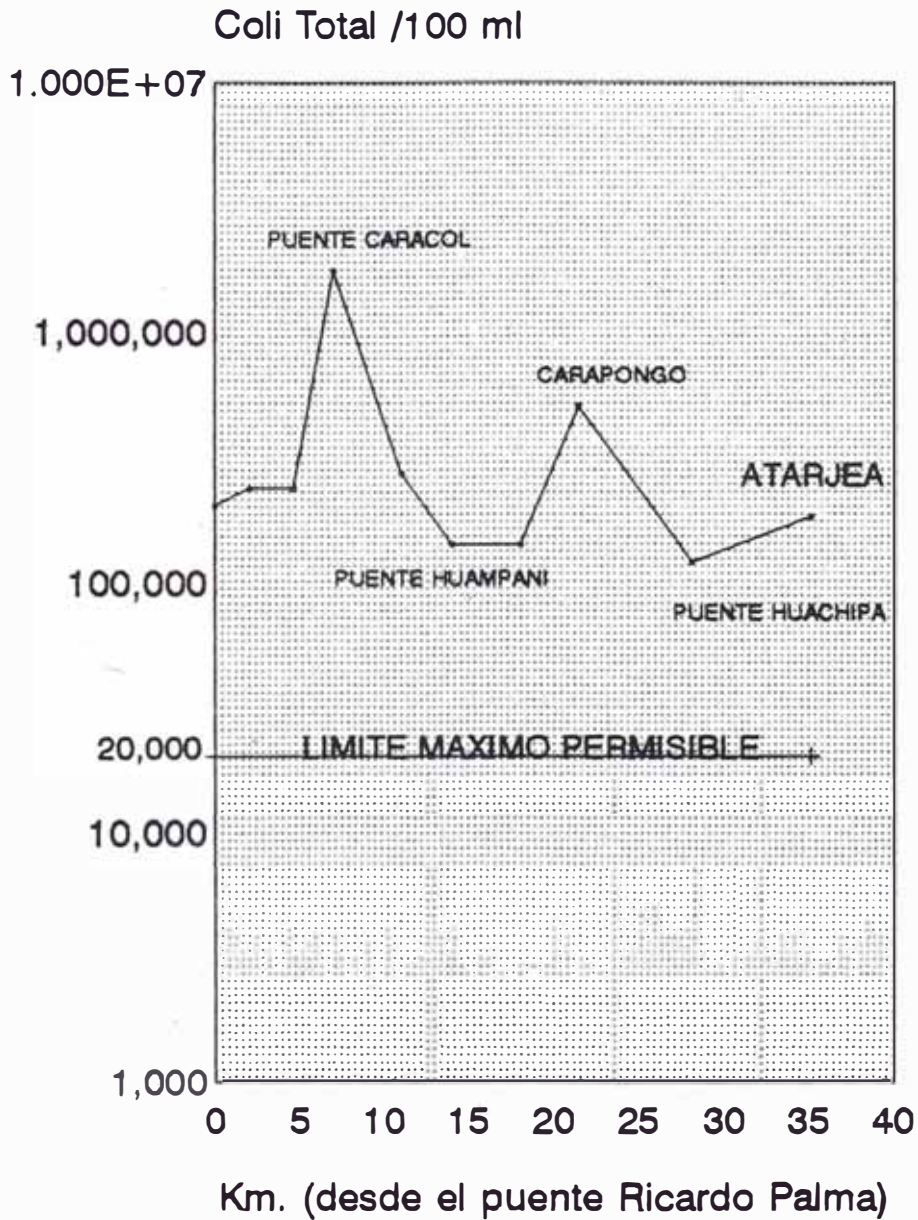
## EVALUACION BACTERIOLOGICA DEL RIO RIMAC



EVALUACION DE HIPOCLORADORES

ABRIL 1981 CONVENIO: CEPIS\CEDAPAL

## EVALUACION BACTERIOLOGICA DEL RIO RIMAC





### 3.1.2.- SUBTERRANEAS

El uso principal del agua de origen subterráneo en el Perú es de abastecimiento de agua potable, uso agrícola e industrial. Es utilizado especialmente en la costa representando el 10 % de la superficie total del país.

La excelente calidad natural de las aguas subterráneas ha sido suficiente para justificar su explotación para suministro de agua potable; incluso existen pozos que abastecen de agua a la población sin recibir ningún tipo de desinfección. Sin embargo debido al desarrollo de las actividades humanas, el riesgo de contaminación del agua subterránea es de consideración; esta modifica los mecanismos de recarga del acuífero e introduce nuevos, cambiando la tasa, frecuencia y calidad de la recarga del agua subterránea.

La preocupación de contaminación se relaciona principalmente a los acuíferos no confinados aquellos donde su nivel freático es poco profundo. Las principales actividades en Lima capaces de crear este riesgo son las lagunas de efluentes, y la disposición de residuos sólidos. Afortunadamente en Lima en las zonas donde existen estos tipos de actividades no se realiza la

extracción de agua subterránea. Pero no deja de ser preocupación, más aún los pozos existentes que tienen a sus alrededores acequias u otro tipo de efluentes.

La calidad bacteriológica del agua subterránea de pozos perforados, es inocua si no ha recibido recarga de agua contaminada, pero a veces ésta se ve afectada por la falta de mantenimiento a reservorios de almacenamiento y redes de distribución, estas últimas muchas veces presentan averías que no son reparadas, constituyéndose en un punto de contaminación. En el caso de los pozos excavados que en su mayoría se presentan en provincias y zonas alejadas de la ciudad, donde la napa freática es alta, no existe ningún tipo de protección hacia estos. Cuando la extracción de agua es por bombeo se recomienda su desinfección a fin de protegerla hasta que llegue al consumidor.

De igual manera los cortes de fluido eléctrico paralizan la extracción del agua por bombeo, esto implica un almacenamiento del agua en los reservorios por un lapso determinado en el que podría contaminarse si no se toma medidas de seguridad para estos casos como lo es la cloración.

### 3.1.3.- RED DE DISTRIBUCION

La distribución de agua potable no ha cubierto siquiera el crecimiento demográfico. Dicha extensión de cobertura no describe cabalmente la calidad de los servicios brindados. Se estima que menos del 20 % de los servicios de agua urbanos y menos del 1 % de los rurales cuenta con desinfección permanente, constituyendo esta una barrera importante contra la transmisión de enfermedades por el agua, en la eventualidad de que la red o dispositivos de almacenamiento se contaminen. Estudios realizados en la ciudad de Lima y Callao indican que la calidad bacteriológica del agua en el Callao puede ser considerada como regular, ya que presenta un 87 % apta para consumo humano, siendo Bellavista el distrito con mayor porcentaje (40%) de agua contaminada; y la Punta, Ventanilla y la Perla los distritos que en su totalidad cuentan con agua potable.

En Lima metropolitana, el Centro es el sector más privilegiado por tener el 85.67 % de agua de buena calidad bacteriológica; el sector Sur presenta un 24.67 % de agua contaminada y un 7.89 % sin agua en la red al momento de la evaluación; en el sector Norte la situación es similar con un 34.34% de casos de agua contaminada y 15.33 % sin agua en al red; el sector Este tiene el 44 %

de agua no apta para consumo humano y 9.29 % sin agua en la red y por ultimo el sector Oeste que tiene el 30 % de agua no apta para consumo humano. En los cuadros siguientes se detallan los resultados obtenidos de la evaluación.

En general se estima que en las áreas urbanas periféricas, donde los servicios de agua son intermitentes, no se cumple con las normas establecidas y en algunos casos no existe desinfección o existe un uso ineficiente del agua, con pérdidas que pueden llegar del 40 al 60 % del agua producida. A todo esto se suma la vida útil sobrepasada de las redes de distribución, las cuales no reciben mantenimiento o muchas veces tienen purgas que están conectadas directamente a las tuberías de alcantarillado, dando origen a ser consideradas como posibles focos de contaminación; además la falta de medios o equipos para desinfectar el agua en forma permanente.

Ante estas circunstancias es necesario tomar las medidas correspondientes inmediatas para asegurar un agua apta para el consumo humano.

### 3.1.4.- INTRADOMICILIARIA

En el País los logros para cubrir a la población con un sistema de red intradomiciliaria han sido sumamente limitados, siendo aún más crítica la situación del área rural. En Lima esta falta se acentúa con mayor énfasis en los pueblos jóvenes.

El problema se incrementa más aún debido a la falta de un servicio continuo las 24 horas del día en ciertos puntos de la ciudad, muchas veces suministrándose por un lapso de 2 horas cada 48-72 horas, siendo indispensable el almacenamiento del agua en recipientes muchas veces inadecuados y sin mantenimiento alguno. Aquellos lugares que no cuentan con conexiones intradomiciliarias el agua les es suministrada por medio de camiones cisternas operados por personas que no tienen ningún conocimiento ni control sobre la calidad del agua. Otra parte de la población se surte por piletas públicas, estas además de encontrarse bastante deterioradas y debido a la enorme cantidad de personas que abastece, dan lugar a la formación de charcos.

Estas formas de abastecimiento hacen que las aguas entregadas a la comunidad no sean de buena calidad por la manipulación inadecuada de ésta.

Estudios realizados por la Dirección General de Salud Ambiental, en sistemas de almacenamiento en vivienda en Lima Metropolitana y el Callao, indican para la provincia constitucional del Callao un 86.4 % de agua no apta para el consumo humano, Encontrándose en tres distritos Carmen de la Legua, Ventanilla y la Perla el 100 % de agua no apta para el consumo humano. En la provincia de Lima, tenemos que en el cono Sur el 45.78 % cuenta con agua libre de contaminación, siendo este el sector con mejores condiciones de almacenamiento, ya que en el cono Norte, Centro, Este y Oeste se tienen el 31.67 %, 40 %, 39.67 % y 40 % respectivamente de agua apta para consumo humano. En los cuadros siguientes se detallan los resultados obtenidos de la evaluación.

Estos resultados revelan la deplorable situación en que se encuentra nuestro sistema intradomiciliario, muchas veces por la falta de conocimiento sanitario de parte de la población, como por la falta de recursos económicos para abastecerse de cloro cuando se almacena el agua por muchos días.

En estos casos se hace necesario el uso de la desinfección con efecto residual, para asegurar la protección del agua por posibles contaminaciones futuras por un período mayor.

RESUMEN DE OPERATIVO DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO  
EN LIMA Y CALLAO

DISTRITOS	RESULTADOS EN LA RED PUBLICA			RESULTADOS INTRADOMICILIARIOS EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	
	APTA PARA EL CONSUMO (%)	NO APTA PARA EL CONSUMO (%)	SIN AGUA EN LA RED (%)	APTA PARA EL CONSUMO (%)	NO APTA PARA EL CONSUMO (%)
<b>A. CENTRO DE LIMA</b>					
- LIMA CERCADO	100	0	0	60	40
- RIMAC	61	39	0	40	60
- SAN ISIDRO	100	0	0	80	20
- MAGDALENA DEL MAR	100	0	0	25	75
- LINCE	100	0	0	25	75
- JESUS MARIA	100	0	0	100	0
- PUEBLO LIBRE	100	0	0	50	50
- LA VICTORIA	27	73	0	30	20
- BREÑA	83	17	0	0	100
<b>B. SUR DE LIMA</b>					
- VILLA MARIA DEL TRIUNFO	33	34	33	0	100
- VILLA EL SALVADOR	31	31	38	12	88
- SAN JUAN DE MIRAFLORES	28	72	0	0	100
- CHORRILLOS	61	39	0	43	57
- SANTIAGO DE SURCO	62	38	0	40	60
- BARRANCO	100	0	0	100	0
- SURQUILLO	100	0	0	83	17
- MIRAFLORES	100	0	0	100	0
<b>C. NORTE DE LIMA</b>					
- COMAS	24	38	38	0	100
- INDEPENDENCIA	44	28	28	50	50
- SAN MARTIN DE PORRES	18	56	26	40	60
- CARABILLO	71	29	0	25	75

RESUMEN DE OPERATIVO DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO  
EN LIMA Y CALLAO

DISTRITOS	RESULTADOS EN LA RED PUBLICA			RESULTADOS INTRADOMICILIARIOS EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	
	APTA PARA EL CONSUMO (%)	NO APTA PARA EL CONSUMO (%)	SIN AGUA EN LA RED (%)	APTA PARA EL CONSUMO (%)	NO APTA PARA EL CONSUMO (%)
- LOS OLIVOS	70	30	0	75	25
- PUENTE PIEDRA	75	25	0	0	100
D. ESTE DE LIMA					
- ATE VITARTE	70	30	0	33	67
- SANTA ANITA	34	66	0	50	50
- SAN JUAN DE LURIGANCHO	45	18	37	30	70
- EL AGUSTINO	45	27	28	25	75
- LA MOLINA	33	67	0	0	100
- SAN LUIS	100	0	0	100	0
E. OESTE DE LIMA					
- SAN MIGUEL	70	30	0	40	60
D. CALLAO					
- BELLAVISTA	60	40	0	34	66
- CARMEN DE LA LEGUA	75	25	0	0	100
- CALLAO CERCADO	87	13	0	34	66
- LA PUNTA	100	0	0	-	-
- VENTANILLA	100	0	0	0	100
- LA PERLA	100	0	0	0	100



### 3.2. DESINFECCION

#### 3.2.1 FINALIDAD

El objetivo de desinfectar las aguas para consumo humano es el de destruir los microorganismos patógenos presentes en ella (bacterias, protozoarios, virus y parásitos). Particularmente aquellos de origen intestinal, tales organismos pueden sobrevivir semanas a temperaturas cercanas a los 21° Centígrados, o posiblemente hasta por meses a temperaturas más bajas, su supervivencia en el agua depende de factores ambientales, fisiológicos y morfológicos, tales como el Ph, el suministro de oxígeno y de nutrientes, la dilución, la competencia con otros organismos, la resistencia a influencias tóxicas, y la habilidad para formar esporas. El hecho que estos organismos puedan producir en el hombre enfermedades una vez ingeridos, depende de su virulencia y de su concentración, así como de la vulnerabilidad de cada individuo y/o la susceptibilidad de ellos; obviamente la desinfección del agua también comprende la destrucciones de organismos productores de distintas enfermedades, bacterias intestinales, pero esto no implica necesariamente la destrucción completa de todos los organismos vivientes, es decir la esterilización. Los procesos de desinfección de agua rara

vez se llevan hasta el punto de la esterilización y esto se ha comprobado con informes médicos. Muchos organismos molestos, tanto de origen animal como vegetal, también son vulnerables a la desinfección y pueden ser parcial o totalmente controlados con un proceso de desinfección adecuado.

La finalidad será la disminución bacterial eliminando un (90% a 96%) en aguas de consumo humano, o de la demanda bioquímica de oxígeno en un (15% - 30%) de las aguas residuales brutas en el tratamiento de aguas residuales, con el fin de mejorar las condiciones de disposición de estas.

### 3.2.2 TIPOS DE DESINFECCION

Se pueden considerar dos grandes tipos de desinfección: la desinfección física y la desinfección química.

#### **Desinfección Física**

Los principales métodos de desinfección física son: el hervido y la radiación con rayos ultravioletas:

#### **Hervido**

Es una práctica segura y tradicional que destruye

microorganismos patógenos tales como virus, bacterias, cercaria, quistes y huevos. Si bien es efectivo como tratamiento casero, no es un método factible para abastecimientos públicos de aguas. Sin embargo en situaciones de emergencia se puede usar el hervido del agua como medida temporal.

#### La radiación de luz ultravioleta

Es un método efectivo de desinfección de aguas claras, pero su efectividad es reducida significativamente cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como nitrato, sulfato y hierro en su forma ferrosa. Este método de desinfección no produce ningún residuo que proteja al agua contra una nueva contaminación y que podría servir para propósitos de control y vigilancia.

La luz ultravioleta ha sido usada para desinfección en varios países desarrollados, pero se le aplica muy rara vez en países en desarrollo.

#### **Desinfección Química**

Existen una serie de productos que pueden ser usados para la desinfección química, por lo que un buen desinfectante químico debe poseer las siguientes características:

- Rápido y efectivo en eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua;
- Fácilmente soluble en agua en las concentraciones requeridas para la desinfección y capaz de proveer una acción residual;
- Que no imparta sabor, olor o color al agua;
- Que no sea tóxico para la vida humana o la animal;
- Que sea fácil de detectar y medir en el agua;
- Fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar;
- De fácil disponibilidad a un costo moderado.

Las sustancias químicas que han sido usadas exitosamente para la desinfección son: cloro, compuestos de cloro, yodo dosificados en forma adecuada; ozono y otros oxidantes como permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno. Cada uno de estos tiene sus ventajas y limitaciones.

#### Cloro y compuestos de cloro:

Su capacidad de destruir patógenos con bastante rapidez y su amplia disponibilidad los hacen muy adecuados para la desinfección. Su costo es moderado y son, por esta razón, ampliamente usados como desinfectantes a través del mundo.

Yodo:

A pesar de sus propiedades atractivas como desinfectante, el yodo tiene serias limitaciones. Se requiere de dosis adecuadas (10-15 mg/l) para alcanzar una desinfección satisfactoria. No es efectivo cuando el agua a ser desinfectada presenta color o turbidez. La elevada volatilidad del yodo en soluciones acuosas es también un factor en contra de su uso, excepto en situaciones de emergencia.

Permanganato de Potasio:

Este es un poderoso agente oxidante y se ha descubierto que es efectivo contra el vibrión cólera pero no contra otros patógenos. Deja manchas en el contenedor y por esto no es un desinfectante muy satisfactorio para abastecimientos públicos de agua.

Ozono:

El ozono es cada vez más usado para la desinfección de abastecimientos públicos de agua potable en países industrializados, ya que es efectivo en la eliminación de compuestos que dan sabor o color objetables al agua. Al igual que los rayos ultravioleta, el ozono no deja normalmente ningún residuo medible, cuya detección pudiera servir para controlar el proceso. La ausencia de

un residuo también significa que no hay protección contra una nueva contaminación del agua después de su desinfección. Los elevados costos de instalación y operación y la necesidad de un suministro continuo de energía hacen que el uso del ozono no sea una práctica recomendada para países en desarrollo.

### 3.3 EQUIPOS DE DESINFECCION

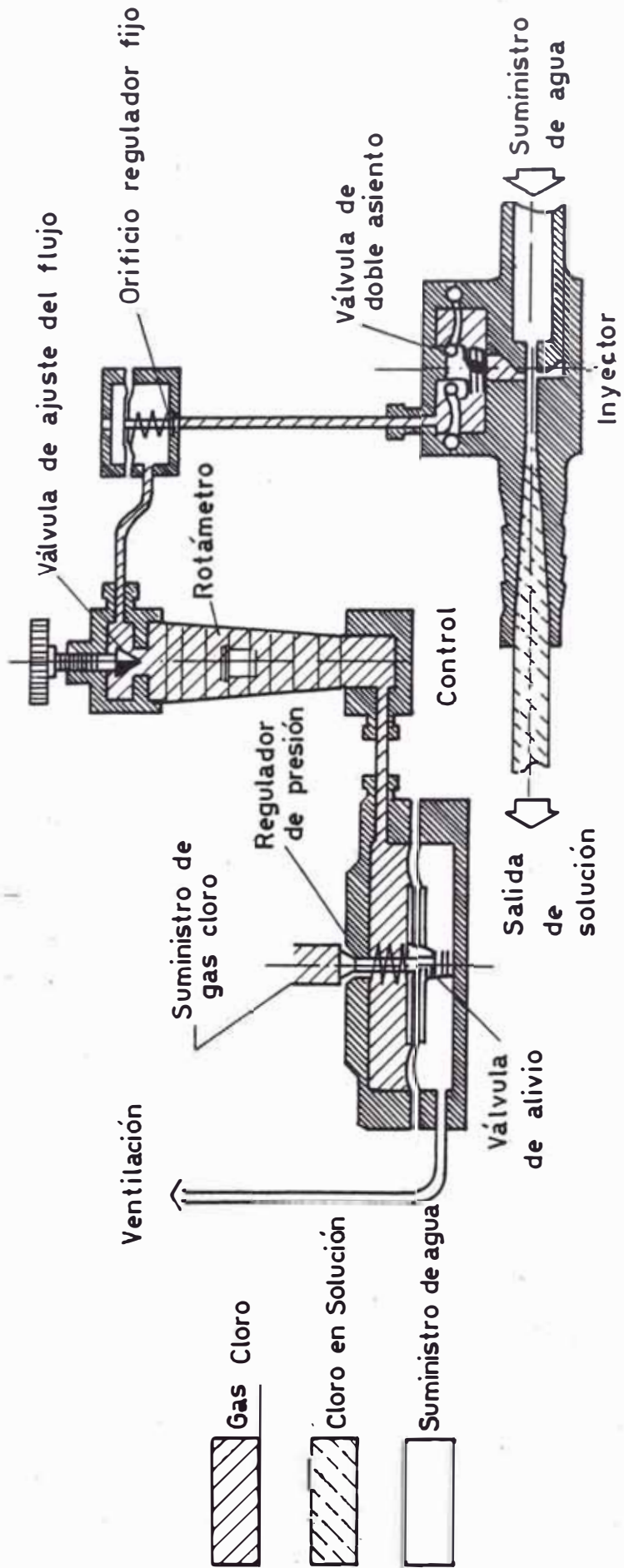
Existen numerosos diseños y tipos de cloradores, estos varían dependiendo de factores como: la importancia o complejidad de la unidad de abastecimiento, la disponibilidad de fondos destinados para el sistema de cloración, la existencia de diversos sistemas en el mercado, la cantidad de agua tratada, el costo y la disponibilidad de las sustancias químicas que se utilizan, etc.

