

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA SANITARIA**

**TESIS DE BACHILLER Y GRADO**

**“UN ESTUDIO SOBRE DOSIFICADORES  
DE COAGULANTES”**

**ROSARIO FUKUDA SUZUKI**

**PROMOCION 1966**

**LIMA - PERU**

**1967**

## SUMARIO

|   | <u>Página.</u> |
|---|----------------|
| - INTRODUCCION  | I              |
| - CAPITULO I: Equipos dosificadores de coagulantes existentes en el mercado | 1              |
| Dosificadores de coagulantes en seco.                                       | 2              |
| Gravimétrico  | 4              |
| Volunétrico   | 15             |
| Dosificadores de coagulantes en líquido                                     |                |
| Mecánicos   | 26             |
| Hidráulicos   | 28             |
| - CAPITULO II:  |                |
| Equipos usados en el Perú   | 33             |
| Problemas de operación y mantenimiento                                      | 35             |
| - CAPITULO III:   |                |
| Sustancias químicas comunmente usadas en el Perú                            | 40             |
| Sulfato de Alúmina  | 41             |
| Cal viva CaO  |                |
| Cal Apagada Ca(OH) <sub>2</sub>   | 45             |
| - CAPITULO IV:  |                |
| Ventaja de los equipos de "Mediciones líquidas"                             | 47             |

|   | Página |
|---|--------|
| - CAPITULO V:   |        |
| Estudios en el Laboratorio con <u>mode</u><br>los de equipos de "Medición Líquidas" | 53     |
| Sifón Mariotte  | 53     |
| Dosificador Mariotte con rotómetro  | 57     |
| Dosificador Mariotte con altura de<br>Altura de descarga variable                   | 63     |
| Torre dosificadora de solución de<br>sulfato de aluminio                            |        |
| - CAPITULO VI:  |        |
| Conclusiones  | 78     |
| Recomendaciones   | 79     |
| - REFERENCIA  | 80     |
| BIBLIOGRAFIA  | 81     |

## INTRODUCCION

En muchas oportunidades, el Ingeniero Sanitario, se encontrará con el problema de diseñar una planta de tratamiento de agua; donde el diseño y selección de equipos adecuados, son factores esenciales para el éxito de un proyecto.

La alternativa o selección de equipos deben ajustarse a situaciones particulares, tales como : criterios que reflejen la realidad de cada ciudad, existencia de materiales y repuestos en el país, suficiente cantidad de dinero y personal especializado para su operación y mantenimiento.

El Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Sanitaria, actualmente realiza una serie de estudio de varias unidades de operación comunes en plantas de tratamiento de aguas superficiales. Estas unidades fueron seleccionadas en base a los estudios de los problemas de operación y mantenimiento de varias plantas de tratamiento de agua en el Perú.

El objeto de ésta Tesis es justamente, tomar en estudio una de éstas unidades de operación; buscando una solución para el problema, tratando de encontrar la forma más sencilla y de bajo costo posible, pero siempre que su funcionamiento sea eficiente y su mantenimiento y operación fácil.

Se ha escogido el estudio sobre "Dosificadores de Coagulante" porque siendo, la adición de ellos la primera fase de tratamiento que recibe el agua, debe realizarse en forma efectiva; ya que, luego encadena una serie de procesos y la eficiencia total de la planta depende de ellas para la calidad final del agua.

La línea general que sigue el proceso básico del tratamiento de una agua es :



Para que una planta de filtros rápidos funcione bien es necesario que todo el proceso básico, anterior a la filtración se lleve a cabo en forma efectiva. Para que haya una buena coagulación y floculación, es necesario que la cantidad de coagulante que se mezcle con el agua cruda, sea controlada de forma efectiva y precisa.

La cantidad de coagulante que se necesite depende de la característica química del agua y de la turbidez con que viene y debe ser proporcionada en forma tan precisa como sea posible, para asegurar una buena coagulación , floculación, sedimentación y filtración.

De ésta manera se puede apreciar que la eficiencia y exactitud de los equipos de dosificación de coagulantes, es un

factor decisivo en el tratamiento del agua.

Se han desarrollado muchos equipos dosificadores de gran exactitud, pero a menudo demasiados costosos, de difícil mantenimiento y reparación. De allí que se tratará de desarrollar modelos de equipos más sencillos, de bajo costo de instalación y con materiales disponibles en el Perú.

## **CAPITULO I:**

- **EQUIPOS DOSIFICADORES DE COAGULANTES EXISTENTES EN EL MERCADO.**

### DOSIFICADORES DE COAGULANTES

Una vez que el proceso de tratamiento a ser usado, ha sido decidido, es el momento de seleccionar el equipo dosificador de químicos. Depende de la sustancia química que será usada; la forma de hacerlo, es decir si será en líquido ó en seco; consideraciones de aprovechamiento, costo y cantidad a ser tratada; solubilidad y estabilidad de la sustancia química con que se trabajará.

Estos equipos se pueden utilizar para cualquier clase de sustancias químicas, en seco ó en líquido. En el caso de tratamiento de agua, se emplean para dosificar coagulantes y sustancias alcalinas que ayudan a la coagulación.

Cuando se dosifican en forma granular, no hay problemas con



el empleo de éstos equipos para cualquier sustancia; pero si se dosifican en forma líquida, las sustancias que son poco solubles en agua causan problemas al taponar las solidas, por lo que hay que cuidar de que la agitación sea continua.

En el Perú se emplean éstos equipos para dosificar coagulantes de sulfato de aluminio y álcalis como la cal viva y la cal apagada.

Hay dos tipos básicos de dosificadores de coagulantes, según la forma de utilizarlos

A.- Equipos medidores de coagulantes en seco.

(1).- Gravimétrico.

(2).- Volumétrico.

B.- Equipos medidores de coagulantes en líquido.

(1).- Mecánico.

(2).- Hidráulico.

A.- EQUIPOS MEDIDORES DE COAGULANTES EN SECO

La elección entre el gravimétrico ó el volumétrico debe hacerse en base a un estudio de la máxima y la mínima dosis de coagulante a usar; de lo contrario se adquiriría grandes o más costosos equipos de lo que necesitaría en la planta.

Si el proceso es crítico o exige una dosificación precisa con un porcentaje más o menos tolerable; entonces el dosificador gravimétrico sería el adecuado.

En cambio, si el tratamiento químico requiere ser variado en algo, sin afectar seriamente el proceso, con dosis variables de de 3 al 5 (3) y con detenciones periódicas; el dosificador volumétrico sería satisfactorio.

Entre éstos equipos hay diversos modelos, tanto en los gravinétricos como en los volumétricos.

(1) - Dosificadores Gravinétricos.-

Para una planta de gran capacidad, que utiliza cantidades relativamente grandes de productos químicos en seco, se hará neces<sup>o</sup>rio de una automática, exacta y continua dosificación y el pesaje de ellos. En éste caso el dosificador gravinétrico reúne las condiciones deseables.

El dosificador gravinétrico funciona manteniendo un flujo congtante de material a una determinada tasa de peso por tiempo. Se puede utilizar desde rangos pequeños hasta diversas toneladas/hora y son capaces de manipular materiales en fino polvo ó en gránulos.

Principio.- Se basan todos en el control y pesaje del coagulante a ser usado. Varían los modelos con los diferentes métodos que utilizan para pesarlos, pero la base es la misma.

Se utiliza el peso de un material que va fluyendo (hecho justo en el momento que va dosificand<sup>o</sup>) - un relativo flujo constante

De cualquier modo esos dosificadores no pesan primero y luego dosifican sino que dosifican primero y luego paran y ajustan esas dosis, para luego pesarlo. Aunque muchos de estos dosificadores crean substancialmente

un flujo constante sobre un período dado con el máximo y mínimo de peso sobre un promedio de dosis el material fluido no ha sido pesado realmente y por lo tanto éstos dosificadores no pueden ser clasificados como balanza.