#### 3.3.1 DOSIFICADOR DE GAS

Cuando la cantidad de agua a ser tratada es superior a los 500 m<sup>3</sup> diarios, se ha descubierto que el uso del gas de cloro en una concentración al 100% es el proceso más económico por su operación y mantenimiento.

En este equipo el montaje es directamente en el cilindro de cloro, ya sea en una pared lateral o sobre un panel aparte.

Todo el equipo de cloro gas funciona siguiendo un diagrama de flujo que se muestra en la dibujo 1, este esquema puede tener ligeras variante constructivas, propias de cada fabricante.



MODELO:

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL DOSIFICADOR A GAS

ESCALA:

DIBUJO N°:

1

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



### 3.3.2 LIQUIDO (HIPOCLORADOR)

Se utiliza para abastecimientos menores de 500 m<sup>3</sup> diarios debido a que el cloro liquido se encuentra en el mercado a una concentración 10 %, sólido a 60-65% y gaseoso 100% disminuyendo su concentración estos dos últimos al diluirlos con agua.

Para el diseño de un equipo hay que tener en cuenta la si se usa cloro en estado sólido, líquido o gaseoso.

#### 4. EL PROYECTO

Para reducir los problemas generados debido a las deficiencias en ciertos equipos de dosificación existentes, y la falta de tecnología práctica en muchos de ellos vi la necesidad de evaluar 3 hipocloradores seleccionándolos por su mayor divulgación bibliográfica y su fácil construcción.

##### 4.1 HIPOLORADORES TRADICIONALES

La evaluación de los tres equipos está basado en el mismo principio de carga constante, solo difieren en el material empleado para su construcción, lo que incide en una performance diferente.

**4.1.1 PRINCIPIO.-** El principio de todos ellos es mantener una carga constante del líquido es decir una altura invariable del cloro sobre el punto de salida, para así proveer de un caudal constante de dosificación.

**4.1.2 MODELOS.-** Los modelos que operan bajo este principio son:

- a.- Clorinador por gravedad (Tornillo de fijación)
- b.- Clorinador por gravedad (Tipo Unipack)
- c.- Equipo de dosificación alemán
- d.- Dosificador de lata de cerveza
- e.- Dosificador botella-vaso plástico

#### 4.1.3 CARATERISTICAS

##### a) Clorinador por Gravedad (Tornillo de fijación)

Consta de un tubo de PVC de 3/4 de 29cm. de largo roscado en la parte superior en 11.5 cm. (Tornillo) para que el tubo pueda girar dentro de un tecnopor superior circular de 16 cms. de diámetro que tiene una tuerca de PVC de 3/4" pegada con soldimix en el centro, el tubo tiene un agujero de 1/8" de diámetro por el cual ingresa el cloro, la distancia entre el agujero y la rosca es de 0.6 cm, además posee un tubo flexible (Manguera de 1/4" de diámetro) el cual transporta el cloro que ingresa por el agujero a la salida; con una llave de regulación fuera del tanque que gradúa la cantidad a dosificar, el equipo flota dentro de un cilindro de 200 litros a 250 litros de capacidad de solución clorada. Ver Dibujo N° 2

##### b.- Clorinador por gravedad (Tipo Unipack)

Es muy parecido al anterior la diferencia es que el flotador es de PVC, es una estructura construida con 4 codos y niples de 3/4" formando un rectángulo previamente pegado para que no ingrese el agua dentro y crear un vacío que permite a este flotar. Ver figura N° 3.

**c.- Equipo Dosificador tipo Alemán**

Este equipo es independiente del nivel del líquido pues tiene instalado un tubito dosificador intercambiable, cuyo diámetro de perforación y longitud determinan el caudal disponible. Están a disposición tubitos dosificadores de vidrio con diámetros de 0,6 - 0,8 - 1,0 y 1,3 mm. en las tres longitudes de 25, 50 y 75 mm. para varios caudales.

El cloro que sale del tubito dosificador llega al espacio ventilado de salida y desde allí por el tubo de conexión de plástico de 4\*6 mm. a la válvula de cierre también ventilada. la válvula está representada en el dibujo No 4.

El dibujo 5 representa la disposición del conjunto. la cantidad de salida de cloro se puede determinar por la combinación de diámetro y longitud de los tubitos de los dosificadores y el número de dosificadores flotantes. Se puede conseguir valores intermedios y cantidades adicionales por conexión paralela de dos dosificadores flotantes con los mismos o diferentes valores de salida. El segundo dosificador se ligara mediante una pieza T a la manguera de empalme entre el primer dosificador

flotante y la válvula de cierre ver dibujo 6.

Si en el caso de elevadas temperaturas el tanque no es suficiente para el período deseado de relleno, se puede conectar dos o varios tanques mediante mangueras de 1/2".

#### d.- Dosificador de lata de cerveza

El equipo consta de un recipiente de solución clorada que descarga su contenido en el dosificador a través de un tubo flexible. Ver dibujo No 7.

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

El dosificador esta constituido por un contenedor y un flotante. El contenedor es una lata de cerveza o gaseosa vacía, esta a su vez conecta con un filtro simple, el cual consta de un tubo y tapa plastica. El fondo del tubo debe estar agujereado, se conectará un trozo de bolígrafo que se pega 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 un tubo flexible a otro trozo de bolígrafo colocado en la parte lateral inferior del recipiente y que actúa como descarga del mismo. ver dibujo No 8

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 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 pega también el 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 envase vacío de espray o aerosol.

A ese envase se le quita la válvula y se sella el agujero 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 de 1 cm. y es condición que sea blanda para permitir un buen cierre.

La goma se pega al 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 al ataque oxidante del cloro.

Sobre la manguera de descarga de clorageno, 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 plásticos flexibles de poco diámetro, es factible realizarla con elementos muy simples.

Un segundo caso podría ser una bisagra larga (Tipo doble T), agujereada y con un bulón con tuerca

mariposa que proporciona una buena regulación. Ver dibujo No 9

#### e.- Dosificador botella-vaso plástico

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

El dosificador está constituido por un contenedor y un flotante. Ver dibujo No 10

El contenedor es una botella de plástico o vidrio no cónico, de 3/4 ó un litro de capacidad, que se utilizará 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 un pegamento y masilla epoxi.

Esta tapa tiene dos agujeros. uno central por donde se introduce un bolígrafo que penetra en el interior un centímetro aproximadamente 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.

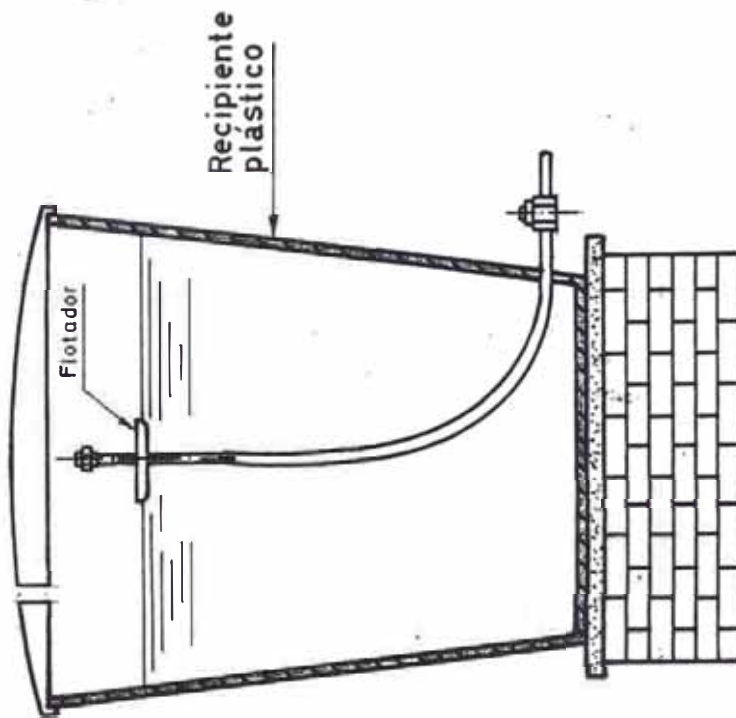
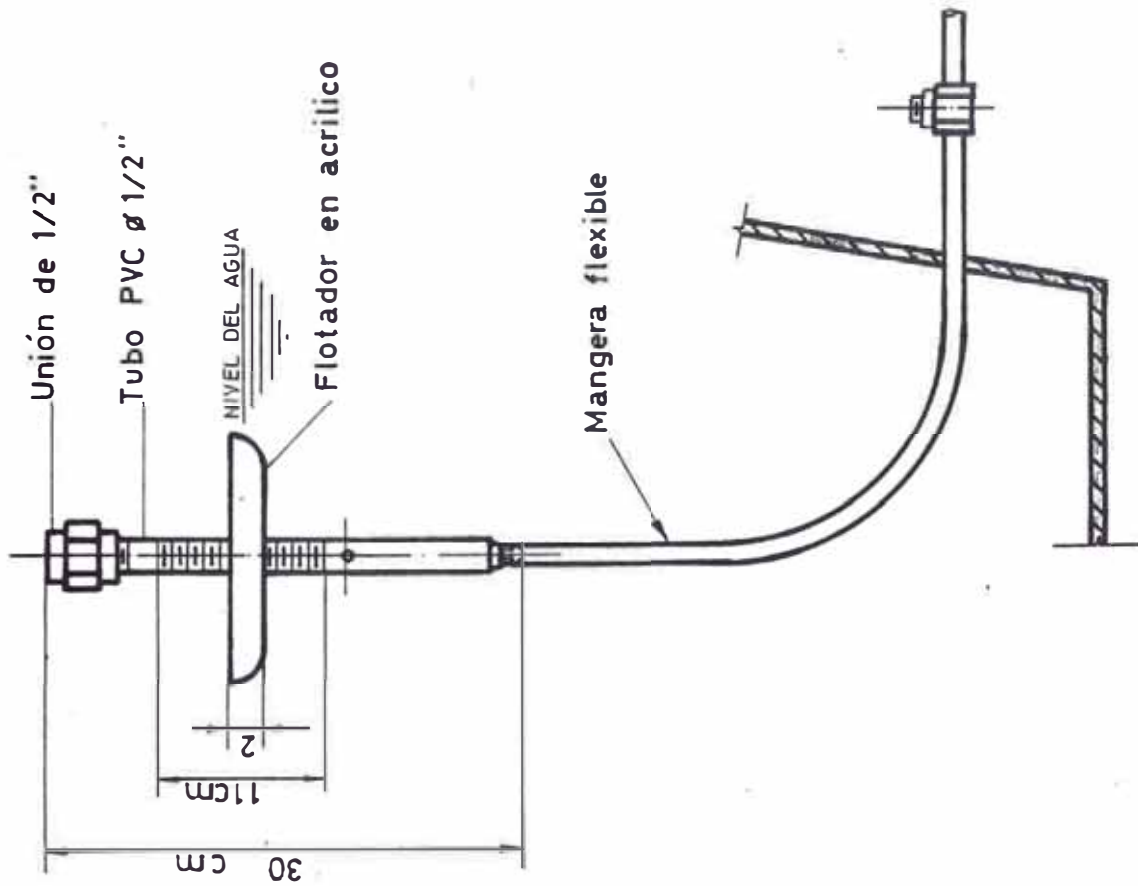
El flotante en este caso es un vaso de plástico de yogurt que se coloca invertido en el interior de la botella.

Cuanto más cilíndrico y menos cónico sea el vaso, mejor trabajará y su diámetro mayor no debe ser mucho mayor 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 cms. 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 del pintado protector. Ver dibujo 11



esc. 1:5

MODELO:

CLORINADOR POR  
GRAVEDAD (tornillo de fijación)

ESCALA:

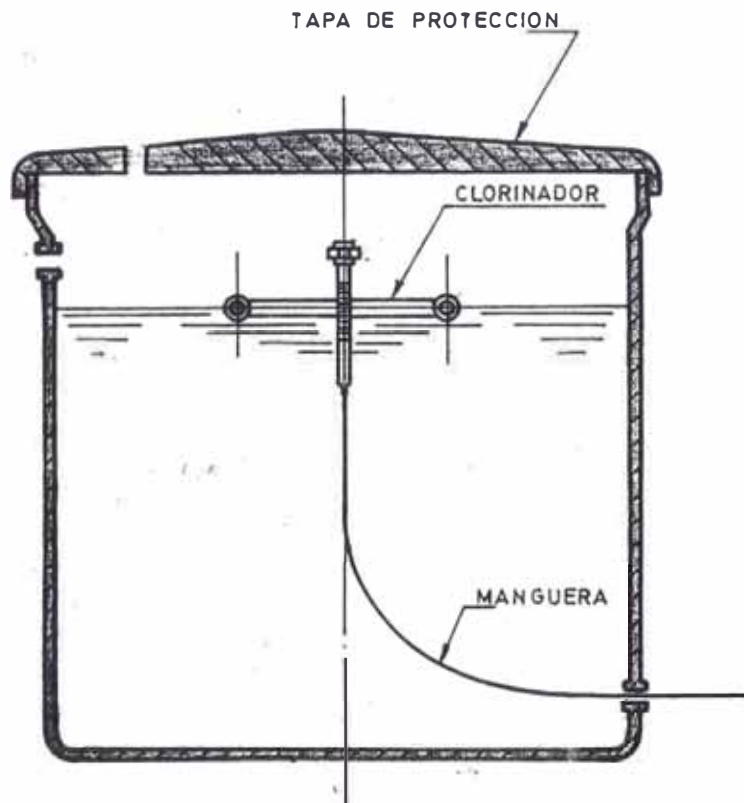
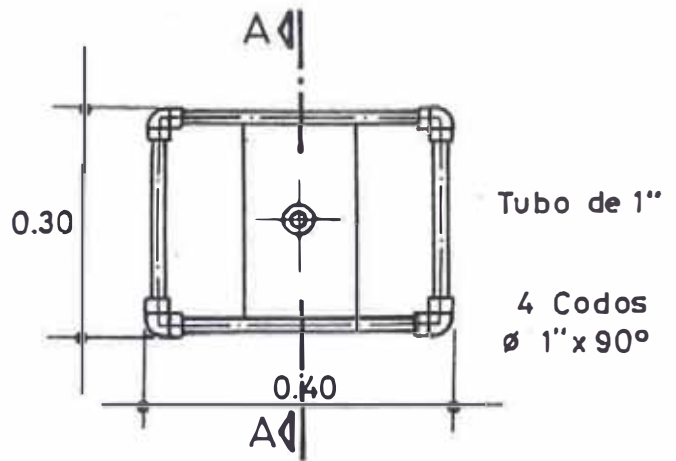
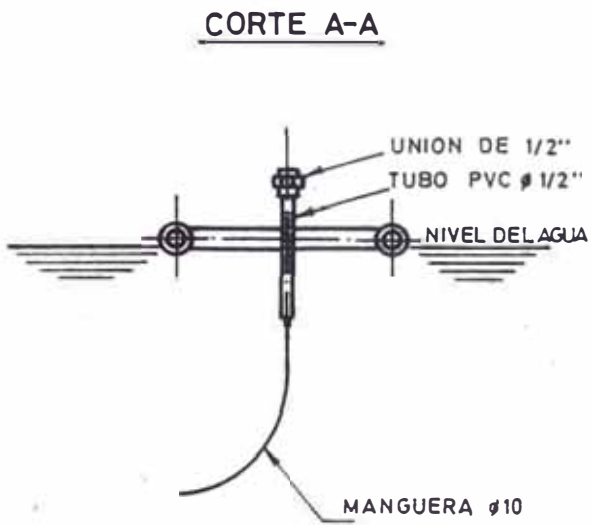
indicada

DIBUJO N°

2

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



MODELO:

CLORINADOR POR  
GRAVEDAD (tipo unipack)

ESCALA:

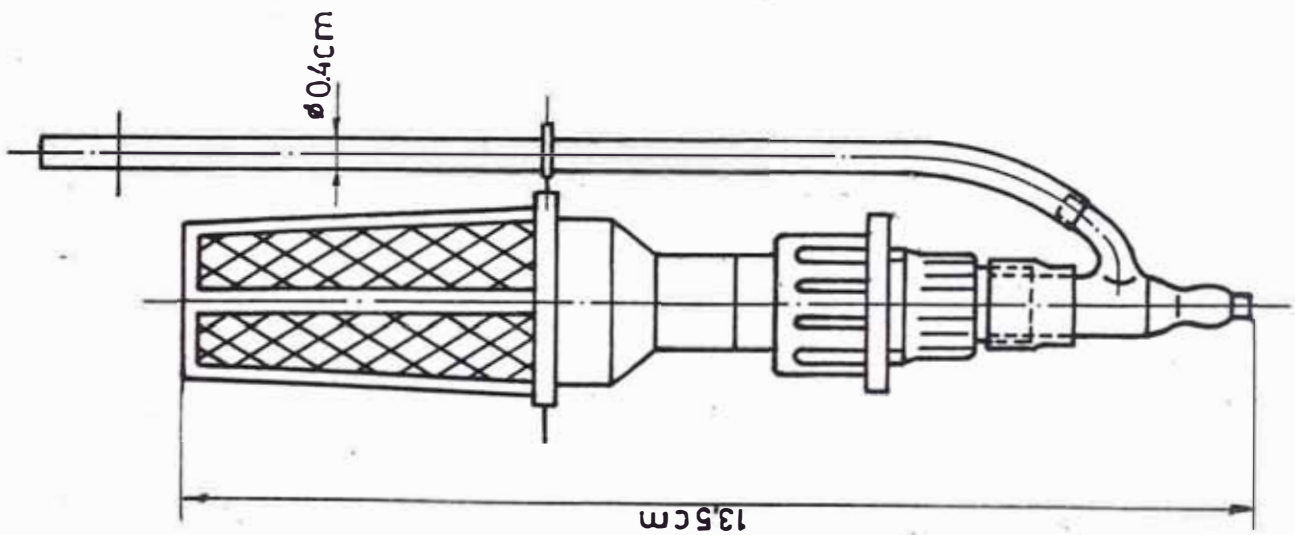
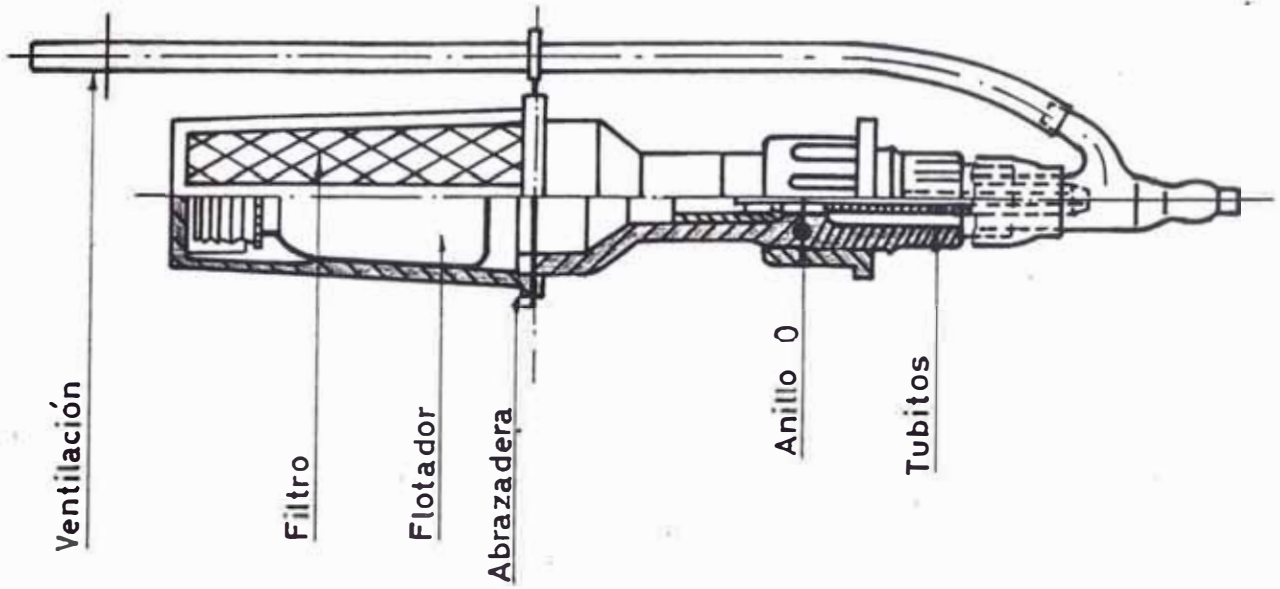
1:10

DIBUJO N<sup>o</sup>

3

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



MODELO:

DOSIFICADOR ALEMAN

ESCALA:

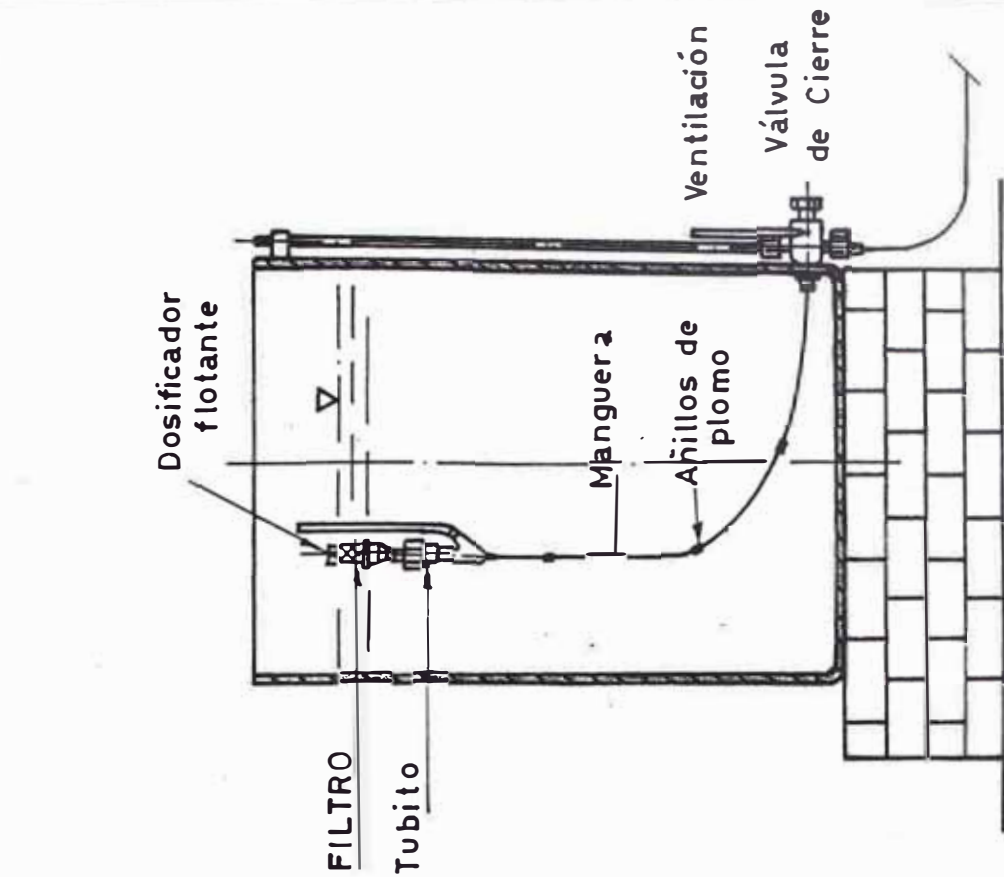
1:1

DIBUJO N°

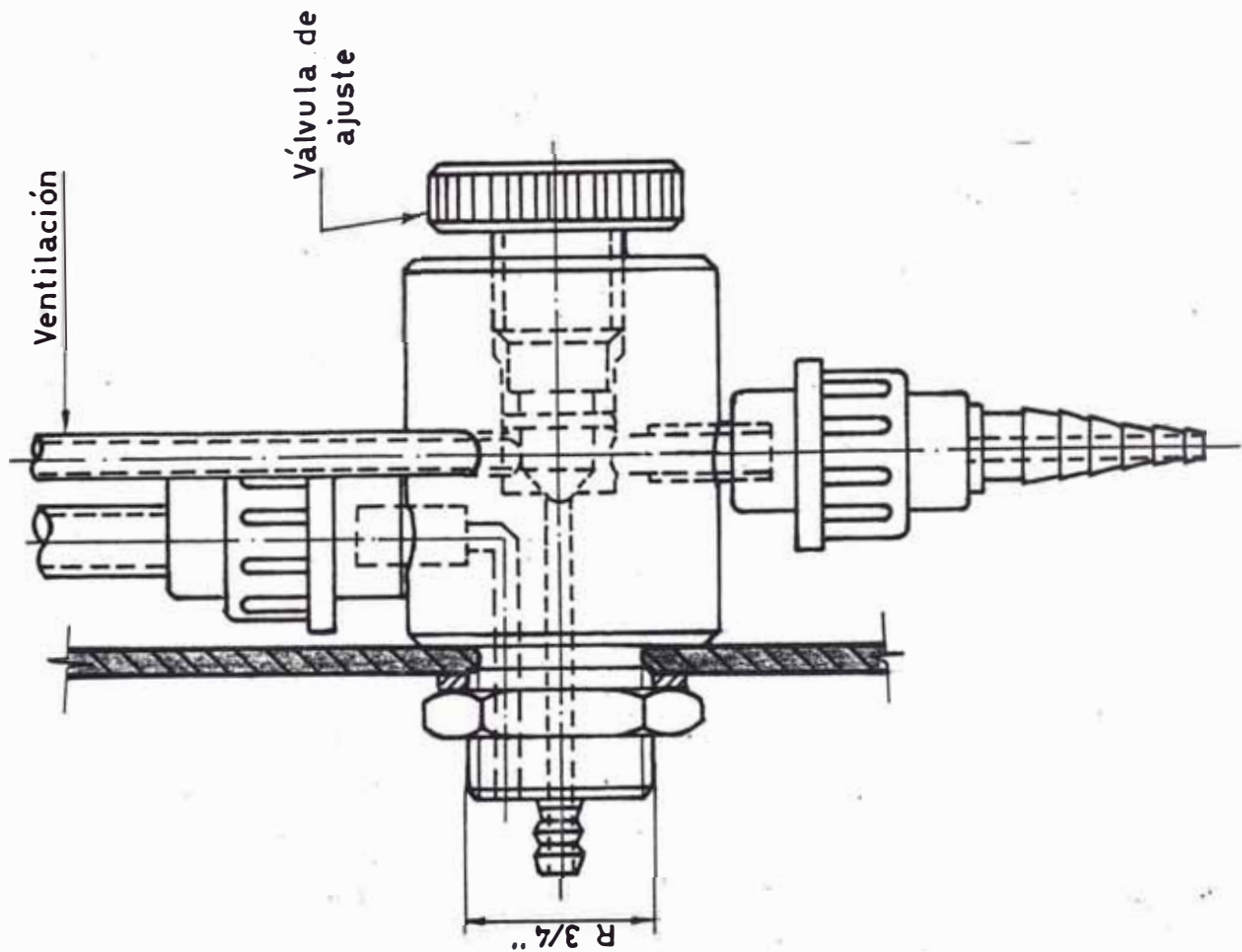
4

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



esc. 1:10



esc. 1:1

MODELO:

DOSIFICADOR ALEMAN

ESCALA:

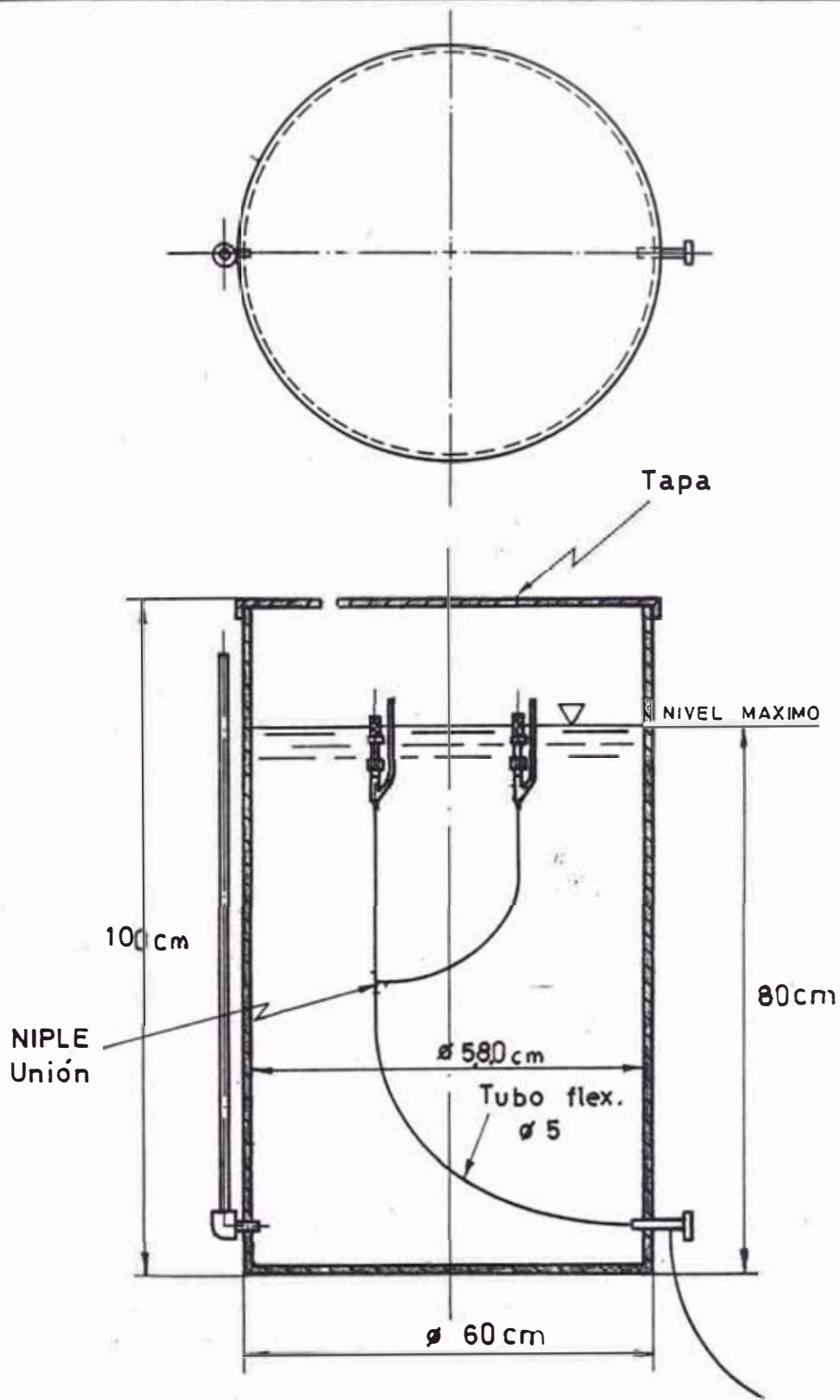
indicada

DIBUJO Nº

5

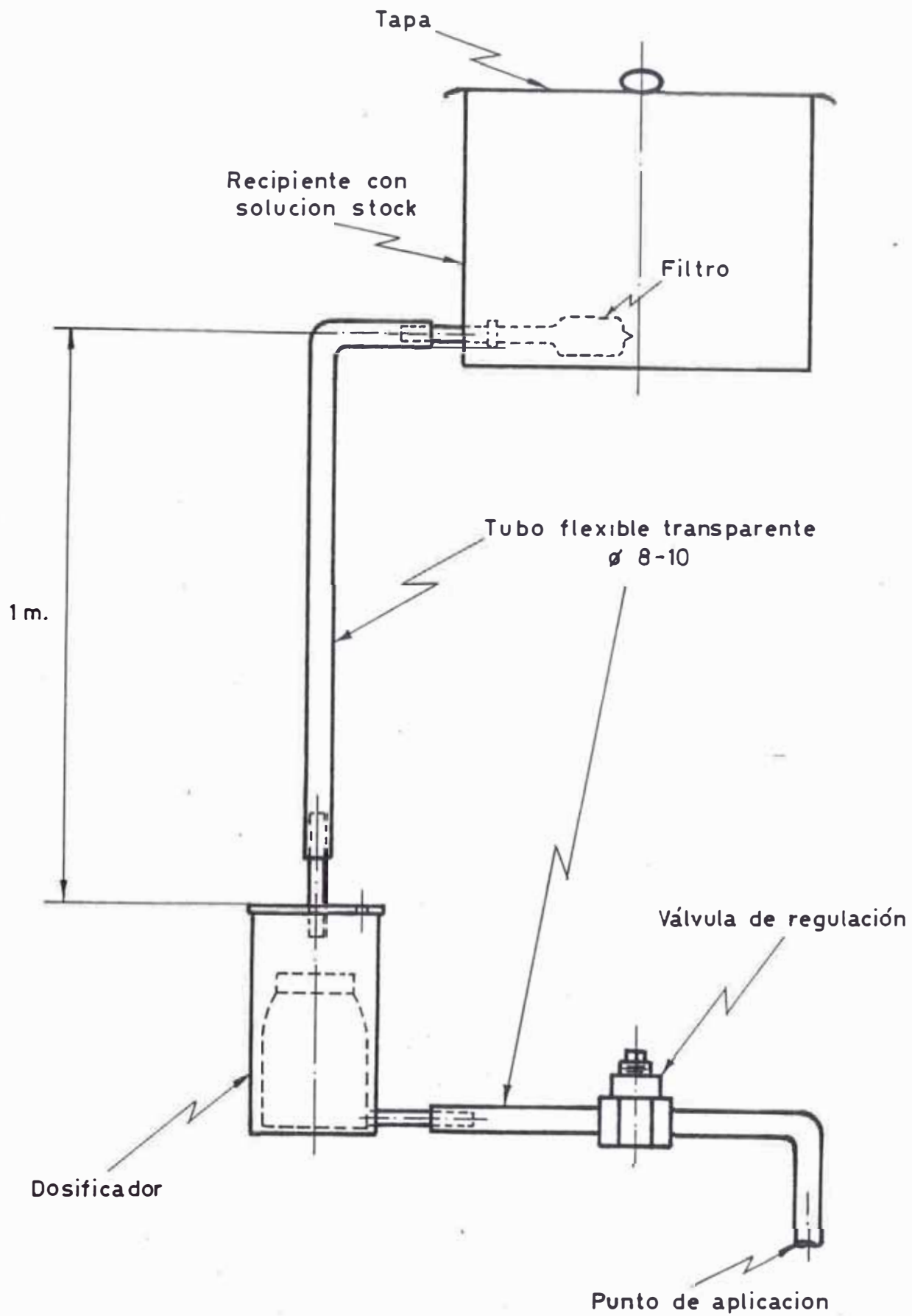
ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



INSTALACION DE 2 FLOTADORES

MODELO: <b>DOSIFICADOR ALEMAN</b>	ESCALA 1:100	DIBUJO N.º <b>6</b> ELABORADO POR: <b>LEONARDO JOYA</b>
--------------------------------------	-----------------	--



MODELO:

DOSIFICADOR LATA DE CERVEZA

ESCALA:

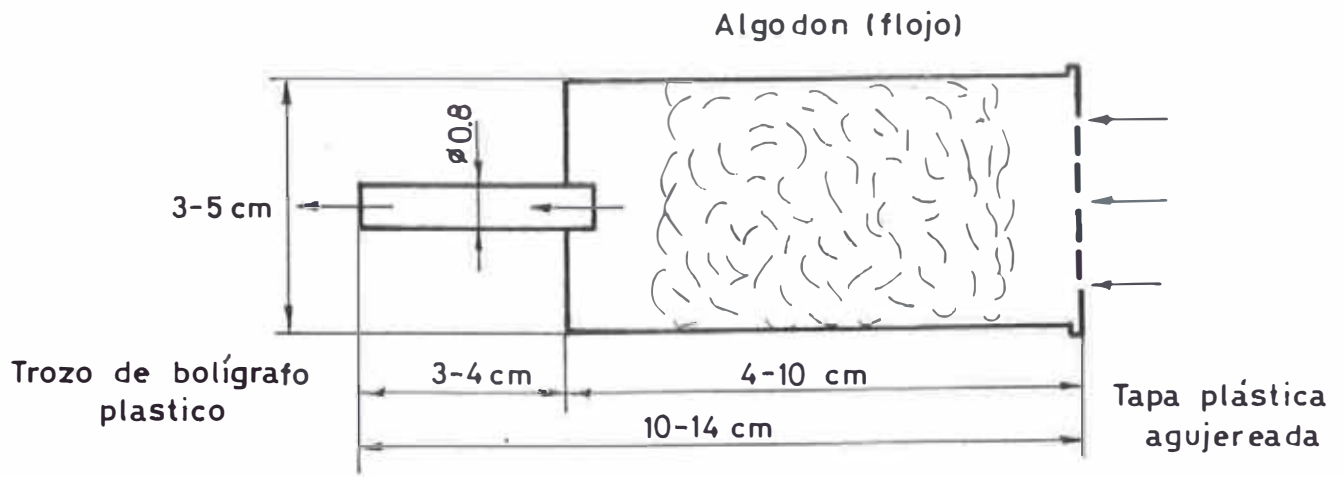
1:100

DIBUJO N°

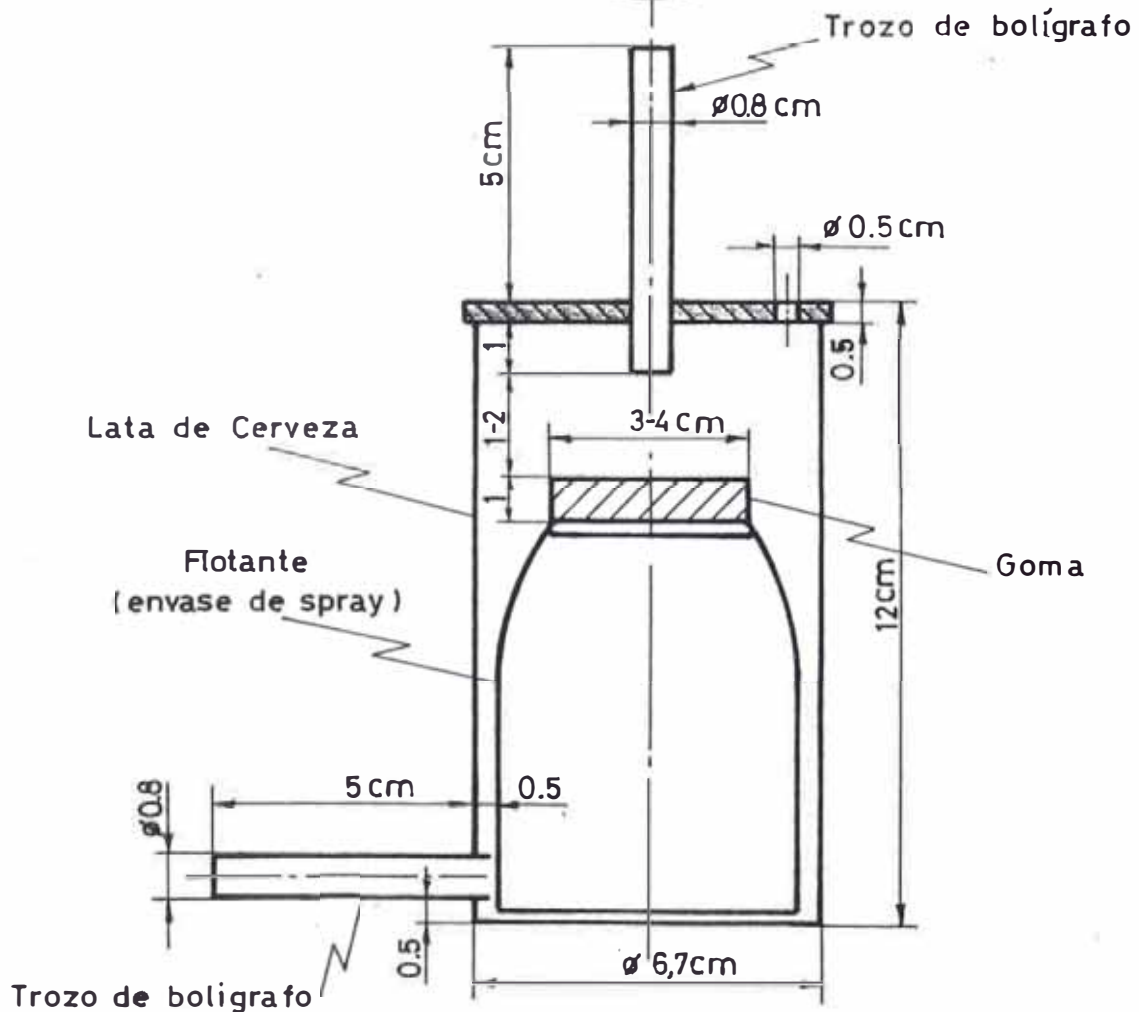
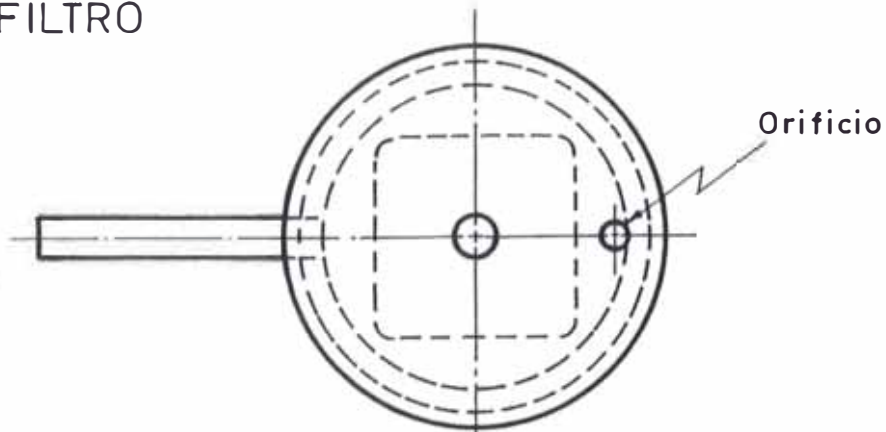
7