Para los procesos críticos de dosificación, los dosificadores de peso pueden ser chequeados periodicamente, colectando una corriente de material sobre un período de tiempo y pesando el material recolectado en una balanza exacta. Para un mejor trabajo, la exactitud de 1 a 2% basta; para los fines prácticos, el chequeo y calibración son innecesarios.

Los dosificadores gravimétricos toman diferentes formas, pero en general pueden ser clasificados en dos grupos:

I.- El grupo de correa de transmisión

II.- El grupo de los dosificadores de pérdida por peso.

Los dosificadores de correa de transmisión se adaptan mejor para material sólido, en cambio los de tolva de pérdida por peso pueden ser usados con cualquier material que pueda ser contenido en una tolva.

## I.- Grupo de correa de transmisión.-

Se pueda dividir en dos tipos

- a) La de correa de transmisión giratoria
- b) La de correa de transmisión rígida

### a) Dosificadores de correa de transmisión giratoria.-

Abarca una tolva dosificadora una correa de transmisión continua montada sobre un sistema de centro giratorio; un peso graduable que equilibre la carga en la correa y un medio para ajuste automático y continuo de la dosis en la correa. El material por lo general fluye de una tolva.

Si el mecanismo de dosaje es constante, es obvio que el total de la tasa de flujo de material contenido en el dosador sea igual al total de la tasa de flujo procedente de ella. De otro modo el dosificador vendrá completamente agotado en tiempo. O el material reconstituirá indebidamente, tanto que interferirá con la operación de dosificación.

Principio.- De una dosificación por peso continuo, es causar una superficie lisa, relativamente constante, flujo de material hacia el elemento sensitivo de pesaje; éste mecanismo funciona para hacer un ajuste constante y liso en la tasa de dosificación con el fin de que fluya llanamente y a una tasa constante.

El control de flujo se puede realizar por dos caminos:

1.- Por medio de una restricción tal como una compuerta empleada en

tre la tolva dosificadora y la correa.

Por control de la amplitud de la vibración en una cubierta de vibrado colocado entre la tolva y la correa.

El control en el primer caso es realizado mecánicamente y en el segundo caso es eléctrico.

Al primer caso pertenece la dosificador Hardinge y al segundo el Jeffrey - Taylor.

#### Dosificador Hardinge .

Consiste de una correa de transmisión en una estructura o eje de pivote, suspendida debajo de una tolva dosificadora que para cualquier variación en el peso en la correa, se inclinará la estructura; lo cual, en el volteo mueve la compuerta dosificadora por medio de un sistema articulado apropiado.

Cuando el peso aumenta, la estructura se inclinará hacia abajo y la compuerta dosificadora bajará. Cuando el peso disminuye, la correa y la armadura suben y la compuerta se abren ampliamente, incrementando la cantidad de material en la correa. Un peso constante es así mantenida; ni aún el carácter, gravedad específica, volumen o tamaño del material pueden cambiarlo. ( fig. 1 )

#### Dosificador Jeffrey - Taylor .

Consiste en una correa sobre una estructura pivotada, ~~da~~ bajo una tolva dosificadora y una cubierta de vibrado; para

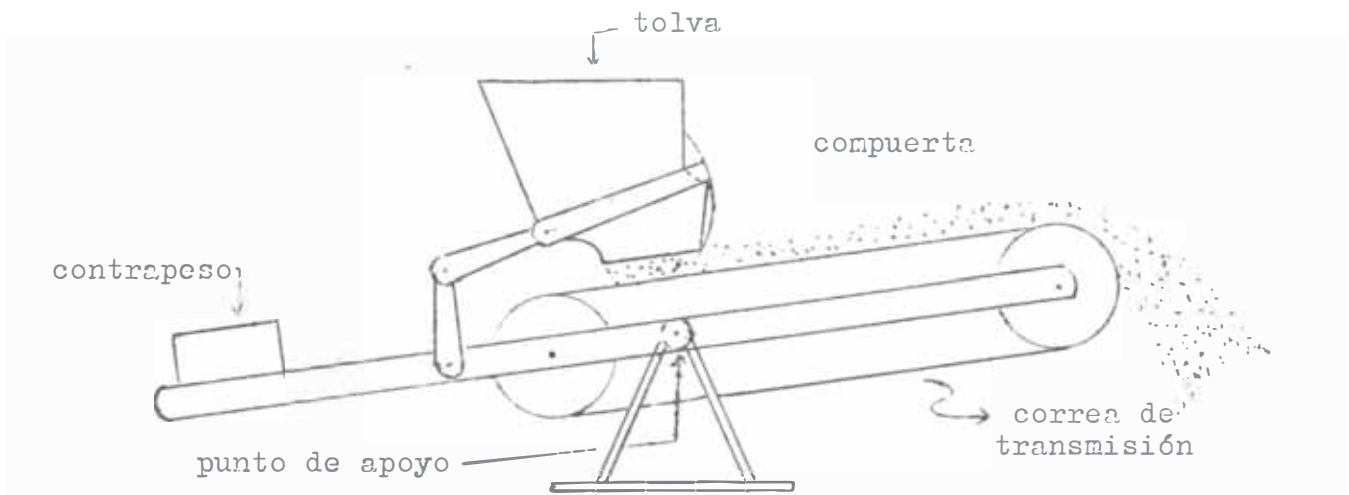


Fig. 1  
Dosificador Hardinge.

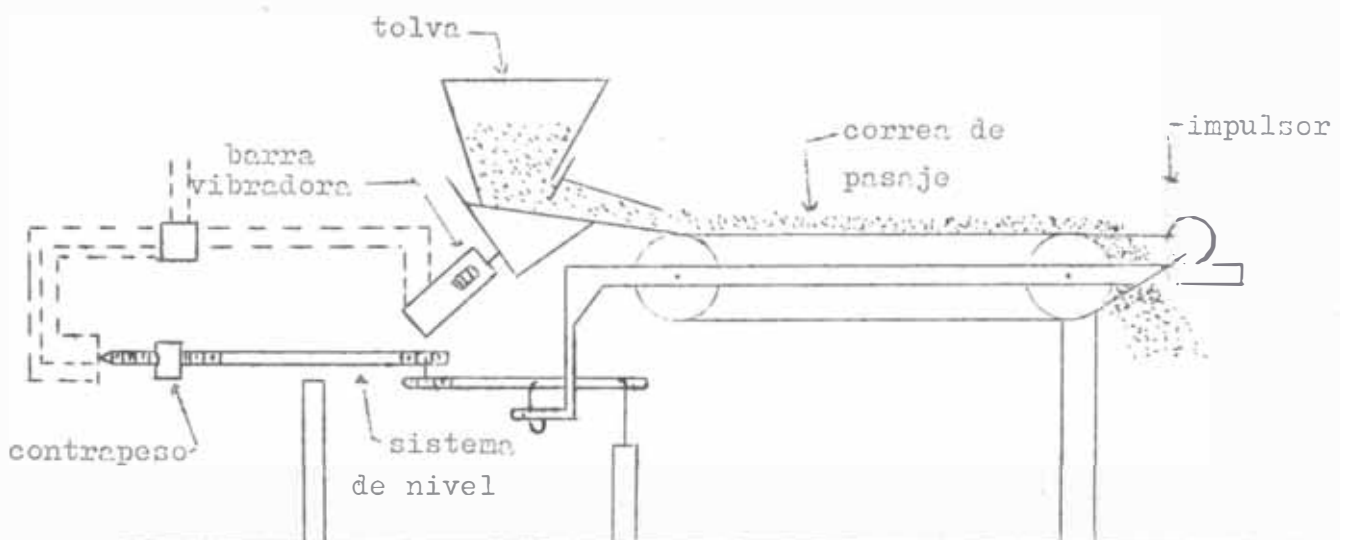


Fig. 2  
Dosificador Jeffrey-Taylor.

cualquier variación en peso en la correa, inclinará la estructura, a través de un contacto eléctrico, cambia la amplitud de vibración de la cubierta.

Cuando se desea ajustar a una tasa requerida, el brazo de la balanza es nivelada, cuando la correa se inclina hacia abajo, indicando excesivo flujo, el sistema de nivelaje hace contacto con el cual actúa el reóstato y decrece la amplitud de vibración; de éste modo se regula el flujo.

Cuando la correa lo inclina hacia el otro lado, la vibración se incrementa, con el resultado de mayor flujo. ( Fig. 2 )

b) Dosificadores de correa de transmisión rígida .-

Comprende una tolva dosificadora, una correa sin fin montada sobre una estructura, rígida suspendida sobre una balanza, un contrapeso y un medio para continuar y ajustar automáticamente la dosis de material para la correa.

Las partes básicas de ambos tipos de correas dosificadoras son similares, sin embargo la diferencia está en la estructura de pivoteo; el ajuste es realizado a través de la acción de la correa, en la inclinación hacia arriba ó hacia abajo; mientras que en la estructura rígida de la correa, el ajuste es realizado a través de la acción del brazo de la balanza, dependiendo solo por el peso en la correa.

Entre los modelos de éste tipo se encuentran el Dosificador Omega y el Sintrón .

Dosificador Omega tipo correa de transmisión .-

Consta de un dosificador vibratorio, teniendo una tolva dosificadora, una corta correa transportadora suspendida sobre una balanza y un sistema articulado de control en forma de cuña, entre la balanza y el dosificador, manera que éste se encuentra bajo el control del brazo de balanza.

El material fluye desde el dosificador a la bandeja vibradora, donde es descargada a la correa de pesaje.

El movimiento de vibración es impartida al mecanismo de bandeja por una operación leva osciladora a través del golpe de la cuña de caucho; la cual cuelga libremente desde el brazo de la balanza entre la mandíbula oscilatoria y la opositora, ésta se encuentra unida a la bandeja dosificadora. Así cuando la viga y la cuña son bajados a causa de peso insuficiente de material en la correa, la bandeja es vibrada más intensamente, causando un incremento de dosis. Viceversa, demasiado peso en la correa, la levantará hacia arriba el brazo de la balanza y la cuña se retirará; con la cual decrece la dosis. ( Fig. 3 )



Demersador Sintro.

Consiste de una tolva y una artesa vibradora, una corta correa sin fin suspendida sobre una balanza y un control eléctrico activado por el más leve movimiento por encima o debajo del peso requerido, en el brazo de la balanza. Este control acelera o retarda la tasa de flujo del material, a través de la variación de la artesa de vibrado, así automáticamente mantiene una constante carga en la correa transportadora. ( Fig. 4 )

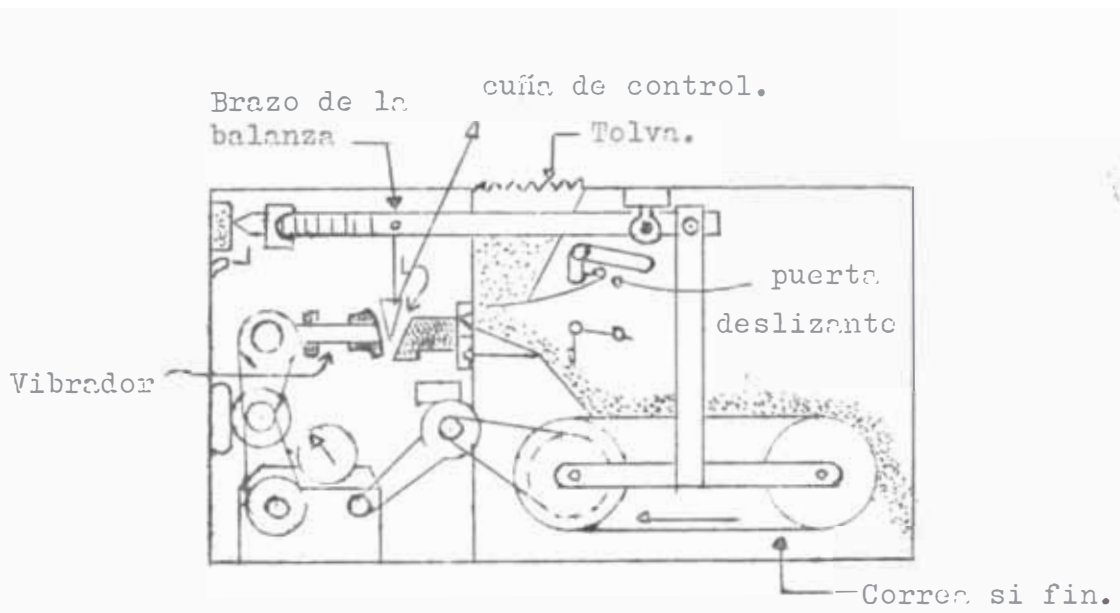


Fig. 3.-  
Dosificador Omega.

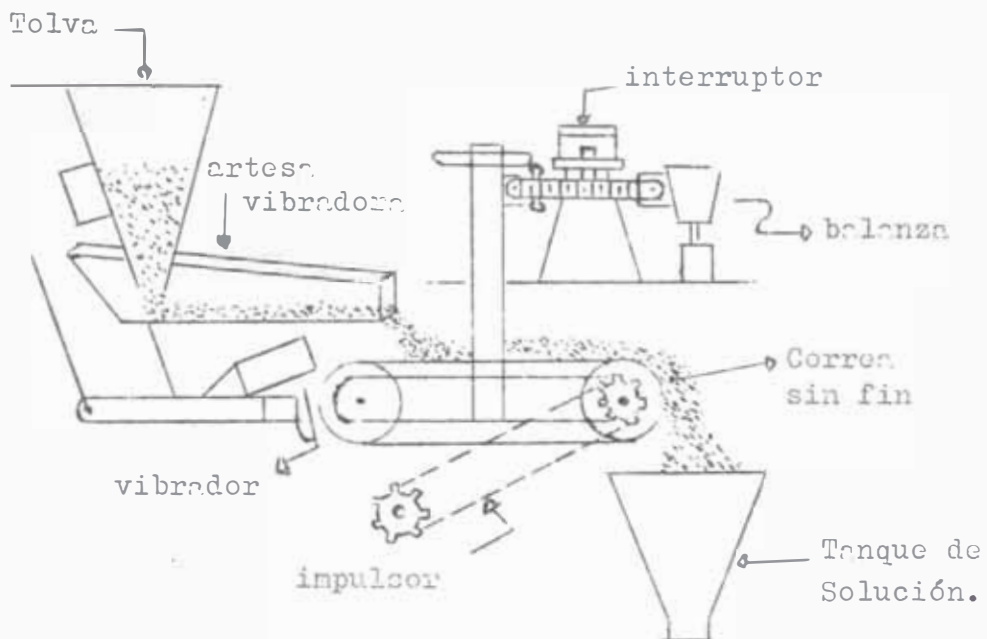


Fig. 4.-  
Dosificador Sintron.