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



FILTRO



MODELO:

DOSIFICADOR LATA DE CERVEZA

ESCALA

1:15

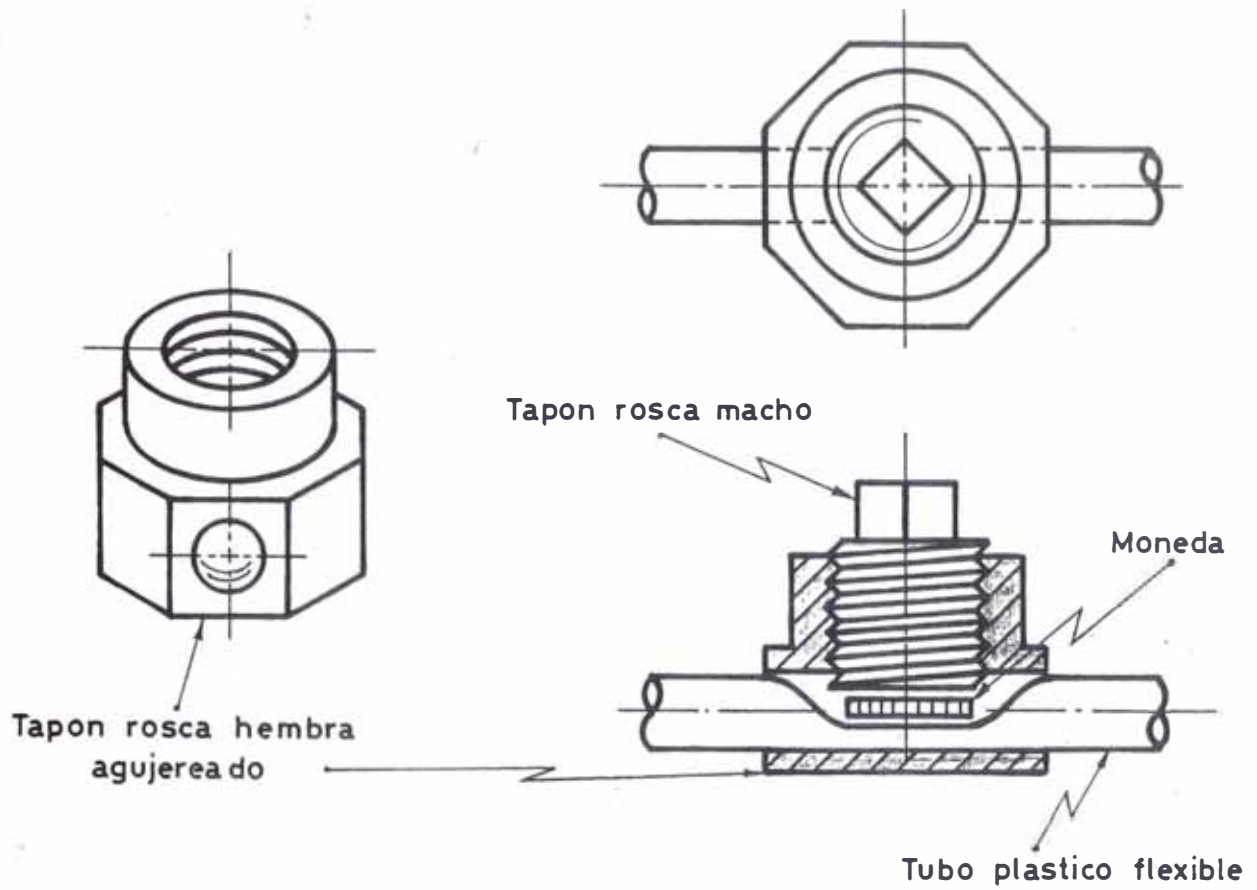
DIBUJO N°

8

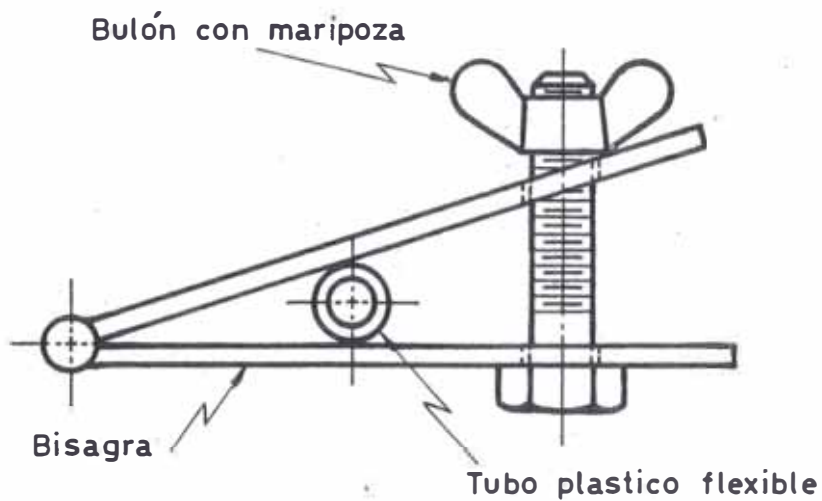
ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA





VALVULA CON TAPONES DE PVC



VALVULA DE BISAGRA

MODELO:

VALVULAS

ESCALA:

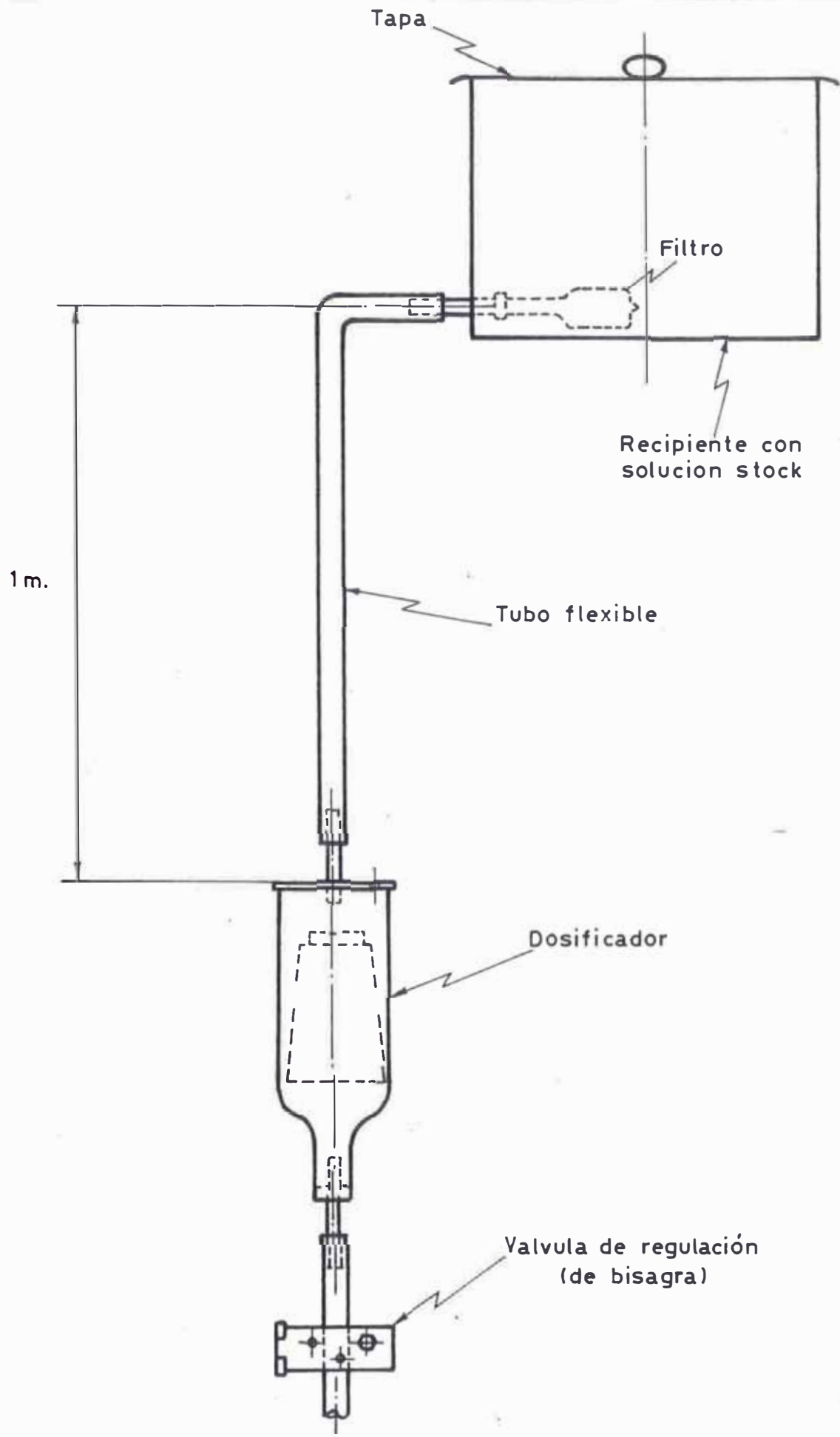
1:1

DIBUJO N°

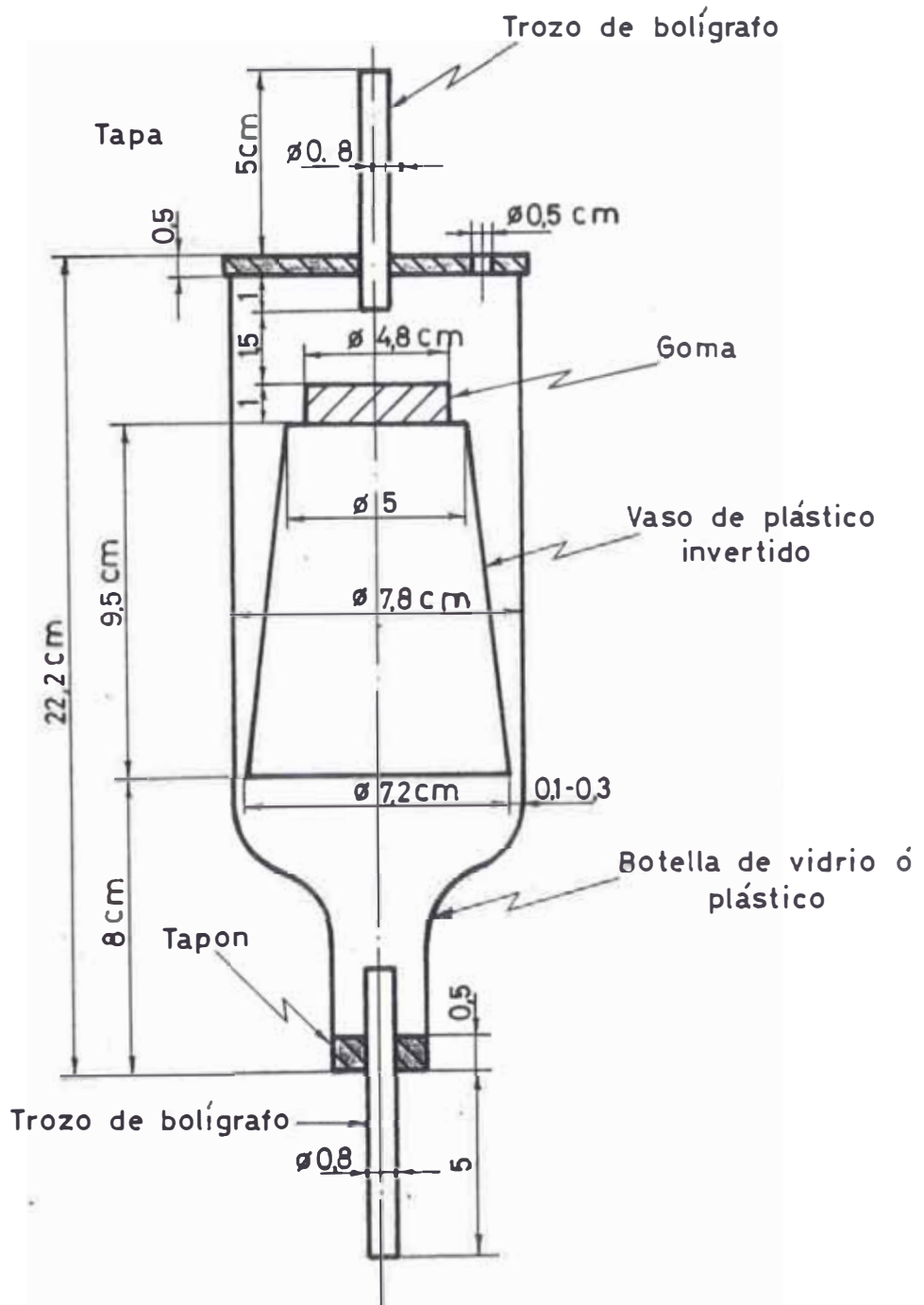
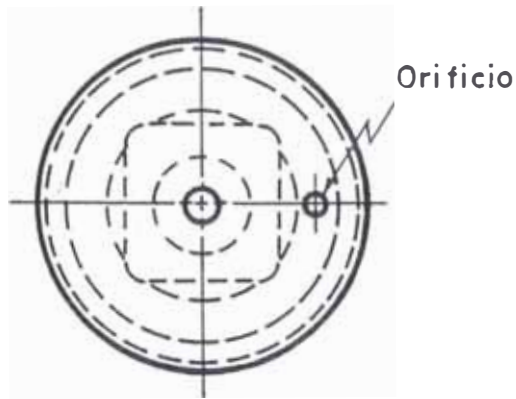
9

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA



MODELO: <b>DOSIFICADOR VASO          INVERTIDO</b>	ESCALA : 1:100	DIBUJO N° 10
		ELABORADO POR: <b>LEONARDO JOYA</b>



MODELO:

DOSIFICADOR VASO  
INVERTIDO

ESCALA :

1:1,5

DIBUJO N°

11

ELABORADO POR :

LEONARDO JOYA

#### 4.1.4 EVALUACION

Para realizar la evaluación se siguió los siguientes pasos:

4.1.4.1 Se hace cálculos matemáticos para saber cuál es el caudal del dosificador, rangos de trabajo, concentración necesaria para la aplicación en el agua a tratar, todo esto para hacer una comparación con los cálculos realizados a escala de laboratorio.

4.1.4.2 Evaluación a escala de laboratorio

- Primero se verificó si todas las instalaciones estaban selladas, usar para esto cinta teflón o pegamento.
- Se abrió la válvula de salida de cloro del dosificador a un caudal mínimo.
- Se aforó con una probeta de 100 ml. y un cronómetro para determinar el caudal de dosificación en litros por hora.

- Se Medió la temperatura del medio ambiente y del recipiente de cloro.
- El procedimiento anterior se realizó cada una o dos horas, durante una semana.
- Se Construyó las gráficas: Caudal versus Altura del recipiente y caudal versus tiempo.
- Finalmente se abrió la válvula de salida de cloro y afore para determinar todos los caudales posibles del dosificador hasta encontrar un caudal de dosificación máximo.

Al evaluar los tres dosificadores se obtuvo los siguientes resultados: Que el dosificador Tipo Unipack con el de Tornillo de Fijación tienen los mismos resultados y la denominación que adopte para ambos es de Dosificador de cloro con flotador al representarlos en tablas y gráficos.

En el caso del Dosificador Alemán solo se presentan resultados de campo.

4.1.4.3 Costos de construcción de los equipos

Sólo se presenta presupuestos de los equipos  
construidos en el laboratorio ellos son:  
Clorinador por Gravedad (Tornillo de  
Fijación) cuadro 1 y Clorinador por Gravedad (Tipo  
Unipack) cuadro 2.

DATOS EMPIRICOS CON DOSIFICADOR DE

COLORO FLOTANTE

CAUDAL DE BOMBEO T=8 HORAS LTS/SEG	DISTANCIA DEL FLOTANTE AL PUNTO DE INGRESO DE CLORO						SOLUCION MATRIZ %	No ORIFICIOS (D=1/8")	VOLUMEN (LTS.) SOLUCION MATRIZ CON CAL CLORADA AL 30 %		
	h= 1. 0 cm		h= 4. 2 cm		h= 9. 3 cm				0.5 ppm	1.0 ppm	1.5 ppm
	Q DOSI LTS/HOR	DOSIS PPM	Q DOSI LTS/HOR	DOSIS PPM	Q DOSI LTS/HOR	DOSIS PPM					
5	9	0.5	18	1	27	1.5	0.1	1	72	144	216
10	9	0.5	18	1	27	1.5	0.2	1	72	144	216
15	9	0.5	18	1	27	1.5	0.3	1	72	144	216
20	9	0.5	18	1	27	1.5	0.4	1	72	144	216
25	9	0.5	18	1	27	1.5	0.5	1	72	144	216
30	9	0.5	18	1	27	1.5	0.6	1	72	144	216
35	9	0.5	18	1	27	1.5	0.7	1	72	144	216
40	9	0.5	18	1	27	1.5	0.8	1	72	144	216
45	9	0.5	18	1	27	1.5	0.9	1	72	144	216
50	9	0.5	18	1	27	1.5	1.0	1	72	144	216
55	9	0.5	18	1	27	1.5	1.1	1	72	144	216
60	9	0.5	18	1	27	1.5	1.2	1	72	144	216

FORMULAS UTILIZADAS:

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

C = Concentración requerida  
 L = Volumen del recipiente  
 B = % de Cal Clorada  
 10 = Factor de corrección

$$Q = U \cdot A \cdot C_d$$

$U = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$   
 $A = \pi \cdot D^2 / 4$   
 $C_d = 0.7$