## II.- Dosificadores de pérdida de peso.-

Principio.- Se basa en la medida de pérdida de peso de una tolva o tanque, que es el peso instantánea de una correa transportadora. En esencia, el dosificador consiste en una tolva o tanque suspendida de una balanza niveladora, un medio para regular el flujo de material procedente de la tolva y un brazo de balanza con un impulsor de equilibrio eléctrico, el cual fija la tasa de flujo procedente de la unidad. La tolva puede ser recargada periódicamente.

A éste tipo pertenece el Omega tipo pérdida de peso

### Dosificador Omega tipo pérdida de peso .-

Consiste de una tolva suspendida de una balanza niveladora, un impulsor de contrapeso por un motor sincrónico a través de un cambio de velocidad, y una tolva vibradora la cual controla el flujo de material.

La tolva es llenada con material y la balanza es manualmente balanceada por ajuste en el peso.

El control de la tasa es puesto en la velocidad deseada y el motor arrancará. El tornillo de mando, impulsada por el cambio de velocidad, retrae la pesa en la tasa precisa de ese material a ser dosificadora de la tolva. Ese retraimiento de la pesa dará al brazo una tendencia de punta hacia arriba, por ahí subirá el control de cuña entre la quijada fija en la bandeja dosificadora y la quijada osciladora, causando un incremento en la dosis. A la vez el dosificador es-

tá continuamente retirando material procedente de la tolva, haciéndolo encender y dándole a la viga una tendencia a subir por ahí bajará el control de cuña, y el dosificador entregará menos material.

Cualquier tendencia a desequilibrarse es inmediatamente corregida por el dosificador en cada incremento o decrecimiento de la medida de dosis. Tan sensible es el movimiento del brazo de la balanza que siempre estará en equilibrio. El contrapeso indica la exacta cantidad de material en la tolva, en cualquier momento.

La capacidad de éstos dosificadores es limitado solo por el sistema de balanza niveladora que soporta la tolva. Esto es en teoría, de cualquier modo son diseñados para 5000lbs/hora.

OMEGA recomienda el uso de éste tipo de dosificador para una pequeña planta, para tasas comprendidas entre 1/4 lb/h. a 25 lbs/h. 1/2 lbs/h. a 50 lbs/h. etc.

Para materiales tales como carbón, porque hace aligerar el polvo confinado.

En grandes plantas donde el costo adicional es justificado por el uso de operaciones menos prácticas y menos mantenimiento, hace que tenga menos partes móviles. ( Fig. 5 )

## Dosificador Omega de pérdida de peso.

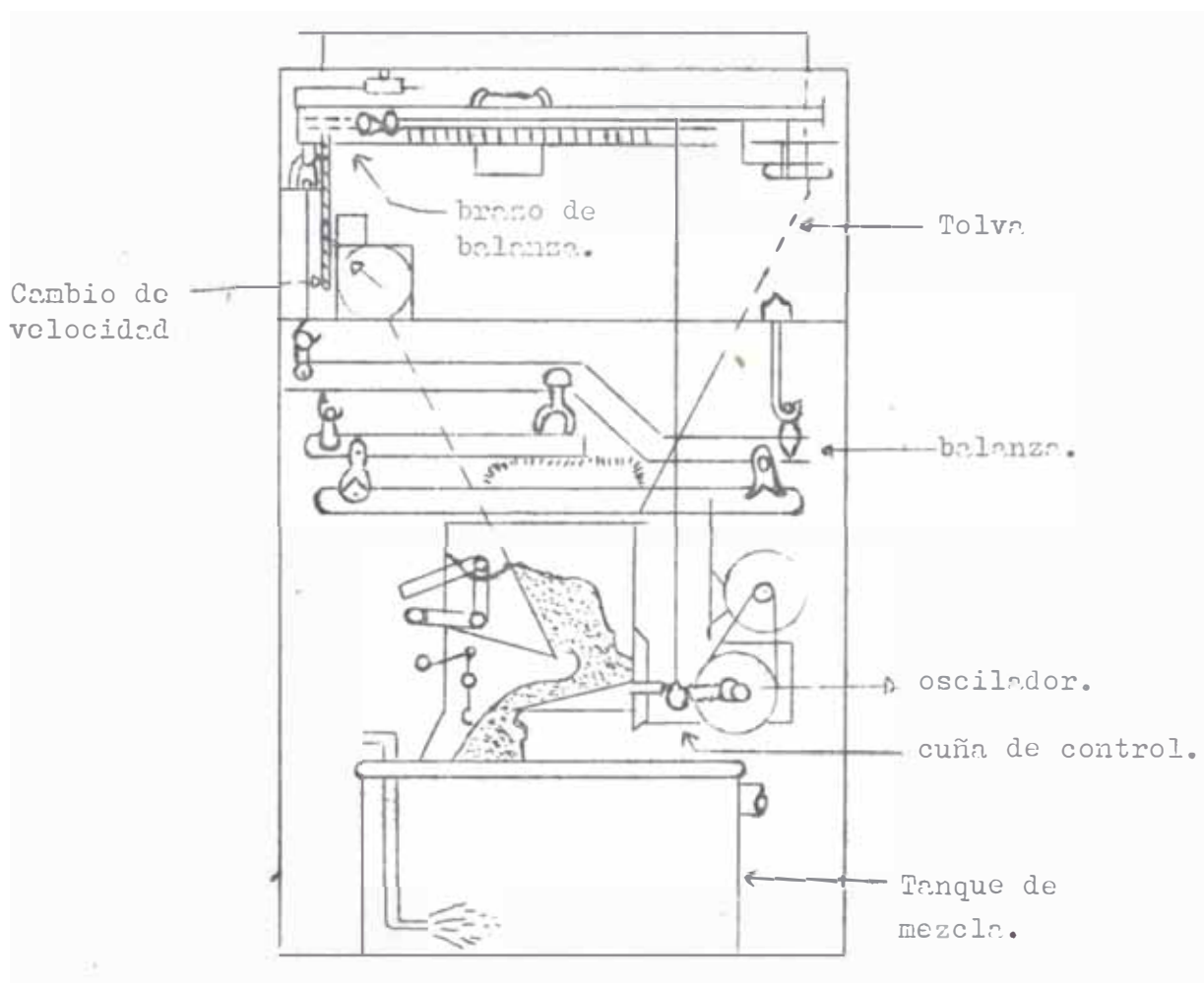


Fig. 5 .-

(2) Dosificadores volumétricos.

Todos ellos trabajan bajo un mismo principio general

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q = es la cantidad de química que se dosificará.

V = velocidad con que transporta el volumen dosificado.

A = área de material que dosifica.

Para variar la dosis, solo bastará con variar la velocidad ó el área; o ambas a la vez, si el cambio es a una dosis muy grande.

Son diseñadas para desplazamiento de volúmenes. Ellos no tienen incorporados a su mecanismo alimentador, una balanza. Si lo tienen, son usualmente una báscula que soporta toda la maquinaria y su contenido; así la balanza hará un pare en el cumplimiento de la máquina, pero no será realmente un control de la tasa.

Cualquier cambio en la densidad o característica de la química será directamente afectada el actual peso del material.

El dosificador solo medirá el volumen desplazado y no el peso del material; es posible para el dosificador volumétrico operar mecánicamente sin alimentación de material alguno, y no hay modo de advertir al operador si el material no está siendo alimentado.

Por éstas razones el dosificador volumétrico requiere más a-

tención del operador para asegurar el buen funcionamiento de ella. Pero éste tipo de dosificador tiene la ventaja de que cualquier de ellos sirve para dosificar cualquier clase de coagulante y también cal.