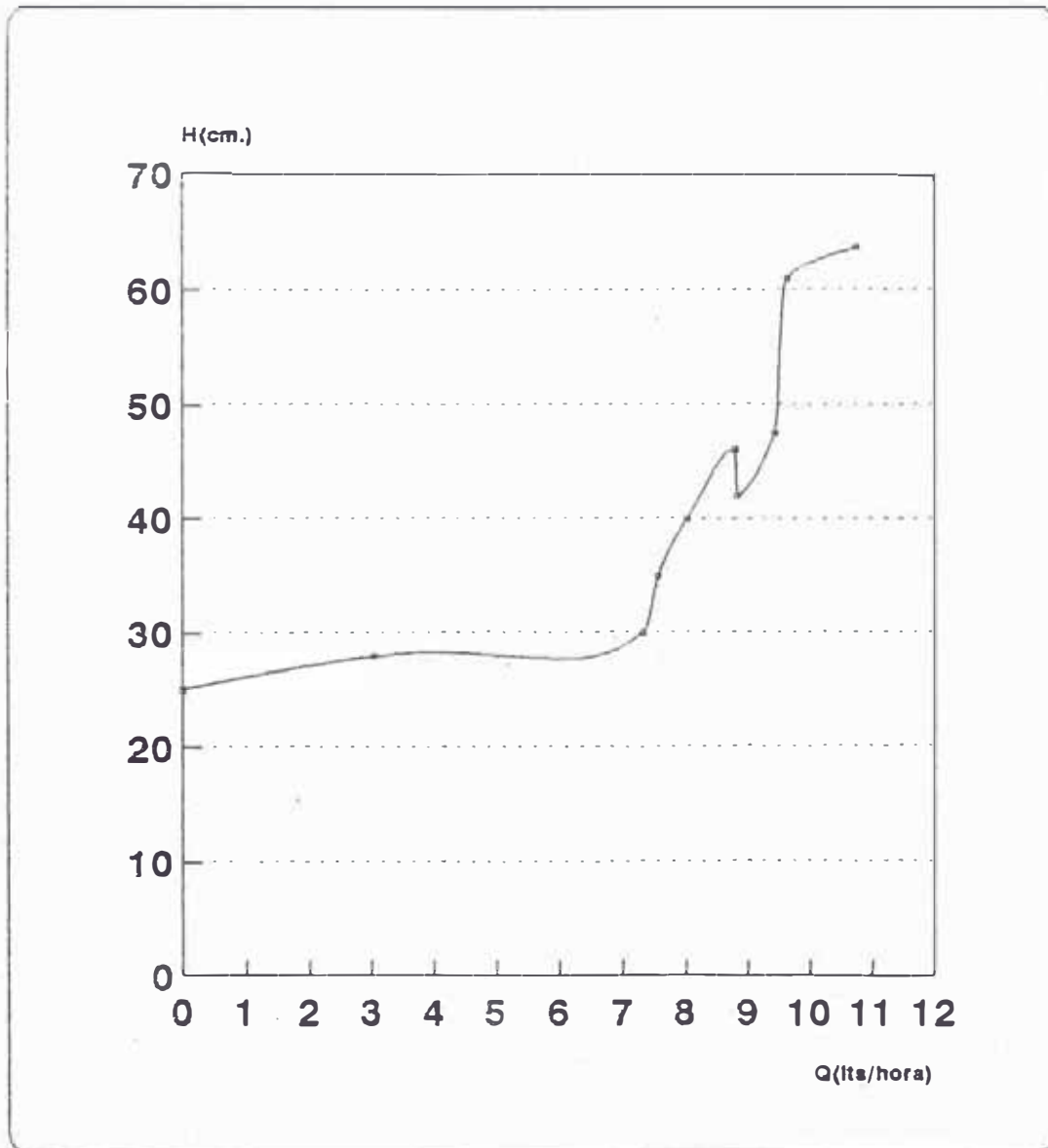
DOSIFICADOR DE CLORO CON FLOTADOR

EVALUACION DEL CAUDAL DE DOSIFICACION

ALTURA DEL CILINDRO ( CM. )	DISTANCIA DEL FLOTANTE AL ORIFICIO DE INGRESO DE CLORO					
	h = 1.00 cm		h = 4.2 cm		h = 9.3 cm	
	t	caudal(l/h)	t	caudal(l/h)	t	caudal(l/h)
63.7	8 am	10.73	8 am	18.79	8 am	29.48
61	11 am	9.62	11 am	17.56	11 am	25.47
47.5	2 pm	9.42	2 pm	16.12	2 pm	23.23
46	6 pm	8.79	3 pm	15.36	3 pm	20.24
42	11 pm	8.51	5 pm	15.11	4 pm	19.91
40	6 am	8.02	6 pm	13.12	4:30 pm	18.01
35	12 pm	7.55	9 pm	11.71	5 pm.	18.65
30	4 pm	7.31	12 am	9.98	6 pm	15.05



**DOSIFICADOR DE CLORO CON FLOTADOR  
ALTURA DEL RECIPIENTE VS. CAUDAL**

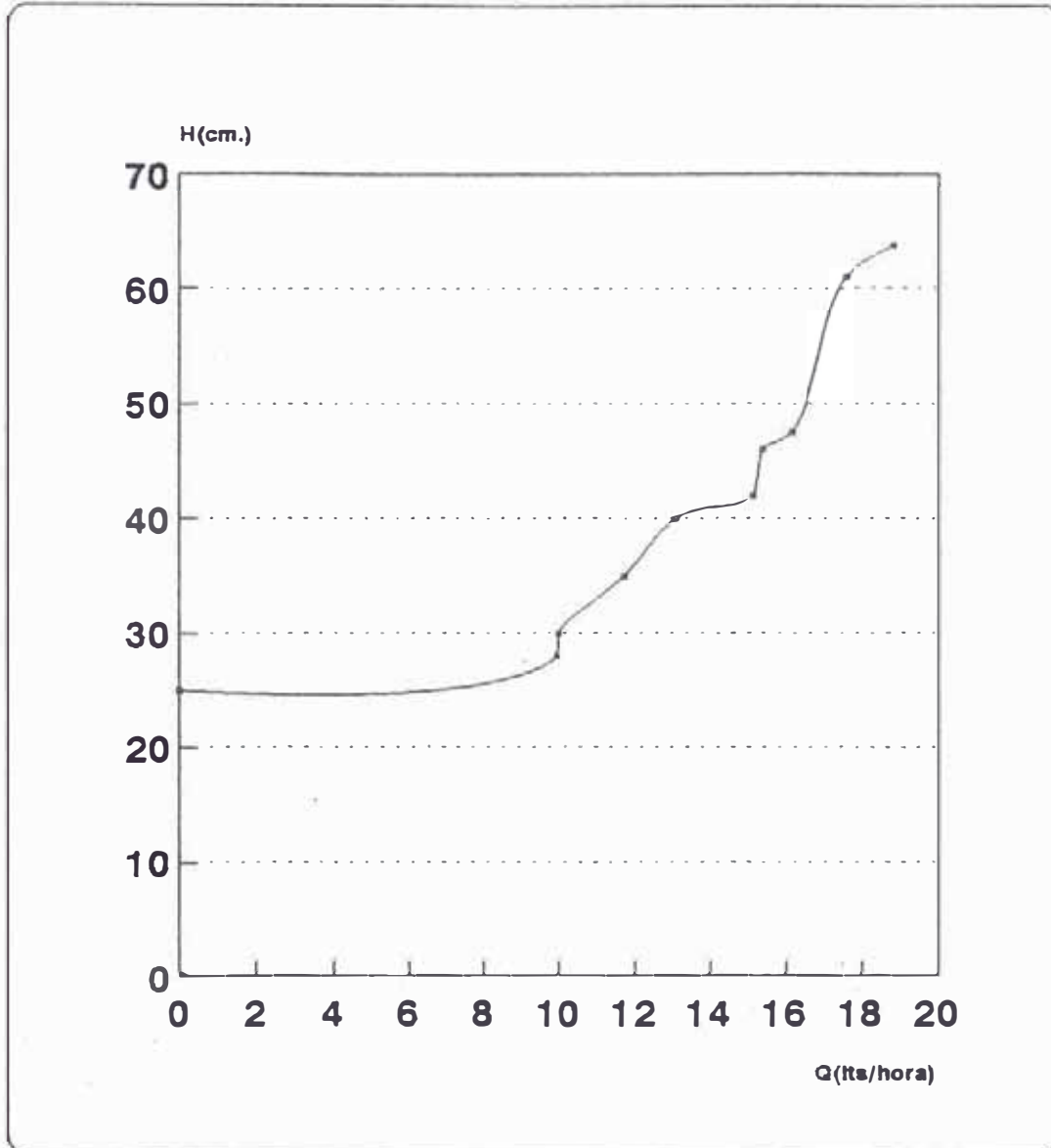


h = 1.0 cm., d = 1/8", % Cl= 10

EVALUACION DE HIPOCLORADORES

GRAFICO No 1

### DOSIFICADOR DE CLORO CON FLOTADOR ALTURA DEL RECIPIENTE VS. CAUDAL

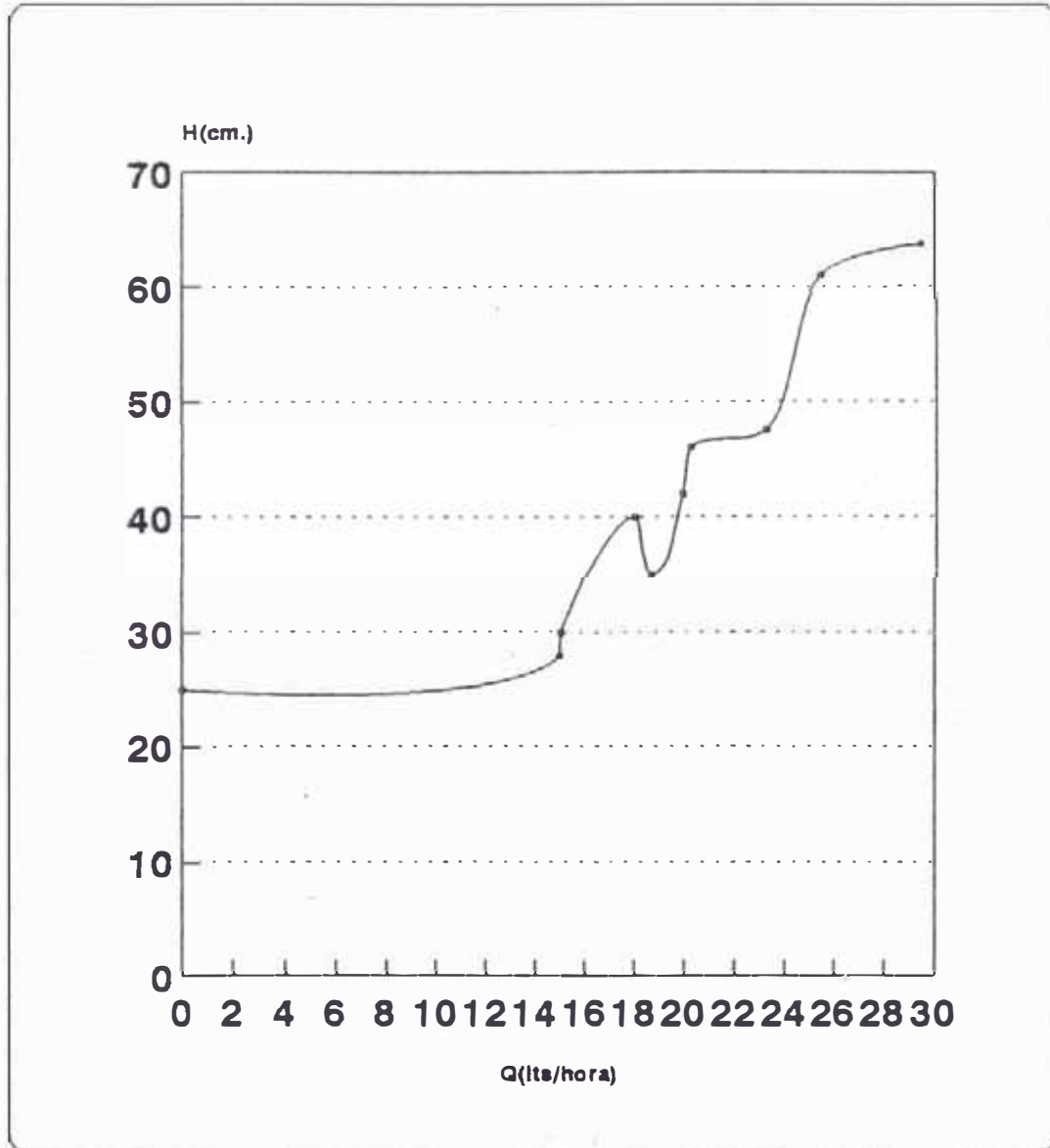


$h = 4.2 \text{ cm.}, d = 1/8", \% \text{ Cl} = 10$

EVALUACION DE HIPOCLORADORES

GRAFICO No 2

### DOSIFICADOR DE CLORO CON FLOTADOR ALTURA DEL RECIPIENTE VS. CAUDAL

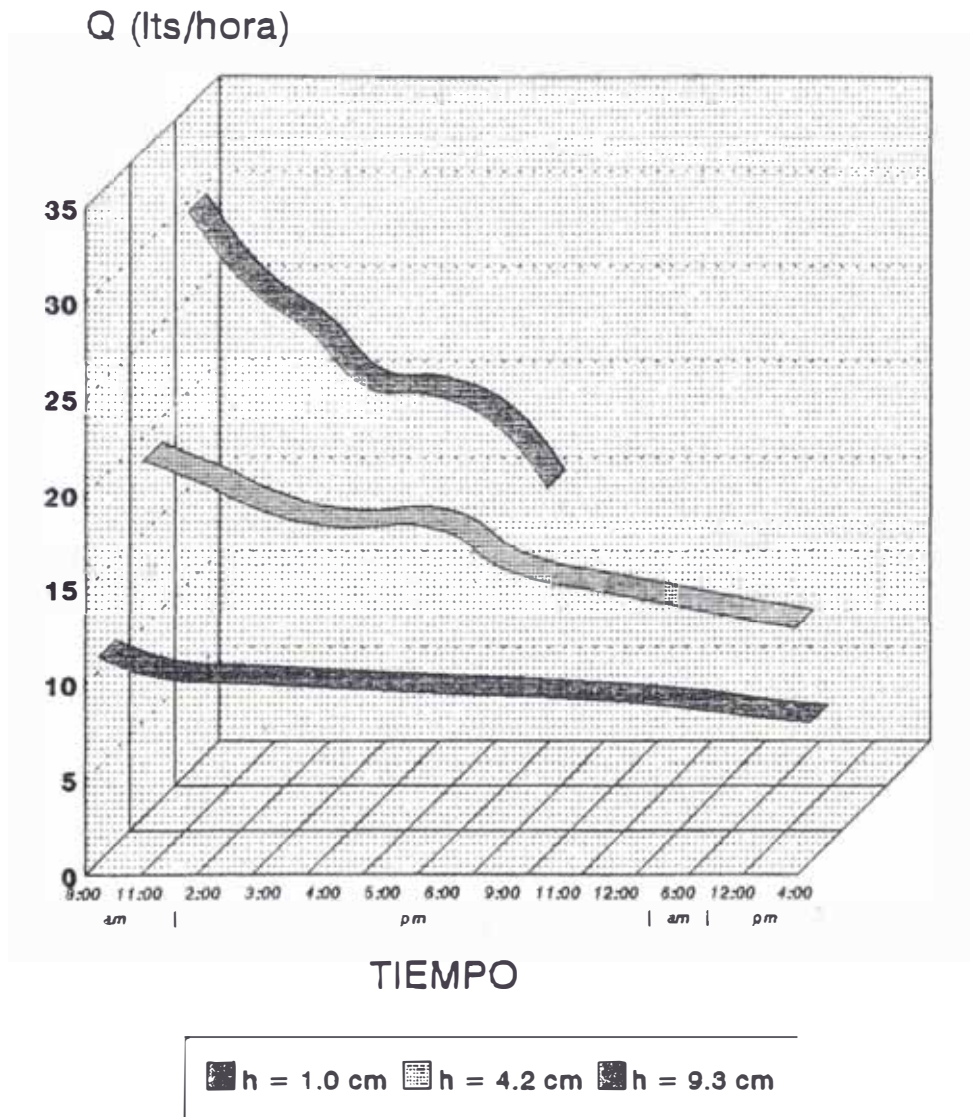


$h = 9.3 \text{ cm.}$ ,  $d = 1/8"$ ,  $\% \text{ Cl} = 10$

EVALUACION DE HIPOCLORADORES

GRAFICO No 3

## DOSIFICADOR DE CLORO CON FLOTADOR CAUDAL VS. TIEMPO



EVALUACION DE HIPOCLORADORES

GRAFICO No 4

# DOSIFICADOR ALEMAN

## TUBITOS DOSIFICADORES

No	CARACTERISTICAS DEL TUBITO FLOTADOR		
	DIAMETRO (mm)	LARGO (mm)	CAUDAL (l/h)
1	0.62	75	0.16
2	0.62	50	0.25
3	0.62	25	0.43
4	0.80	75	0.54
5	0.80	50	0.74
6	0.80	25	1.00
7	1.00	75	1.37
8	1.00	50	1.65
9	1.00	25	2.09
10	1.30	75	2.91
11	1.30	50	3.30
12	1.30	25	3.90

## DOSIFICADOR ALEMAN

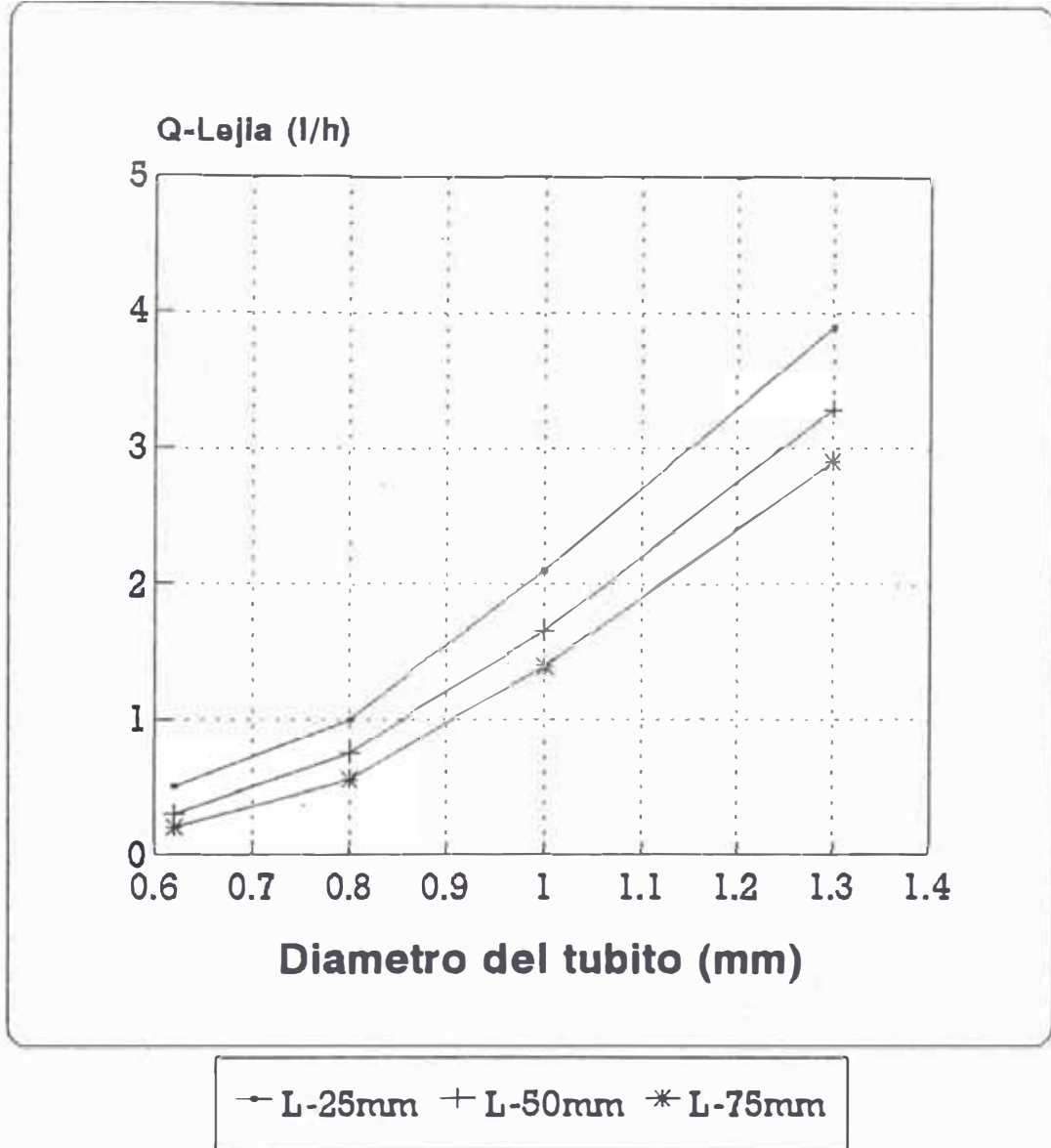
ELECCION DEL TUBITO DOSIFICADOR EN FUNCION DEL  
CAUDAL DE LA BOMBA Y DE LA CONCENTRACION DE LEJIA

Q- BOMBA		Q-LEJIA l/h PARA		TUBITO DOSIFICADOR TIPO N° PARA	
l/s	m <sup>3</sup> /s	C <sub>min</sub>	C <sub>máx</sub>	C <sub>min</sub>	C <sub>máx</sub>
5	18	0.23	0.09	2	1
10	36	0.45	0.18	3	1
20	72	0.90	0.36	6	3
30	108	1.35	0.54	7	4
40	144	1.80	0.72	9	5
50	180	2.25	0.90	10	6
60	216	2.70	1.08	10	6
70	252	3.15	1.26	11	7
80	288	3.60	1.44	12	8
90	324	4.05	1.62	12	8
100	360	4.50	1.80	7+11	9
110	396	4.95	1.98	6+12	9
120	432	5.40	2.16	8+12	1+9
130	468	5.85	2.34	9+12	2+9
140	504	6.30	2.52	10+12	3+9
150	540	6.75	2.70	10+12	6+8