~~El dosificador~~ **volumétrico** puede ser usado en pequeñas plantas cuando:

- 1.- La tasa de operación son relativamente constantes.
- 2.- Cuando es posible la detención del funcionamiento del equipo. Por ejemplo, la visita regular del operador, cada media hora o una hora y parar la alimentación del material, por medio de básculas, para el control de la tasa.
- 3.- Considerable capacidad de retención en el tanque de mezcla y sedimentación, cuando en promedio, existe una variación en la tasa alimentadora debido al cambio en tamaño, de la densidad y características alimentadoras del material.

#### Diferentes tipos de dosificadores volumétricos.-

##### a).- Uasa giratoria.-

Descripción y operación .- El material fluye por gravedad, procedente de la tolva, situada encima del disco alimentador; éste disco dispone de ranuras acanaladas precisas. A medida que el disco gira bajo la tolva, la ranura es llenada con el material.

Flujo del material.- Un arado fijo moldeará exactamente las ranuras. La descarga del material es directamente proporcional al número de revoluciones del disco, cumpliendo así el principio general por el que se rigen todos los dosificadores volumétricos:  $Q = V \times A$

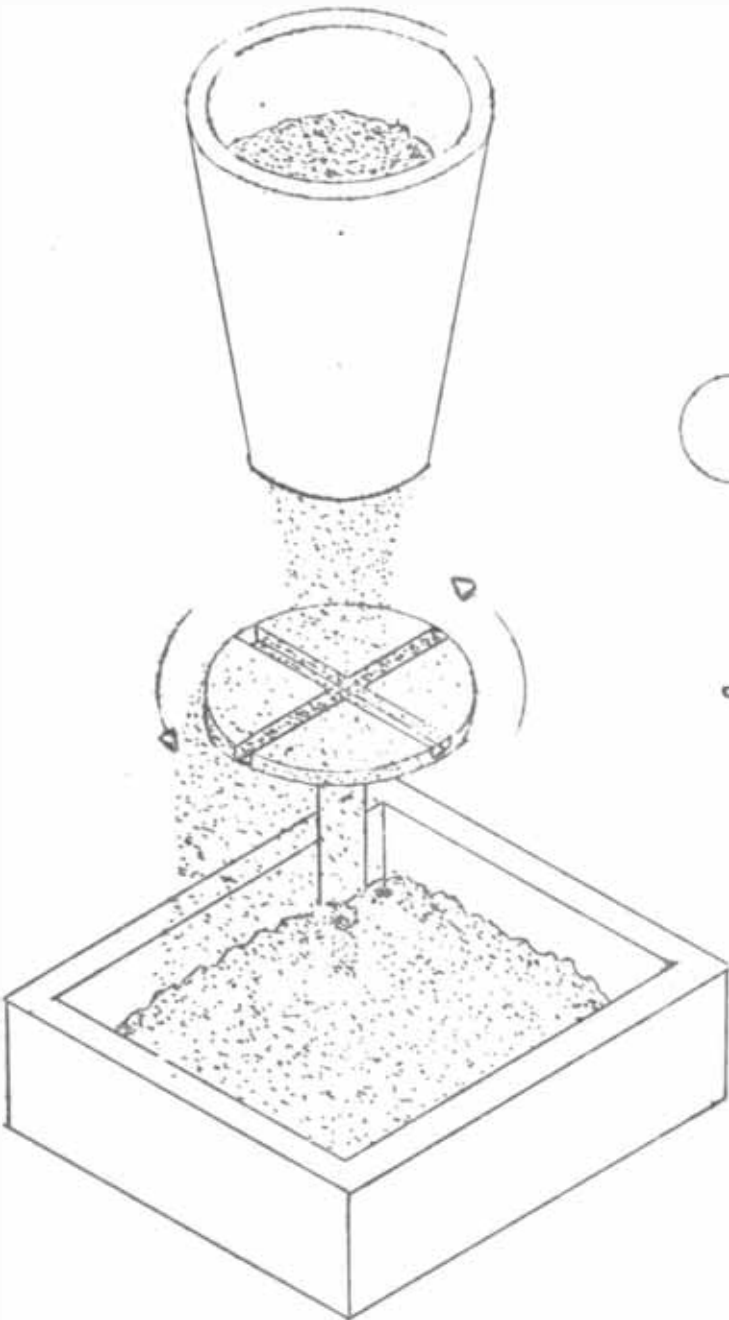


Fig. 6.- Mesa giratoria.

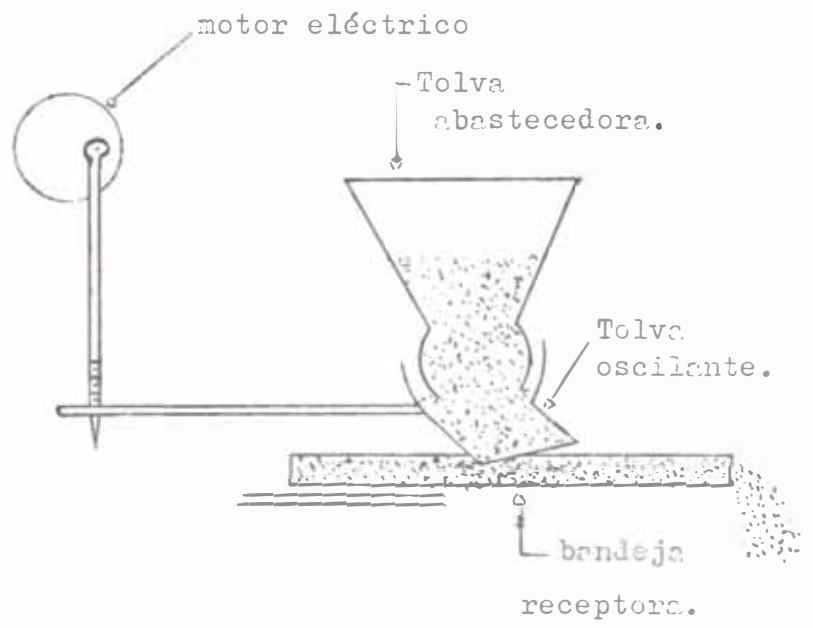


Fig. 7 .-



De ésta manera, se puede ajustar una tasa de alimentación requerida, variando la aceleración de rotación del disco, así como la descarga del alimentador. ( Fig. 6 )

b).- Garganta Oscilante.-

Principio.- El material ingresa a la tolva cónica osciladora, el movimiento de ésta en una u otra dirección, empujará una porción medida del material en el platillo receptor, cayendo luego al tanque de disolución.

Descripción y operación.-El material a ~~ser~~ dosificado entra a través de una abertura, en la parte superior, provenientes de una tolva de extensión y cae en la tolva cónica alimentadora.

Si el material se arquea o cuelga en el alimentador, un agitador especial consistente en un par de placas colgantes sueltas, en el lado opuesto de la tolva, lo evitarán. Estas placas están dadas por leves movimientos verticales de dos brazos unidos por el eje, operado por un reductor de velocidad.

Flujo del material.- El reductor de velocidad operado por un motor eléctrico, transmite el movimiento a través del eje de conexión a la tolva oscilante, ésta se fija a la tolva alimentadora por una rótula en el vértice de ella.

El movimiento de la tolva osciladora en una y otra dirección empujará el material en el platillo receptor, cayendo al tanque de disolución.

Control de la tasa.- Esta se ajusta según el principio general, o sea para un cambio en la tasa solo basta variar la velocidad o el área de material.

La anchura de la banda de material a ser dosificada es fija; pero el espesor puede ser cambiado, por elevación ó descenso de la tolva oscilante o también por el cambio en la carrera del émbolo, atrasado ó adelantando la carrera de la tolva oscilante. Pero la bandeja receptora, permanece fija. ( Fig. 7 )

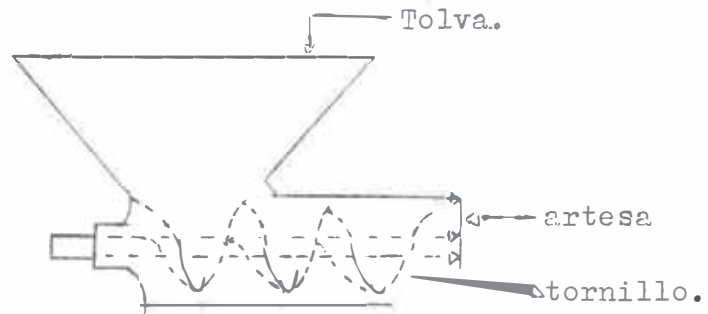


Fig. 8 .- Dosificador Tipo Tornillo.

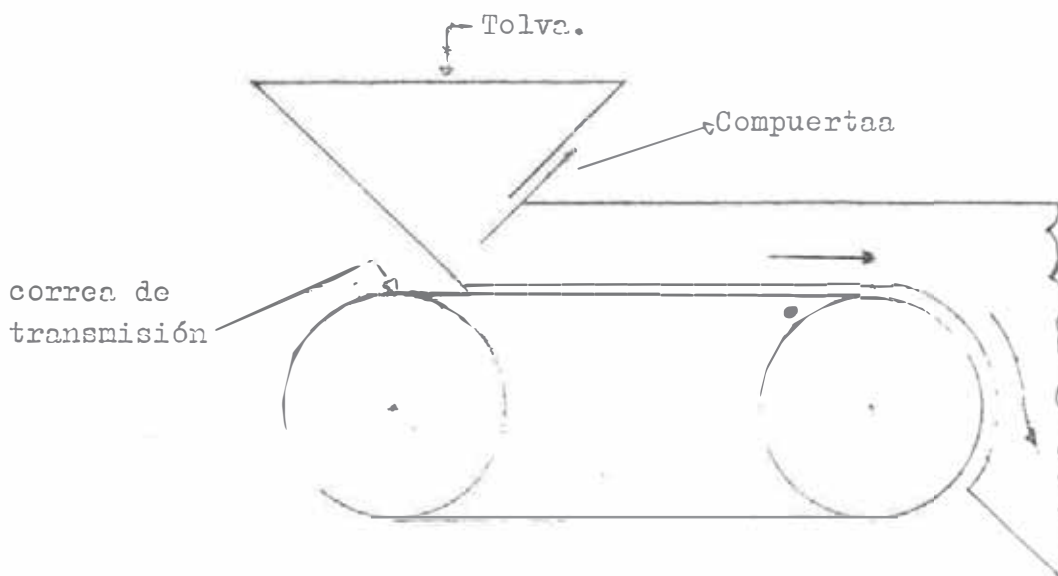


Fig. 9 .- Dosificador con correa de transnisi3n.

c).- Tipo Tornillo.-

Principio.- Es un tornillo horizontal que utiliza una combinación de movimientos de rotación y axial a la vez, a través de una artesa descarga la química por ambos extremos.

Descripción y operación.- Se usa el convencional tornillo y un tubo alimentador. El mecanismo de mando está provisto de una combinación cíclica de un movimiento axial con un movimiento rotacional, similar al movimiento de insertar un tornillo a un corcho, por giro, y luego remover el corcho.

Flujo del material.- La química es limitada por la superficie en contacto con el tubo dosador, durante una porción del ciclo y por la superficie en contacto con el screwflights durante la otra porción. Esta acción puede ser contrarrestada por una acción convencional del tornillo cuando la hendidura ocurre simultáneamente entre la química y el giro del tornillo.

Control de la tasa.- La tasa de dosificación puede ser ajustada mediante el giro de un dial, el cual regula la lentitud o golpe de ciclo sin afectar la devolución del golpe. ( Fig. 8 )

d).- Dosificar con correa de transmisión.-

Principio.- Es una correa sin fin, en la que el material es descargado a ella, en forma de cinta, por una compuerta ajustable.

Descripción y operación.- Puede ser de cualquier forma de transporte corredizo; una banda de goma o de hule, sujetas por furgones vacíos.

Flujo de material.- Al caer el material en la correa, ésta puede ser variada en el ancho de la cinta de material, por la velocidad del transportador o la abertura de la compuerta. Cumpliéndose siempre:

$$Q = V \times A$$

Estos tipos de dosificadores vienen en gran variedad y son los más aceptados (Fig. 9).

## B EQUIPOS MEDIDORES DE COAGULANTES EN LIQUIDO

Antes del advenimiento de los ~~dosificadores~~ en seco del tipo volumétrico, en 1920; los ~~dosificadores~~ químicos tipo orificio eran los ~~únicos dosificadores en solución que existían.~~

Un ~~dosificador~~ líquido, medirá y descargará en base de volúmenes líquidos, una solución o suspensión de conocida potencia. Cualquier química que pueda ser disuelta o suspendida en agua, puede ser manipulada de ésta manera.

Para una dosificación en solución, exige dos modificaciones:

- 1.- Hacer la solución de una determinada concentración.
- 2.- Alimentar esa solución a una razón predeterminada.

A un para plantas pequeñas es un método aconsejable, pero deben considerarse las siguientes situaciones:

- 1.- Si el material es gomoso o adherente, pero soluble como, por ejemplo : cloruro férrico.
- 2.- Dos productos químicos pueden ser mezclados y agregados por el mismo dosificador; por ejemplo: ceniza de soda e hipoclorito de calcio.

Para éste tipo de ~~dosificador~~, el operador debe tener en cuenta que el material debe ser adecuadamente solubilizado o mantenido en la suspensión especificada para que la dosificación no sea alterada.

En consecuencia, a menos que la planta no trabaje conti-

nuamente, poseer depósitos en duplicado para preparar la solución uno de ellos mientras el otro está en operación.

Las dimensiones de los depósitos deberán estar de acuerdo con la solubilidad del producto químico y con la razón de solución

~~agregar.~~

Los depósitos deben tener facilidades para acceso y descarga del producto, evitar la propagación del polvo en esa tarea y asegurar que los dispositivos de agitación estén en buen estado.

Una elección del tipo de dosificador en solución es usualmente hecho en base de la ubicación del tanque abastecedor y el punto de aplicación.

El tipo orificio o el tipo rodetete, por ejemplo; puede ser colocado bajo el tanque abastecedor y por encima del punto de aplicación si se quiere evitar el bombeado.

El tipo diafragma o el de émbolo, pueden ubicarse en cualquier lugar y son usualmente elegidos cuando el punto de aplicación está encima del tanque abastecedor.

El equipo de dosificador en solución se ha clasificado en dos grupos. El primer grupo será los de tipo Mecánico y el segundo, tipo hidráulico.

(1)-Tipo mecánico.-

Entran en ésta clasificación todos aquellos que controlan el volumen de solución, que está siendo usada, por medios mecánicos.

I).- Bombas de diafragma.-

Principio.- Se basan en el mas sencillo principio del pistón que infla presión al diafragma desplazando la solución química.

Descripción y operación.- Son bombas reciprocantes cuyo elemento impulsor es el pistón, que termina en un diafragma que separa el líquido del cuerpo de la bomba.

La carrera del pistón aplica presión al aceite en la cámara del diafragma, que cambiará su forma, desplazando la solución química.

Control de la tasa.- Solo bastará con graduar la carrera del émbolo. Con éste tipo de dosificador no se usará cal; ya que siendo casi siempre sus válvulas, pequeñas, molesta el funcionamiento, al encontrarse con masas pegajosas; se sabe que la cal es muy poco soluble y permanece en suspensión.