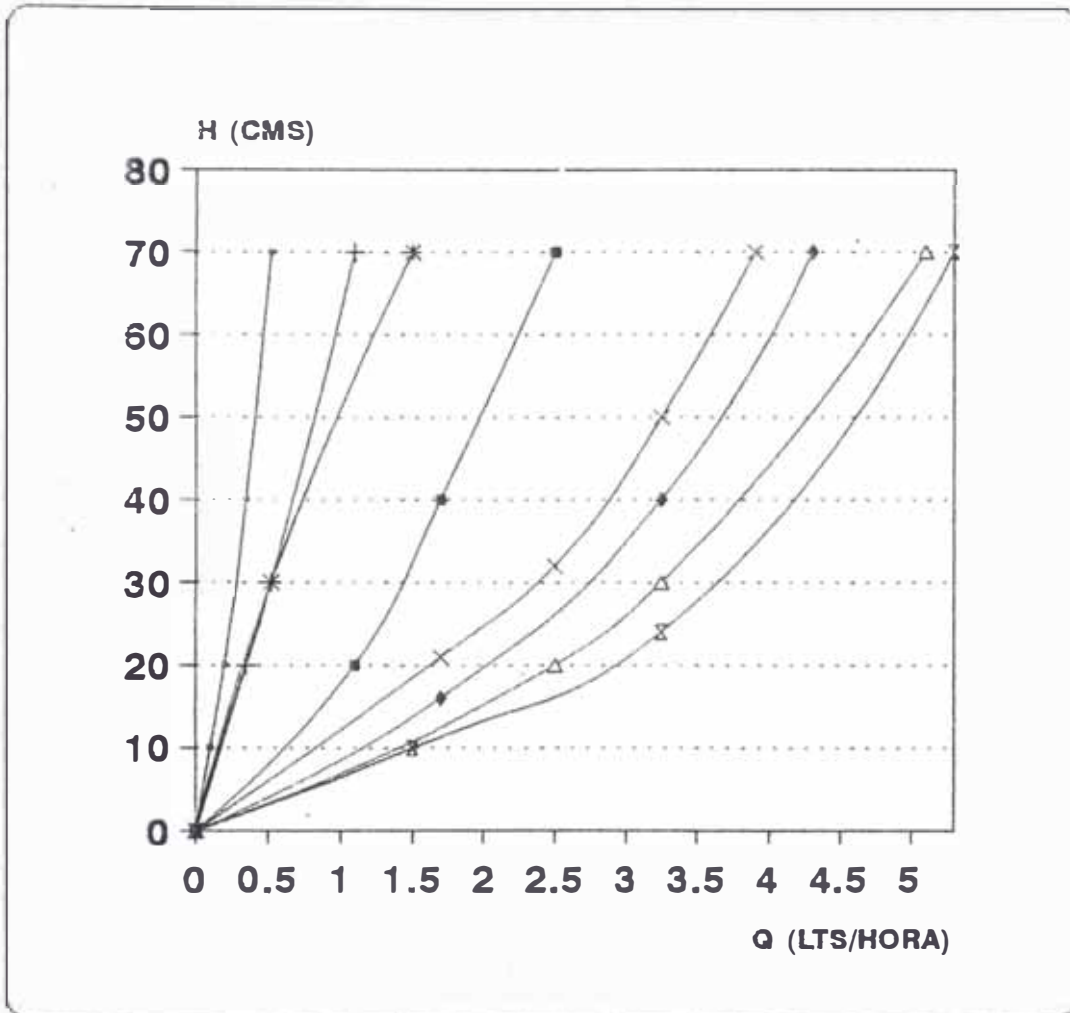
### CONSTANTES

K	(Cl activo en agua)	en g/mc	=	1.5
C <sub>min</sub>	(Cl activo en lejía)	en g/l	=	120
C <sub>máx</sub>	(Cl activo en lejía)	en g/l	=	300

### DOSIFICADOR ALEMAN TUBITO DOSIFICADOR VS. CAUDAL DE DOSIFICACION



### DOSIFICADOR ALEMAN ALTURA DEL RECIPIENTE VS CAUDAL



—○— 0,58/80    + 0,50/80    \* 0,50/20    —●— 0,70/40  
 —×— 1,00/80    —◆— 1,00/70    —△— 1,00/50    —⊗— 1,00/40

A/B: A= DIAMETRO DE LA TUBERA EN (mm.), B= LARGO DE LA TUBERA EN (mm.)



**PRESUPUESTO GENERAL****CONSTRUCCION DEL CLORINADOR POR GRAVEDAD  
(TORNILLO DE FIJACION)**

MARZO 1993

LIMA-PERU

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS		
			UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
Tubo PVC 1/2 "	m	0.28	7.00	1.96	
Unión hembra PVC 1/2 " sin rosca	und	1	0.70	0.70	
Tecnopor D = 20 cm	und	1	1.00	1.00	
Unión 1/2 " x 1/4 "	und	1	1.60	1.60	
Tubo flexible 1/4 "	und	1	2.00	2.00	
Válvula PVC 1/2 "	und	1	6.00	6.00	
Pegamento PVC	und	1	1.00	1.00	
Unión roscada hembra 1/2 "	und	1	0.70	0.70	
Mano de obra c/ herramientas	hh	6	4.00	24.00	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>S/. 38.96</b>
			<b>Equivalente a</b>		<b>\$ 21.65</b>

**PRESUPUESTO GENERAL****CONSTRUCCION DEL CLORINADOR POR GRAVEDAD  
(TIPO UNIPACK)**

MARZO 1993

LIMA-PERU

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL
			UNITARIO	PARCIAL	
Tubo PVC 1/2 "	m	0.28	7.00	1.96	
Unión hembra PVC 1/2 " sin rosca	und	1.0	0.70	0.70	
Codo de PVC 1/2 " sin rosca	und	4.0	0.70	2.80	
Tubo PVC 1 "	und	0.6	15.00	9.00	
Unión 1/2 " x 1/4 "	und	1.0	1.60	1.60	
Tubo flexible 1/4 "	und	1.0	2.00	2.00	
Válvula PVC 1/2 "	und	1.0	6.00	6.00	
Pegamento PVC	und	1.0	1.00	1.00	
Unión roscada hembra 1/2 "	und	1.0	0.70	0.70	
Mano de obra c/ herramientas	hh	6.0	4.00	24.00	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>S/. 50.76</b>
			<b>Equivalente a</b>		<b>\$ 27.59</b>

#### 4.1.5. CONDICIONES PARA EL BUEN DESEMPEÑO DE LOS EQUIPOS

- Las conexiones deben estar bien soldadas, ya sea unidas por pegamento o por rosca, haciendo el uso de cinta teflón, de esta manera se evitará errores que alteren el caudal de dosificación.

El material a usar en la construcción de los equipos, debe ser de preferencia PVC, vidrio, plata, plástico (virgen), caucho o cualquier otro que no se vea afectado por la acción corrosiva del cloro.

- La longitud del tubo flexible no debe ser mayor a 1.25 veces la altura del nivel del hipoclorito (medido desde la superficie del líquido hasta la salida del equipo); para evitar el enrollamiento del tubo flexible, obstruyendo de esta manera el paso del cloro.

- Existen 2 métodos de operar el equipo para evitar el enrollamiento del tubo flexible :

A.- Colocarlo en el depósito que mantenga constante el nivel del hipoclorito mediante una válvula flotador.

B.- Si el nivel del hipoclorito no es constante la distancia entre el nivel de este y la salida del equipo no debe ser menor de 0.6 m.

- La primera prueba de marcha se realiza con agua limpia, controlando de esta manera la impermeabilidad de todas las conexiones, ventilación del sistema, y rendimiento de salida, antes de fijar la unidad al lugar de dosificación.

- Antes de llenar el depósito con hipoclorito, hay que quitar completamente el agua, limpiándolo de cualquier sedimento presente.

- El depósito de almacenamiento del hipoclorito debe permanecer cerrado para evitar la evaporación del cloro; sin embargo se debe incluir un orificio de ventilación de 1/2 " de diámetro para evitar que se produzcan presiones negativas dentro del recipiente. Ver figura 2,3,6.

## 4.2 HIPOCLORADOR DE PRECISIÓN

Para superar parte de las deficiencias encontradas en la evaluación de los equipos anteriores diseñe un equipo capaz de dosificar con mayor precisión; basándome en el funcionamiento de un carburador de gasolina.

### 4.2.1 CARACTERISTICAS

#### 4.2.1.1 Características generales

Este equipo esta compuesto de un pequeño recipiente de material de PVC de 0.125 lts. de capacidad que va conectado a un cilindro con solución clorada de 200 lts. mediante un codo, que a su vez se conecta a la tapa del dosificador, en el codo se ha diseñado una válvula flotador capaz de regular el caudal que ingresa del cilindro al pequeño recipiente, este a su vez presenta un pequeño orificio en la parte inferior y ahí esta conectado una válvula de regulación de caudal que a su vez tiene un piezómetro que va a indicar la carga a la cual está sometida la salida, esta carga se mantendrá constante y estará en función de los dos controles de caudal uno por el ingreso al dosificador y el otro por la salida del mismo y la cantidad a dosificar estará en función del piezómetro. Ver dibujo 12

#### 4.2.1.2 Características específicas de las partes del equipo

##### a. Recipiente.-

El recipiente de lo elaboré de una unión roscada de PVC de 2 pulgadas de diámetro. En la parte que no es roscada (parte inferior) se ha soldado una tapa de PVC con pegamento soldimix, a dicho recipiente le hice una perforación de 1/8" a 1 cm. por encima de la parte inferior.

##### b. Tapa.-

La fabrique de un tapón hembra de PVC de 2" previamente torneada para darle una mejor forma, la tapa presenta dos orificios, en la parte central de la tapa se le ha hecho una rosca de 1/2" para que ingrese un tapón macho que viene a ser una de las partes de la válvula flotador, el otro orificio de 1/8" servirá para que no se creen presiones negativas dentro del recipiente, en dicho orificio se ha conectado una unión simple de 1/8" para darle mejor acabado.

##### c. Válvula flotador

La válvula flotador tiene 5 partes, que son:

1. Flotador de tecnopor, este es de 6 cm. de diámetro

con rosca en el centro.

2. Tornillo de pistón de cierre, este es de 1/2" roscado y luego se reduce a 1/4" sin rosca; la parte roscada va al flotador y la no roscada de menor diámetro sirve de pistón de cierre, la parte roscada se une al flotador para hacer que la altura del cloro sea variable a diferentes caudales.
3. Tapón macho de PVC, este sirve para fijar la válvula y a la vez de guía para el tornillo, el tapón es roscado a la tapa y a su vez a un codo de 1/2"
4. Dispositivo de ingreso de cloro, consta de dos partes, una es un tornillo de 1/2" y 1 cm. de largo en el cual tiene un orificio de 1/32" con expansión de 1/4" en la parte central esto para que ingrese el tornillo con pistón y pueda cerrar el ingreso de cloro con una empaquetadura de caucho
5. Codo.- El codo de media es para que el dispositivo que queda al ingreso de cloro quede dentro del tapón y sea cerrado con el codo previamente sellado con una empaquetadura y cinta teflón para que este luego sea conectado al cilindro con solución clorada

#### d. Válvula de regulación

Esta válvula va conectada en el recipiente para regular la salida del cloro del recipiente, consta de una

llave de acrílico, dos tees de 1/32" y un tubo graduado de 1/32 que servirá de medidor a la altura de cloro en el recipiente (Piezómetro). dicho piezómetro estará al lado del flotador, fijado a una determinada carga del cloro.

#### e. Filtro

Al ser los conductos 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 de sodio 10%) o bien clorógeno sólido disuelto filtrandolo antes de echarlo al cilindro, ya que siempre al disolver hipoclorito de calcio 25 a 35 % queda insololuble.

Otra solución es que se conecte al comienzo del codo un filtro que retenga cualquier sólido.

Se obtuvo excelentes resultados con un filtro de gasolina de volkswagen.

#### f. Válvula Solenoide

En caso que el hipoclorador sea usado en un pozo, en el cual es usual tener interrupciones de flujo debido a deficiencias en el suministro de energía eléctrica, problemas en los equipos de bombeo o extracciones por



horas, se recomienda utilizar una válvula solenoide. Este dispositivo interrumpe el paso de cloro en el momento en que se produce el corte de flúido eléctrico. Si no se prevee tal medida, en los casos antes mencionados se puede dar lugar a una sobredosificación de cloro en el agua, creando un peligro para el consumidor.

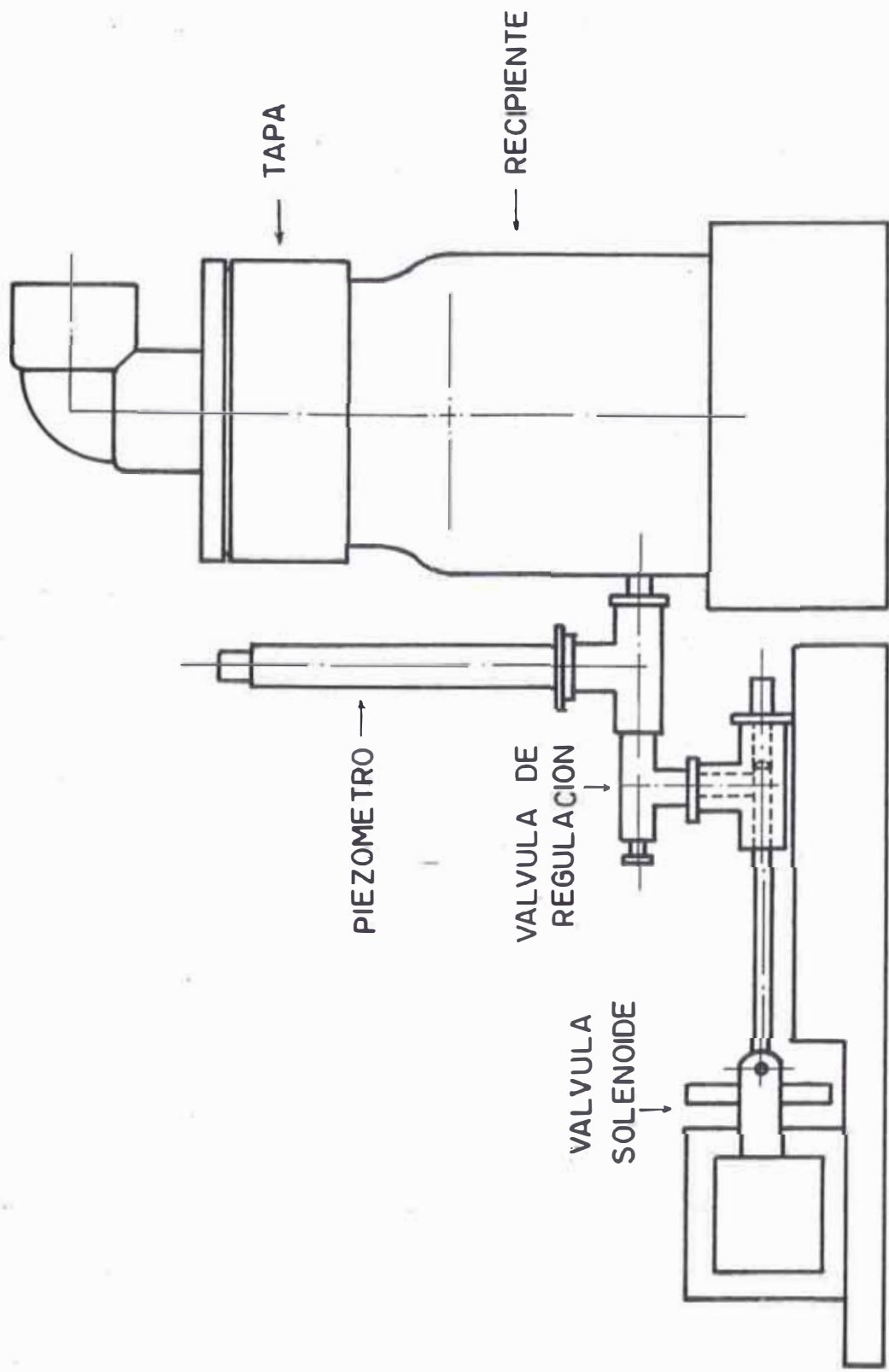
Las sobredosificaciones se pueden quitar por la añadidura de tiosulfato sódico. Se debe añadir al agua del pozo 2 gramos de tiosulfato sódico por cada gramo de cloro sobredosificado. No se debe alimentar la red con el agua sobredosificada si no está asegurada la dilución suficiente por un depósito ulterior u otra medida.

Para aminorar gastos en el equipo, se construye dicha válvula. Esta consta de un solenoide (electroimán), Tee para peceras, un vástago de jeringa tuberculina y accesorios para fijar su instalación.

#### 4.2.1.2 Instalación

La instalación del equipo es mediante un niple de 1/2" de PVC, empaquetadura y dos tuercas del mismo material en un cilindro de 100.a 150 litros con solución clorada, se puede adicionar antes de la instalación del equipo una llave de PVC que permitirá retirar el equipo

para su mantenimiento teniendo el cilindro con solución.  
todas las conexiones que se hagan sellar con cinta  
teflón. Ver Dibujo 14

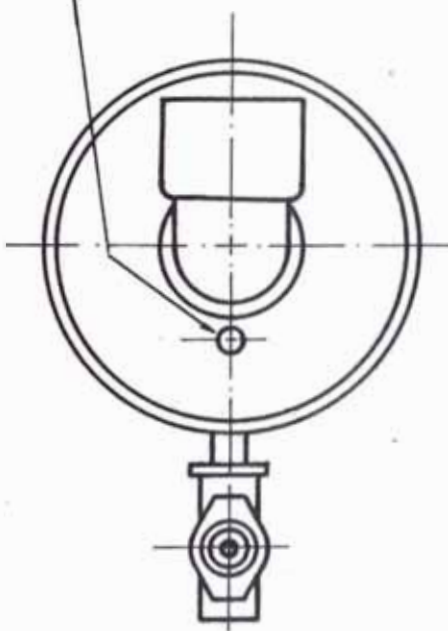


MODELO  
HIPOCLORADOR DE PRECISION

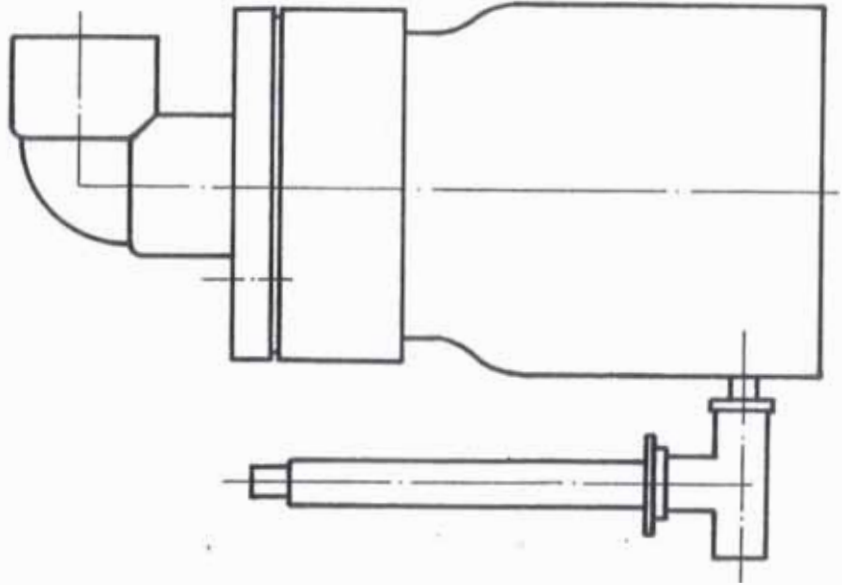
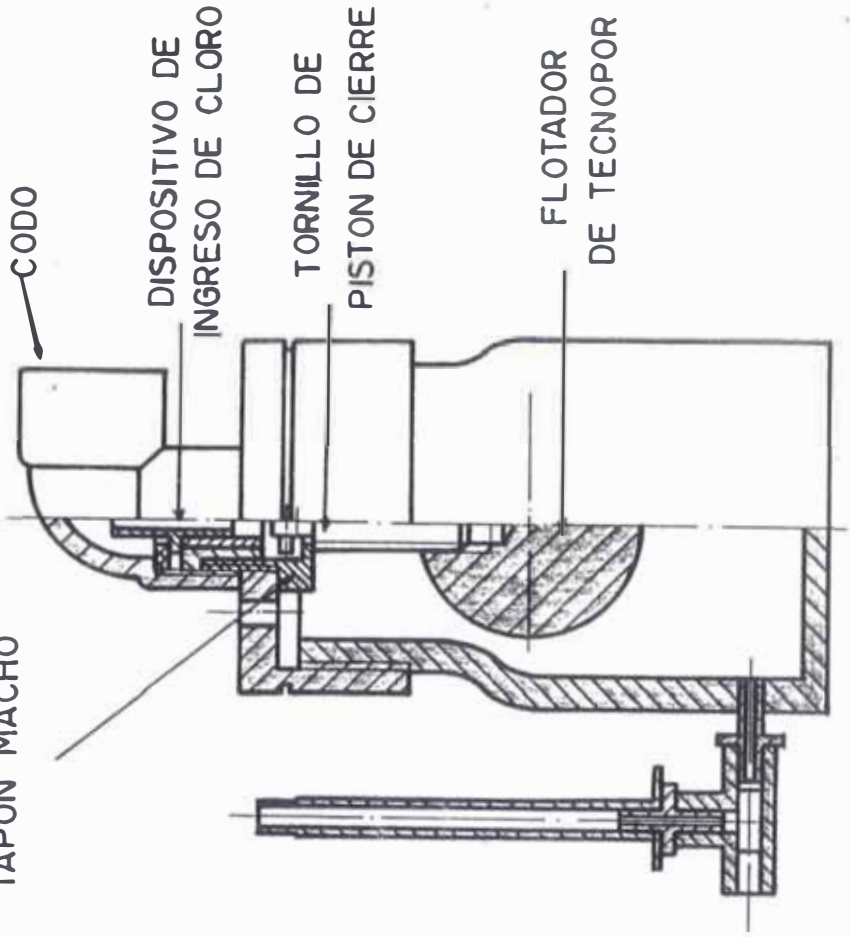
ESCALA : DIBUJO N 2  
1:1,5 12