Pero sí sirve para líquidos muy corrosivos y dan una dosificación exacto.

Es recomendable para tasa de dosificaciones bajas, ya que por su presión máxima, es restringido su uso (Fig. 10).



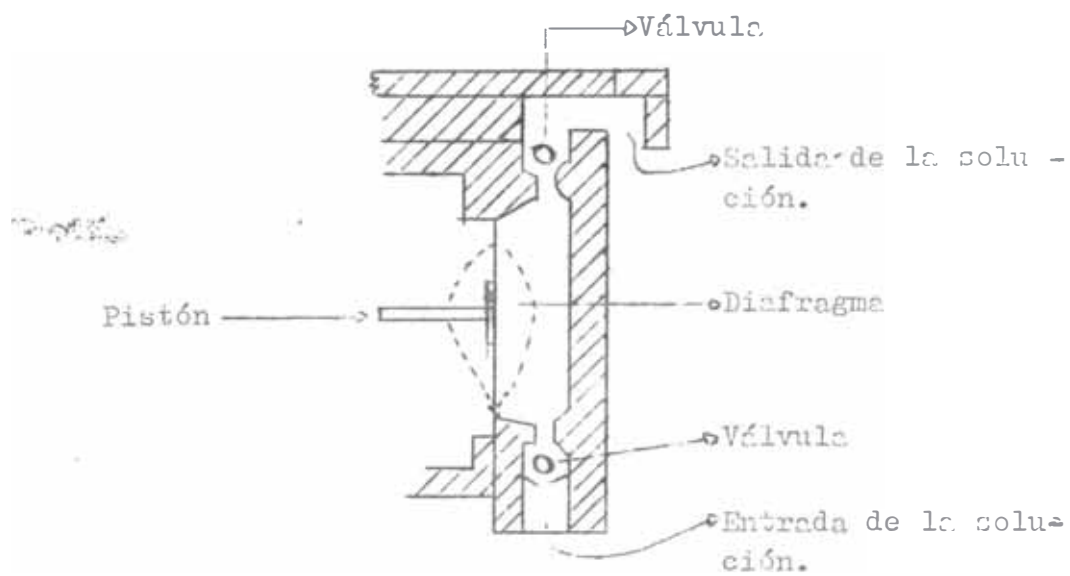


Fig. 10.- BOMBAS DEL DIAFRAGMA

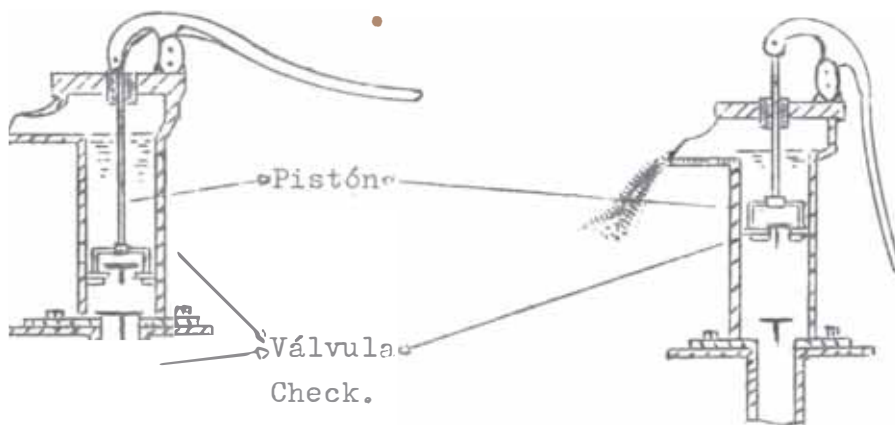


Fig. 11.- BOMBA DE EMBOLO RIGIDO

## II.- Bombas de émbolo rígido.-

Principio.- Se basa en el más antiguo y sencillo principio de las bombas aspirantes, que funciona por compresión de volúmenes de agua o solución, en éste caso.

Descripción y funcionamiento.- Es el funcionamiento de una simple bomba de agua accionada a mano.

Es una bomba desplazadora, que consta del cuerpo de la bomba, que es un cilindro en la cual se muere el pistón, en ella, se encuentra una válvula chek, en la parte inferior del cilindro se encuentra un tubo de aspiración cerrado por otra válvula chek. El pistón o émbolo es accionado por una palanca.

Al subir la palanca, sube el pistón, dejando un vacío cuyo volumen es ocupada por la solución que subió por la presión atmosférica; cuando se baja el pistón la válvula inferior se cierra y la solución, al ser comprimida, pasa a la parte superior, al abrirse la válvula; al volver a ascender el pistón, ésta válvula se cierra y la solución cae por el tubo de salida.

Control de la dosificación.- Si se quiere variar la dosificación, se podría variar la carrera del émbolo; ya que variar el área significaría cambiar a una bomba de diferente dimensión. (Fig. 11)

### (2)-Tipo hidráulico

Son todos aquellos que controlan el volumen de solución,

que está siendo usada, por medios hidráulicos solamente.

I).- Adaptación de la existente en la ciudad de Fayetteville en Carolina del Norte. ( Estados Unidos).

Principio.- La cantidad de solución que se entrega en un tiempo fijo, es proporcional a la raíz cuadrada de la carga (H).

Funcionamiento.- En un tanque se prepara una solución de concentración conocida. Esta solución es descargada al agua cruda desde el tanque de solución; la cantidad de solución que está pasando, se puede conocer por medio del Rotómetro o medidor visual del gasto, en cualquier momento.

Control del flujo.- Se puede ajustar a cualquier gasto, con solo accionar las válvulas de control en forma correcta y verificar la lectura en el Rotómetro.

Como se vé, su operación es sencillísima; cualquier operador teniendo una indicación de las lecturas, al accionar una cierta posición de las válvulas, lo podrá hacer. Da una dosificación bien exacta, solo se tendrá en cuenta que al bajar del máximo nivel, en el tanque de solución, al mínimo nivel, habrá un cierto porcentaje de variación en la dosificación; ésto se podrá arreglar, haciendo que el operador ajuste la válvula de control cada ciertas horas; reduciendo ese porcentaje de variación, entre un dos o tres por ciento de la cantidad deseada.