LABORADO POR:  
LEONARDO JOYA

ORIFICIO DE VENTILACION



TAPON MACHO

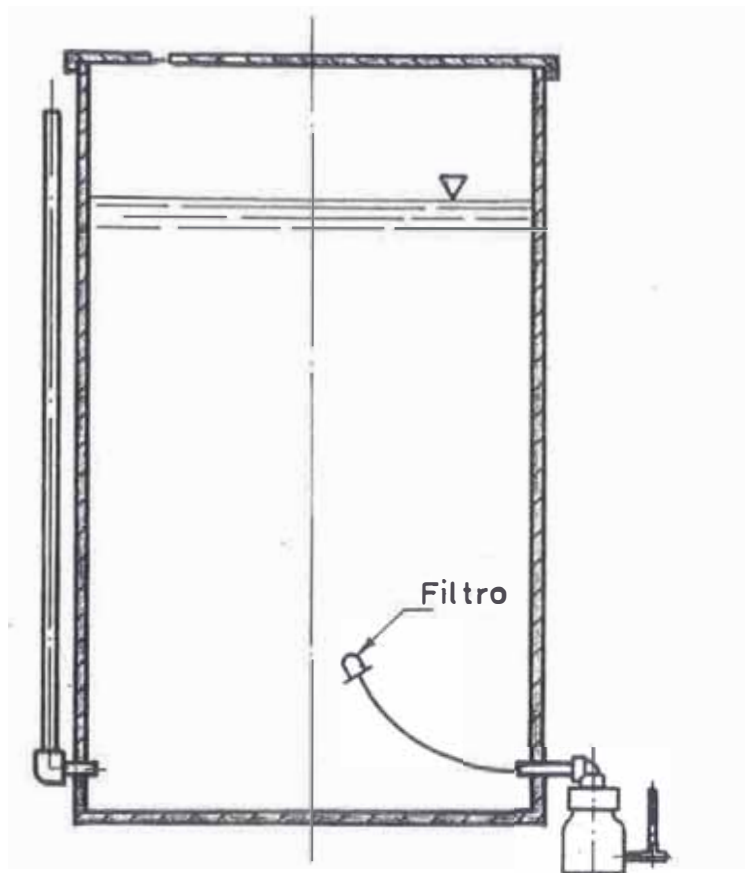


MODELO: HIPOCLORADOR DE PRECISION

ESCALA: 1:1,5

DIBUJO N°: 13

ELABORADO POR: LEONARDO JOYA



MODELO:

HIPOCLORADOR DE PRECISION

ESCALA: DIBUJO N°

14

ELABORADO POR:

LEONARDO JOYA

#### 4.2.2 EVALUACION

En la evaluación del equipo se realizó los siguientes pasos:

##### 4.2.2.1 Evaluación a escala de laboratorio

- Se Verificó la impermeabilidad de las instalaciones. Usar para esto cinta teflón o pegamento.
- Se abrió la válvula de salida de cloro del dosificador a un caudal mínimo.
- Se aforó con una probeta de 100 ml. y un cronómetro para determinar el caudal de dosificación en litros por hora.
- Luego se midió la temperatura del medio ambiente y del recipiente de cloro.
- Este procedimiento se realizó cada una o dos horas. Durante una semana.

Se Construyó gráficas: Caudal versus Altura del recipiente y caudal versus

tiempo.

- Se abrió la válvula de salida de cloro y aforar para determinar todos los caudales posibles del dosificador hasta encontrar un caudal de dosificación máximo.
  
- Se calculó una fórmula representativa para la obtención del caudal en función de la altura que registra el piezometro.

#### 4.2.2.2 Costos de construcción del Equipo.

En el cuadro No 3 se detallan dichos costos.

## HIPOCLORADOR DE PRECISION

### EVALUACION DEL CAUDAL DE DOSIFICACION

(Hora de muestra 6:30 am.)

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES	
TEMPERATURA	25 °C		25.5 °C		21.5 °C		21.5 °C		23 °C	
H(RECIPIENTE)	70.2 cm.		65.5 cm.		60.9 cm		55.1 cm.		49.0m.	
VOLUMEN(ml)	10	Q =	10	Q =	10	Q =	10	Q =	10	Q =
		0.549		0.661		0.588		0.57.9		0.588
TIEMPO(Seg.)	66.55	lts/h	54.39	lts/h	61.19	lts/h	62.28	lts/h	61.22	lts/h
VOLUMEN(ml)	30	Q =	10	Q =	10	Q =	10	Q =	10	Q =
		0.463		0.671		0.588		0.596		0.585
TIEMPO(Seg.)	233.18	lts/h	53.62	lts/h	61.06	lts/h	60.62	lts/h	61.52	lts/h
VOLUMEN(ml)	10	Q =	30	Q =	20	Q =	20	Q =	10	Q =
		0.538		0.618		0.586		0.582		0.617
TIEMPO(Seg.)	66.85	lts/h	174.61	lts/h	122.75	lts/h	123.24	lts/h	58.31	lts/h
Q (PROMEDIO)	0.517 lts/h		0.650 lts/h		0.587 lts/h		0.585 lts/h		0.597 lts/h	



HIPOCLORADOR DE PRECISION

EVALUACION DEL CAUDAL DE DOSIFICACION

(Hora de muestra 10:30 am.)

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
TEMPERATURA	31 °C	29.0 °C	22.0 °C	23.0 °C	24 °C
H(RECIPIENTE)	70.0 cm.	65.2 cm.	59.9 cm	54.9 cm.	49.5cm.
VOLUMEN(ml)	10	10	10	10	10
	Q = 0.512	Q = 0.603	Q = 0.614	Q = 0.610	Q = 0.606
TIEMPO(Seg.)	70.04	52.95	58.63	58.60	59.32
	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h
VOLUMEN(ml)	10	10	10	10	10
	Q = 0.562	Q = 0.692	Q = 0.592	Q = 0.592	Q = 0.584
TIEMPO(Seg.)	64.04	52.69	60.70	60.79	61.60
	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h
VOLUMEN(ml)	20	20	20	20	10
	Q = 0.518	Q = 0.649	Q = 0.589	Q = 0.589	Q = 0.579
TIEMPO(Seg.)	138.95	110.93	122.14	122.14	62.09
	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h	lts/h
Q (PROMEDIO)	0.531 lts/h	0.674 lts/h	0.589 lts/h	0.598 lts/h	0.589 lts/h

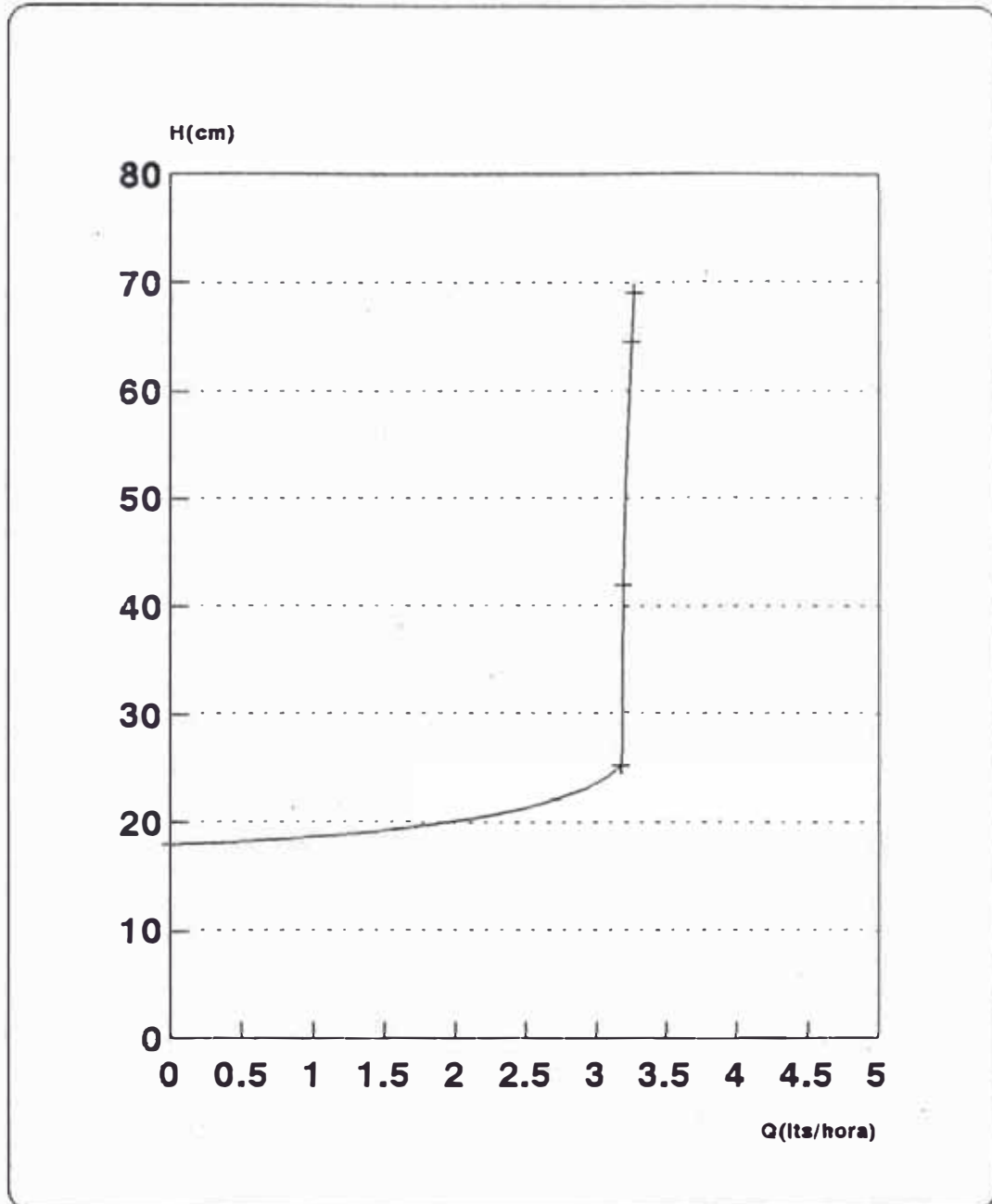
# HIPOCLORADOR DE PRECISION

## EVALUACION DEL CAUDAL DE DOSIFICACION

(Hora de muestra 12 m.)

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES	
TEMPERATURA	32 °C		31.5 °C		29 °C		27 °C		28 °C	
H(RECIPIENTE)	69.8 cm.		64.9 cm.		59.8 cm.		54.6 cm.		49 cm.	
VOLUMEN(ml)	10	Q = 0.544	20	Q = 0.640	10	Q = 0.616	10	Q = 0.631	10	Q = 0.630
TIEMPO(Seg.)	55.06	Its/h	112.39	Its/h	58.44	Its/h	57.03	Its/h	57.13	Its/h
VOLUMEN(ml)	20	Q = 0.613	10	Q = 0.644	10	Q = 0.631	20	Q = 0.632	40	Q = 0.629
TIEMPO(Seg.)	116.50	Its/h	53.37	Its/h	57.91	Its/h	113.94	Its/h	228.6	Its/h
VOLUMEN(ml)	20	Q = 0.622	10	Q = 0.644	20	Q = 0.612	10	Q = 0.619	10	Q = 0.626
TIEMPO(Seg.)	173.75	Its/h	54.76	Its/h	117.63	Its/h	58.10	Its/h	57.5	Its/h
Q (PROMEDIO)	0.628 Its/h		0.653 Its/h		0.619 Its/h		0.627 Its/h		0.629 Its/h	

### HIPOCLORADOR DE PRECISION ALTURA RECIPIENTE VS CAUDAL

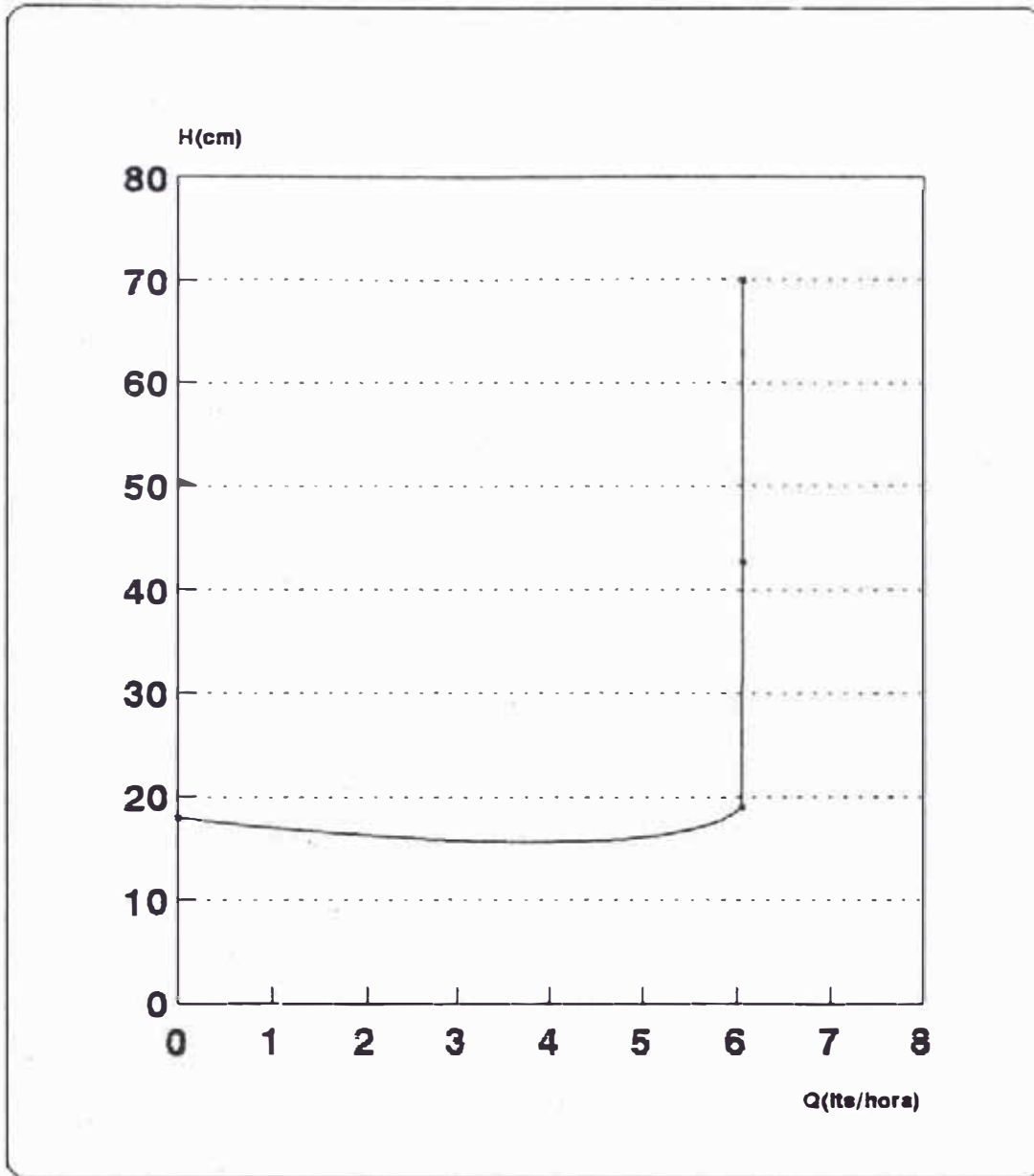


Q = 3.5 LTS/HORA

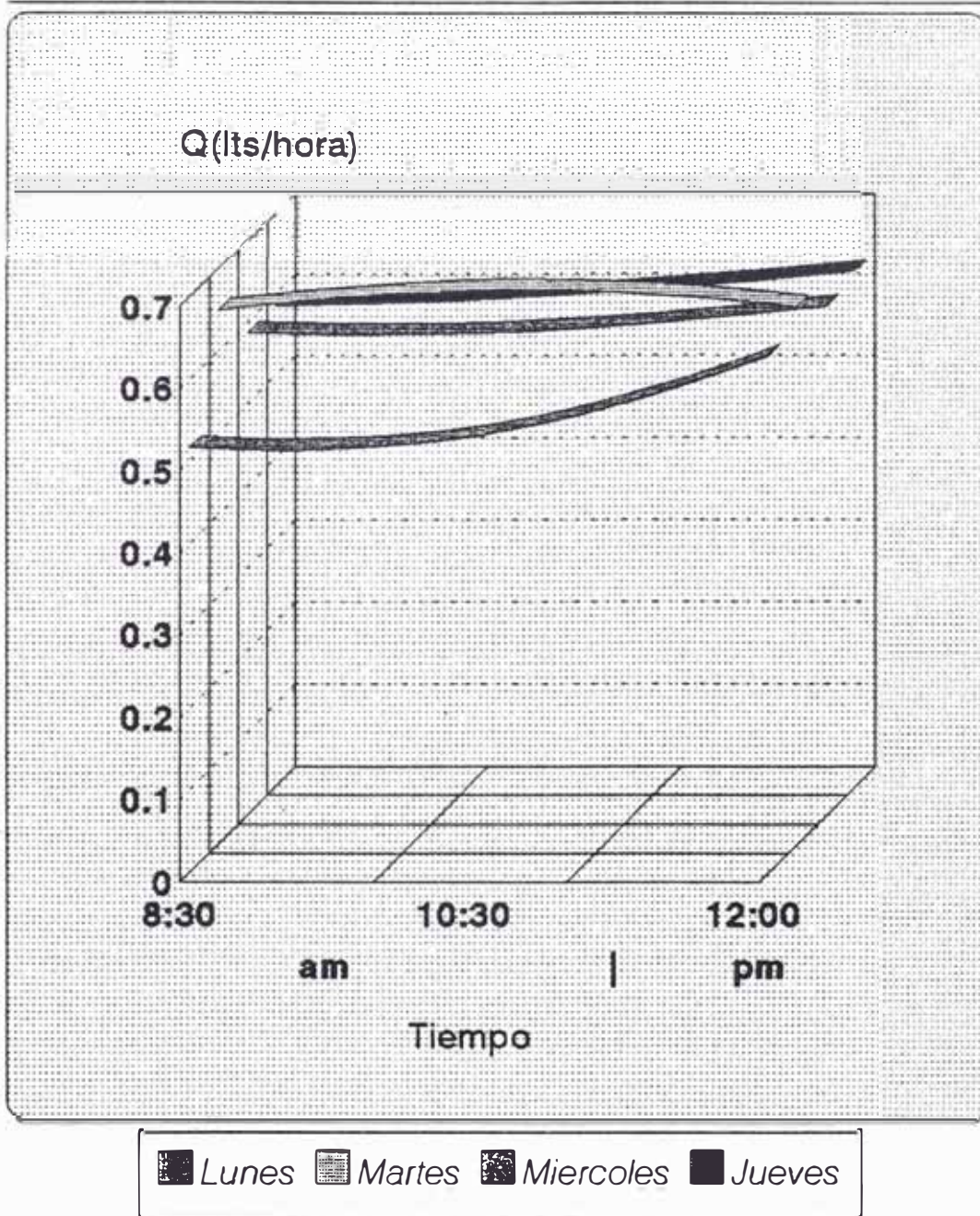
EVALUACION DE HIPOCLORADORES

GRAFICO No 7

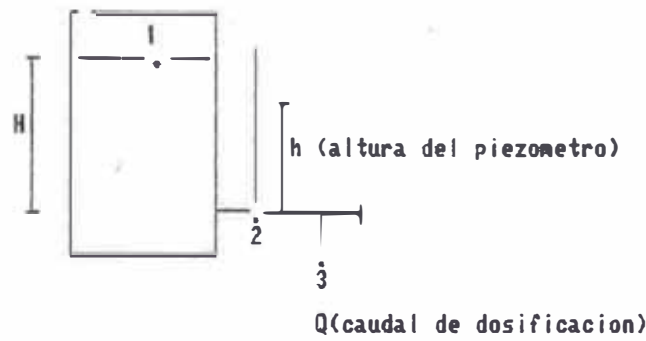
## HIPOCLORADOR DE PRECISION ALTURA DEL RECIPIENTE VS CAUDAL



### HIPOCLORADOR DE PRECISION CAUDAL VS. TIEMPO



ALTURA DEL PIEZOMETRO



BERNOULLI 1 y 2

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2 * g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 + h p_2$$

$$0 + 0 + H = \frac{\rho * h}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 * g} + 0 + K_1 * \frac{V_2^2}{2 * g}$$

$$H = h + \frac{V_2^2}{2g} * (1 + K_1)$$

$$V_2^2 = \frac{(H - h) * 2 * g}{(1 + K_1)} \dots\dots (a)$$

BERNOULLI 2 y 3

$$\frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2}{2 * g} + Z_3 + K_2 * \frac{V_3^2}{2 * g} \dots\dots (b)$$

(a) en (b)

$$\frac{\rho * h}{\rho} + \frac{(H - h) * 2 * g}{(1 + K_1) * 2 * g} + 0 = \frac{\rho * h}{\rho} + \frac{Q_3^2}{A^2 * 2 * g} + 0 + K_2 * \frac{Q_3^2}{A^2 * 2 * g}$$

$$\frac{\rho * h}{\rho} - \frac{\rho * h}{\rho} + \frac{(H - h)}{(1 + K_1)} = \frac{Q_3^2}{A^2 * 2 * g} * (1 + K_2)$$

$$0 + H - h = \frac{Q_3^2}{A^2 * 2 * g} * (1 + K_2) * (1 + K_1)$$

$$h = H - \frac{Q_3^2}{A^2 * 2 * g} * (1 + K_2) * (1 + K_1)$$

$$h = H - K * Q^2$$

$h = a - b * Q^2$	a, b = Constantes
-------------------	-------------------

VALORES DE CAUDAL DE DOSIFICACION Y ALTURA DEL PIEZOMETRO  
 EN LABORATORIO  
 PARA DETERMINAR LOS COEFICIENTES a, b POR MINIMOS CUADRADOS

Q (CM3/SEG)	h(cm)
0.072	5.45
0.25	5.15
0.297	5
0.958	4.73
1.189	4.53
1.711	4.51
2.239	4.5
2.433	4.45

DETERMINACION DE LA FORMULA POR MINIMOS CUADRADOS

$h = a + b*Q^2$       donde:     $h = Y$   
 $Q^2 = X$

X	Y	X^2	X*Y	Y^2
0.005184	5.45	0.000027	0.028253	29.7025
0.0625	5.15	0.003906	0.321875	26.5225
0.088209	5	0.007781	0.441045	25
0.917764	4.73	0.842291	4.341024	22.3729
1.413721	4.53	1.998607	6.404156	20.5209
2.927521	4.51	8.570379	13.20312	20.3401
5.013121	4.5	25.13138	22.55904	20.25
5.919489	4.45	35.04035	26.34173	19.8025
16.34751	38.32	71.59472	73.64024	184.5114

$b = (n*SUMXY - SUMX*SUMY) / (n*SUMX^2 - (SUMX)^2)$

$b = -0.122136$

$a = (SUMY*SUMX^2 - SUMX*SUMXY) / (n*SUMX^2 - (SUMX)^2)$

$a = 5.0395775$

$h = 5.04 - 0.121*Q^2$

FORMULA DE LABORATORIO  
 DONDE :  
 h= cm  
 Q= cm3/seg

**PRESUPUESTO GENERAL**

## CONSTRUCCION DEL HIPOCLORADOR DE PRECISION

MARZO 1993

LIMA-PERU

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL
			UNITARIO	PARCIAL	
Adaptador PVC 2 "	m	1.0	3.70	3.70	
con rosca para agua					
Tapón hembra 2 "	und	1.0	5.00	5.00	
Tapón hembra 2 "	und	1.0	1.00	1.00	
para desagüe					
Tapón macho 1/2 "	und	1.0	0.60	0.60	
Tornillo PVC 1/4 "	und	1.0	1.50	1.50	
Codo roscado 1/2 "	und	1.0	0.70	0.70	
Bola tecnopor D=4.5cm	und	1.0	0.60	0.60	
Jeringa tuberculina	und	1.0	0.30	0.30	
1 Tee para pecera 3/16"	und	2.0	2.00	2.00	
1 Tee para pecera con	Und	2.0	2.0	2.0	
llave de cierre 3/16"					
Pegamento	und	1.0	1.00	1.00	
Teflón	und	1.0	0.40	0.40	
Tubo flexible	m	0.3	2.00	0.60	
Filtro para gasolina	und	1.0	3.00	3.00	
Mano de obra	hh	8.0	4.50	36.00	
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>S/. 58.40</b>	
			<b>Equivalente a \$</b>	<b>31.73</b>	



## 5.- RESULTADOS

### 5.1.- DISCUSION

La inestabilidad del caudal de dosificación se ve afectado por diversos factores, siendo estos principalmente la performance del equipo, temperatura del medio ambiente que hace que la viscosidad disminuya, la evapo-transpiración, y la concentración a la que se tenga el cloro.

En los clorinadores por gravedad los valores obtenidos en laboratorio, reflejan una disminución a medida que avanza el tiempo. Esta variación se acentúa más aún, conforme este caudal se incrementa.

Se puede observar en la tabla # 1 que para una distancia  $h = 1.0\text{cm}$  (distancia mínima de dosificación del flotador) se tiene una variación de  $10.73\text{ l/hr}$  al inicio y a medida que transcurre el tiempo disminuye hasta  $7.31\text{ lt/hr}$ . Comparando con lo obtenido empíricamente  $9\text{ lt/hr}$ , la dosificación llega a ser  $1.69\text{ lt/hr}$  menor.

En las gráficas # 1,2 y 3 se puede distinguir como el caudal de dosificación disminuye a medida que el nivel de Hipoclorito en el estanque de almacenamiento también lo hace.

En el gráfico # 4 se puede notar las variaciones de caudal de dosificación, para las 3 distancias "h", resultando **menos declinante** cuando se tiene un  $h = 1.0$  cm.

En el dosificador Alemán al igual que en el equipo anterior, los caudales de dosificación son variables.

La tabla # 3 representa los caudales de salida por los diferentes tubitos dosificadores. Estos se pueden variar por la combinación de diámetro y longitud de los diferentes tubitos y el número de dosificadores flotantes pudiendo obtenerse valores intermedios y cantidades adicionales por la conexión paralela de 2 dosificadores flotantes con los mismos o diferentes valvres de salida que se muestran en la tabla # 4.

En el gráfico # 5, se ve la variación de caudales de acuerdo al diámetro y longitud del tubito. Pudiendo apreciarse que a mayor caudal de dosificación mayor será el error de variación de caudal (ver gráfico No 6).

En el hipoclorador de Precisión los resultados son más favorables, ya que las variaciones de caudal son pequeñas. Siendo en este caso el factor ambiental uno de los causantes, influenciado por la temperatura y los efectos del viento. En las tablas 5 , 6 y 7 se aprecian

las variaciones de la temperatura y la altura del recipiente de almacenamiento. Verificándose en la tabla # 6, que a mayor caudal de dosificación menor será el error de variación, resultando una diferencia muy notable frente a los demás, y a mayor temperatura mayor será también la dosificación resultante.

Se obtuvo dos fórmulas, una empírica en función del caudal de dosificación y la altura del piezómetro aplicando bernoulli y otra obtenida con datos calculados en laboratorio por mínimos cuadrados.

## 5.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES MODELOS DE HIPOCLORADORES

Los clorinadores de Tornillo y tipo Unipack son más ventajosos que el equipo alemán, ya que el tornillo permite una fácil regulación del nivel del flotador para variar los caudales de dosificación. Esta ventaja se acentúa más aún en el Hipoclorador de precisión, siendo posible regular dichos caudales mediante la válvula instalada luego del piezómetro .

Los clorinadores por gravedad tienen capacidad para trabajar aún cuando las concentraciones del hipoclorito sean bajas, pues sus caudales pueden llegar hasta 20 Lt/hora, mientras que el dosificador alemán trabaja como máximo, hasta 3.9 Lt/hora y el Hipoclorador de precisión tiene capacidad de dosificación hasta 10 Lt/hora.

Otra ventaja que se encuentra en de los dosificadores por gravedad es su fácil construcción además de no requerir mano de obra especializada mientras que para los otros se hace necesaria.

El Hipoclorador de Precisión trabaja fuera del tanque de almacenamiento de la solución clorada,

mientras que los otros lo hacen dentro, evitando de esta manera el control visual de su funcionamiento.

Todos los equipos a excepción del Hipoclorador de Precisión tienen la desventaja de poseer un tubo flexible que exige un monitoreo continuo para preveer el enrollamiento del mismo.

El Hipoclorador de Precisión posee mayor exactitud en la dosificación a comparación de los otros, debido a la estabilidad de la carga dentro del recipiente de este.

El Hipoclorador de Precisión es una unidad compacta difícil de romper, en cambio los otros son de estructura débil que fácilmente pueden dañarse o romperse.

Otra ventaja de este equipo es la de poseer un piezómetro que permite la medición del caudal de dosificación, haciéndolo más seguro.

En cuanto al costo de los equipos; los clorinadores por gravedad son los más bajos comparado con los restantes, haciéndolos más accesibles al usuario.

Tanto el equipo alemán como el del Precisión requieren de mantenimiento mensual, debido al número de accesorios que poseen; Para evitar obstrucciones que originen errores en el caudal de dosificación.

**6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****6.1.- CLORINADOR POR GRAVEDAD (TORNILLO DE FIJACION)**

- La verticalidad del equipo en la solución es estable debido a la gran área de superficie del flotador en contacto con el agua. Esto origina que el ingreso del hipoclorito por el orificio del tubo sea perpendicular a este, dando lugar a un caudal constante al ingreso del equipo.
- Al pasar la solución por el tubo flexible ocurre una distorsión del flujo, ocasionado por el enrollamiento de este, acentuándose más aún con el descenso del nivel de hipoclorito en el estanque de almacenamiento, creando caudales de salida distintos.
- La distancia entre el flotador y el orificio de entrada es constante, pero la distancia del orificio a la salida de la solución es variable, por lo tanto el caudal de salida no será constante.
- El caudal de dosificación es inestable debido a que la distancia entre el ingreso y salida del flujo es

variable, esto ocasiona el enrollamiento del tubo flexible, que a su vez dificulta el paso de la solución. A esto se suma la baja viscosidad del hipoclorito que hace que los errores sean mayores.

- Los materiales para su construcción son más fáciles de obtener en el mercado.

Para la buena operatividad del equipo se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- Mantener un nivel de solución remanente en el tanque de Hipoclorito, lo necesario para evitar un descenso excesivo que origine el enrollamiento del tubo flexible (altura de la solución en el cilindro 50 cm por encima de la salida).
- El tubo flexible debe ser mayor a 1/8" de diámetro para que la solución tenga mayor fluidez.
- Considerar un diámetro del flotador mayor a 10 cm, para asegurar la estabilidad óptima del equipo.
- El orificio debe ser situado proporcionalmente al tubo, para lograr la estabilidad del equipo, al momento de requerir caudales mínimos, en que el



flotador descienda en su totalidad. La distancia mínima entre el orificio y la superficie del flotador es 0.07 cm.

### **6.2.- CLORINADOR POR GRAVEDAD (TIPO UNIPACK)**

- Este equipo es similar al clorinador (tipo tornillo) cumpliéndose las mismas conclusiones y recomendaciones mencionadas, la diferencia está en el flotador, que lo hace más costoso.
- Los materiales para su construcción son de fácil obtención en el mercado, ya que en su totalidad está compuesto por accesorios de PVC.
- Su construcción es más laboriosa, sin requerir personal calificado.
- Las conexiones deben estar bien soldadas para que la solución no ingrese al flotador, de lo contrario causaría el hundimiento del equipo.

### **6.3.- EQUIPO ALEMÁN**

- Con frecuencia se ha verificado la falta de verticalidad del flotador lo que ocasiona una

distorsión en el flujo de hipoclorito ya que éste ingresa por el tubo de ventilación. Esta situación es ocasionada por una longitud excesiva del tubo flexible que une el flotador con el dispositivo de salida o por falta de anillos de plomo que no fueron instalados ó que por reacción con el hipoclorito han perdido su ubicación inicial, deslizándose hasta el fondo del tanque de almacenamiento.

- Algunos de los tubos capilares de los dosificadores evaluados producían caudales de dosificación distintos a los indicados en el manual de instalación, debido a que el diámetro nominal del orificio del capilar difería del diámetro observado ó a que se había producido una obstrucción en el capilar.
- La obstrucción de algunos capilares se ve favorecida por el deterioro de la malla del flotador que debe actuar como filtro.
- La reparación del equipo es costosa debido a la falta de repuestos en el mercado nacional.

Para superar las observaciones mencionadas, se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones

- Se debe verificar el buen estado del filtro en el flotador y la correcta ubicación de los anillos de plomo y, para evitar su reacción con el hipoclorito, estos pueden forrarse con plásticos antes de instalarlos ó usar otro tipo de contrapeso. Siendo que los contrapesos son muy importantes para mantener la verticalidad del flotador y por ende el buen funcionamiento del dosificador, se debe investigar el tipo de material adecuado que sirva para este propósito y que no tengan problemas de corrosión y dificultades para su instalación.
  
- Mantener la verticalidad del flotador, el operador del pozo deberá verificar en forma diaria esta posición. En la instalación se debe constatar que la longitud de la manguera flexible, que une el flotador con el dispositivo de salida, debe ser compatible con la altura del tanque de almacenamiento de hipoclorito del dosificador, se recomienda una longitud no mayor de 5 cm por encima del nivel máximo del líquido, medida desde el fondo del tanque.
  
- Las conexiones entre el tanque dosificador y la fuente, deben tener el recorrido y longitud necesario para permitir el libre flujo del

hipoclorito. Permitiendo de esta manera el goteo en caída libre del desinfectante, de lo contrario pueden formarse tramos que trabajen a presión, produciendo intermitencia del flujo, ya sea por las pérdidas de carga en los tramos a presión, o por la formación de grandes burbujas en la tubería de conducción.

- Los tanques de almacenamiento de los dosificadores deben ser de plástico y con el volumen de 200 litros.
- Para reparar deficiencias en el equipo se debe prever la dotación de repuestos tales como filtros, canastillas, anillos de plomo y tubos capilares.
- Se debe verificar por lo menos dos veces por semana el caudal de dosificación, mediante aforos, si este no fuera el correspondiente se debe revisar si el equipo está obstruido y limpiarlo con alguna fibra de menor diámetro. Puede utilizarse hilos de cobre de los conductores eléctricos (que tienen un diámetro de 0.25 mm aproximadamente y permitirían la limpieza de los capilares que son de diámetros superiores a 0.6 mm). Hecha la limpieza, instalarlos y volver a verificar el caudal de dosificación; si

la diferencia respecto al caudal de dosificación calculado para la fuente es superior al 30 % se debe cambiar de capilar (este porcentaje se basa en permitir una variación en la dosificación que no baje de 1.0 mg/l).

#### 6.4.- DOSIFICADOR DE PRECISION

- El equipo mantiene una carga constante por la válvula reguladora al ingreso del dosificador compuesta por un tapón, accesorios y un flotador.
- Su construcción es más costosa, además de requerir mano de obra calificada.
- La eficiencia de la válvula reguladora se basa en el cierre del pistón y empaquetadura, haciendo que el ingreso de la solución, sea la necesaria, para mantener una carga estable en el recipiente del equipo, obteniendo así un caudal constante.
- El piezómetro permite cuantificar la salida de la solución, mediante una llave reguladora a la salida del equipo, pues al cierre de esta, se tiene caudal cero y pérdida de carga máxima; conforme se abre, la pérdida de carga va disminuyendo, originando un

descenso en el piezómetro y una lectura de caudal.

- Es de fácil instalación y no requiere una persona para monitorearlo. Para su uso en pozos, posee una válvula selenoide que controla el paso de la solución, cerrándolo en casos de cortes de fluido eléctrico.
- El costo del equipo es mayor que los anteriores, requiere de más accesorios y mano de obra especializada.

Recomiendo tener en cuenta lo siguiente:

- El cierre debe ser hermético con cinta de teflón, para evitar fugas en las conexiones.
- En el caso de usar hipoclorito de calcio en solución, utilizar un filtro antes de el ingreso al equipo para evitar obstrucciones posteriores en los orificios de entrada y salida del equipo.

**RECOMENDACIONES GENERALES**

- La verificación del normal funcionamiento del dosificador debe hacerse también luego de la recarga de hipoclorito a los tanques de los dosificadores.
- La conexión entre la salida del dosificador y la fuente debe tener en el extremo una brecha de aire, para ello se debe contar con un embudo conectado a la tubería de conducción, hacia donde se produciría el goteo del dosificador; de esta forma no se trabajaría en ningún instante a presión. Por otro lado el trazo de la línea de conducción debe ser en tramos rectos y sin puntos altos en la línea a fin de evitar la presencia de bolsas de aire que obstruyan el flujo.
- Se debe dotar al personal de operación de las fuentes de abastecimiento de materiales de protección personal : guantes, mandil y gafas.
- Para acelerar el proceso de demanda inicial de cloro en las redes que por primera vez reciben agua con cloro, se debe realizar purgas en la red a través de los grifos contra incendio. Por otro lado, a fin de no deteriorar la calidad de agua lograda con el

proceso de desinfección se debe realizar la limpieza y desinfección periódica de los reservorios de regulación, y del mismo modo instar a la población a la limpieza y desinfección de sus tanques domiciliarios (cisternas y tanques elevados).



**7.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- 7.1 Richter, Carlos Alfredo. Desinfección Evaluación de Plantas de Tratamiento de Agua CEPIS, 1984
- 7.2 Williams, P.G. Development of a borehole chlorinator for small communities. Water report, 16 Pretoria (ZA), Dic. 1982
- 7.3 Arocha Arevalo, S. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Venezuela Dic. 1966
- 7.4 Congora, Julian. Programa de Investigación sobre sistemas de desinfección por medios hidráulicos para pequeñas localidades. Colombia, Jul. 1983
- 7.5 Leo Muniz de Souza. Desinfeccao das aguas nas pequenas localidades. Brasil, Jul. 1983
- 7.6 Rodríguez García, Daniel. Sistemas de desinfección de agua en medio rural. Chile, Jul. 1983
- 7.7 Palma Orellana, L. Desinfección del agua en medio rural. Chile, 1982

- 7.8 Solsona, Felipe E. Dosificador de cloragenos de bajo costo, Argentina, 1985
- 7.9 Manual DTIAPA No 5 Evaluación de Plantas de Tratamiento Perú, 1984
- 7.10 León Suematsu, Guillermo; Nuñez, Enrique. Evaluación técnica de la instalación v funcionamiento de hipocloradores de fabricación alemana. CEPIS/SENAPA, Perú, 1991
- 7.11 Cáceres López, Oscar; Desinfección del Agua. Ministerio de Salud/OPS/OMS, Perú, 1990
- 7.12 Arboleda, Jorge; Manual de Desinfección del Agua. Perú, 1976.
- 7.13 Burbano M; Francisco Antonio; Magana A. Potabilización del Agua, Colombia, 1980
- 7.14 Cánepa de Vargas Lidia, Evaluación del proceso de Cloración. 1986
- 7.15 OPS, Guías para la calidad del Agua Potable. Vol 2, 1987

- 7.16 Dirección General de Saneamiento Ambiental DIGESA
- 7.17 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS
- 7.17 Linus Pauling, Química General. 1977
- 7.18 Azevedo Netto, José M, Usos de cloro na Engenharia Sanitaria e Ambiental. 1981