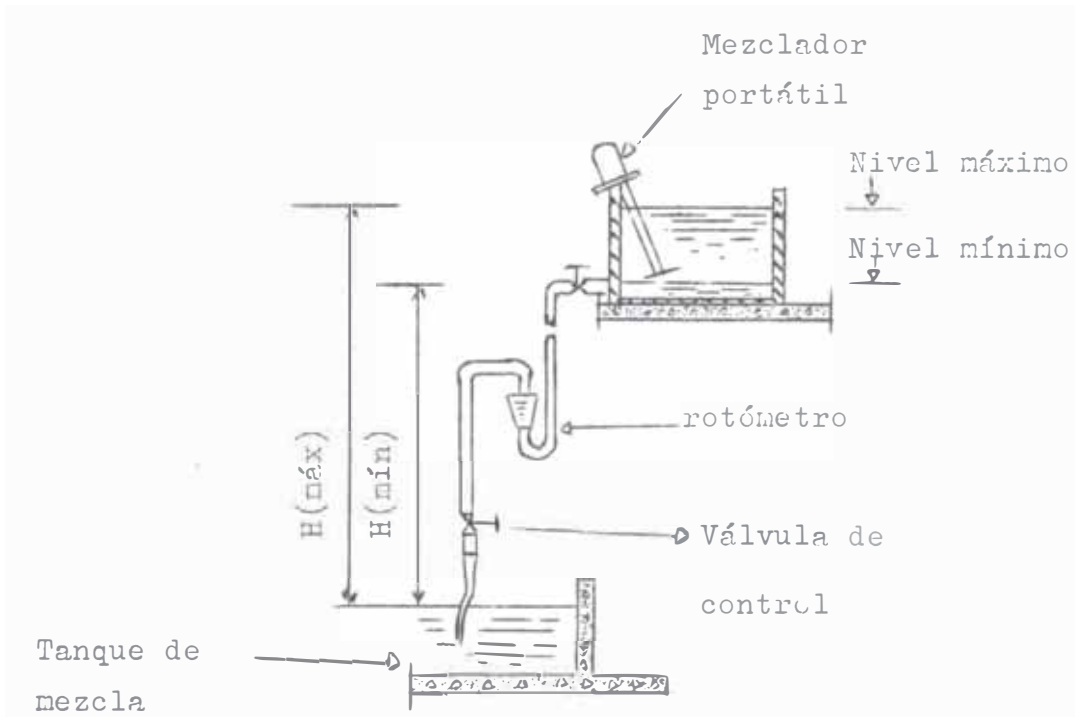


Fig. 12.- Ciudad de Fayetteville

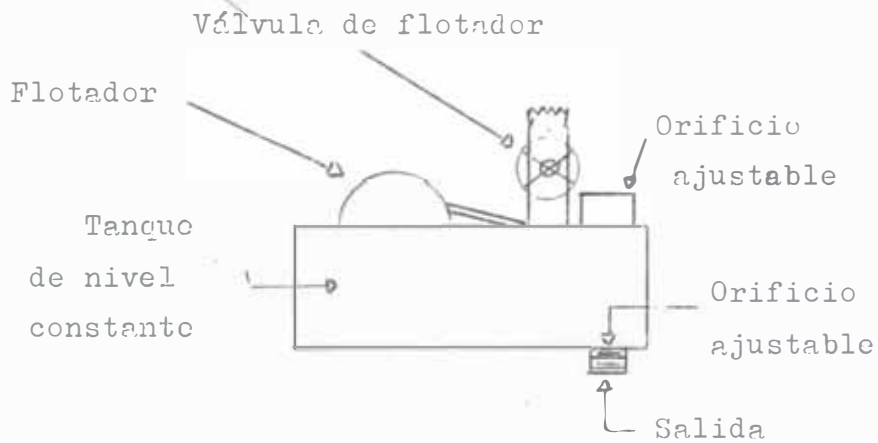


Fig. 13.- Dosificador de orificio

Este tipo de dosificador se recomienda para áreas de almacenaje, localizadas encima del nivel del tanque de solución.

Se puede adaptar tanto a pequeñas plantas, como a una de considerables dimensiones, haciendo dos unidades dosificadoras con altas concentraciones, si es posible saturada. (Fig. 12)

## II.- Dosificadores tipo orificio.

Principio.- La de flujos permanentes a través de un orificio, en la que la velocidad media permanece constante, cumpliéndose :

$$Q = V \times A$$

Funcionamiento.- No requiere de dispositivos mecánicos ó eléctricos, pero se basan en una altura constante, en su caja de solución.

Desde un tanque abastecedor, entra la solución; una válvula flotadora, mantiene el nivel constante en el tanque de solución; en la parte inferior se encuentra un orificio de salida ajustable, pudiendo ser variado a lo que más convenga en el momento.

Control de la tasa.- Al ser el orificio de salida de un ajuste variable, el gasto también podrá variarse y mantenerse constante hasta un nuevo ajuste en el orificio, por medio del control del nivel de la solución.

Si el nivel es constante, la velocidad media será constante; ya que la velocidad de salida de un orificio es :

$$V = \sqrt{2gh}$$

Luego el gasto estará en función del área del orificio solamente cumpliéndose

$$Q = V \times A$$

Fig. 13.

III.-Dosificador utilizado en la planta de "Las vizcachas" en Santiago de Chile.-

Descripción y funcionamiento.- Consiste en una torre hueca de sección cuadrada, en que la mitad superior de la torre es una pirámide truncada; la boca superior es un 10 % menos de sección que el resto.

La torre es llenada hasta el tope con colpas de 10-30 Kg.; se deja caer lluvia de agua por la parte superior y se extrae por el fondo. La constancia de la solución que se obtiene por el fondo se asegura con una altura de carga alum -cake superior a los 3mts.

Manteniendo constante el gasto de entrada, la concentración de la solución es prácticamente independiente de la altura de la carga de colpas que recorre la solución en su descenso.

Para mantener constante el gasto de entrada, se mide por medio de vertederos triangulares alimentados por una válvula estrangulada conectada a un estanque cuyo nivel se mantiene constante.

Control de la torre dosificadora.- Cuando la turbiedad del agua es uniforme por largo tiempo y el caudal a tratar no cambia, se prorratea las cargas de alum-cake, que se han ido entregando, entre las 24 horas del día.

Cuando existen condiciones transitorias, la manera simple de determinar la cantidad de alum-cake que está disolviendo la torre, es pesando lo entregado por el fondo, en un periodo prudente, (porejemplo un minuto) y restar de ella el peso del agua que se agregó en ese mismo tiempo.

## CAPITULO II:

- EQUIPOS USADOS EN EL PERU  
Y
- PROBLEMAS DE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO.

### EQUIPOS USADOS EN EL PERU

En el Perú, al igual que muchos países latinoamericanos, la cantidad de dinero invertida para la construcción y ampliación de sistemas de agua y desagüe, ha ido aumentando considerablemente en los últimos años.

En la mayoría de los casos el costo real del proyecto contando la inversión local, es por lo menos el doble de la cantidad prestada por el Banco Interamericano de Desarrollo y por otras entidades internacionales que hacen préstamos. La cantidad total que ha sido invertida en construcción de nuevos sistemas o en ampliación de las actuales, representan un porcentao



je importante del total de la inversión pública, por lo que se debía aprovechar eficientemente dicho dinero.

Los equipos importados juegan un rol importante en la mayoría de los sistemas de agua, de América Latina. Esto es fácil de comprender, debido a que en éstos momentos no es factible para cada país, fabricar equipos como válvulas especiales; bombas centrífugas de todo tipo y motores eléctricos.

Sucedo que el equipo mecánico que se importa, funciona casi siempre bajo condiciones de servicio y mantenimiento muy diferentes de las que existen en el país donde se fabricó el equipo. Si no se tiene cuidado, los problemas de operación del equipo que se selecciona, podrian por un lado resultar de una eficiencia menor de la prevista, mientras que por otro, incrementarían el costo de la obra.

Pero en la mayoría de las veces, el Ingeniero encargado de la selección y compra de equipo, se vé presionado para terminar la obra y para ahorrartiem<sup>po</sup> selecciona equipos de catálogos, sin poder hacer consideraciones o diseños especiales, que muchas veces resultan en costo menor y servicio mejor garantizado. Aunque resultará que el costo se eleva, al final es más importante el costo total de la obra y la seguridad del sistema.

En el Perú se selecciona equipos de los catálogos que ofrecen diversas firmas importadoras de éstas maquinarias, entre ellas están las de :Infilco, Omega, Degremont etc. Son ge-

neralmente para coagulantes en seco; las de mayor aceptación son las del tipo volumétrico, en varios modelos, entre ellas el de la cinta transportadora o del tipo de tolva oscilante.

En Iquitos y Sullana se emplan el Dosificador Infilco volumétrico y en Tarapoto, Yurimaguas y Huaraz, equipos Degremont también volumétricas.

En cambio en Lima y Chiclayo se utilizan equipos Omega gravimétricos. En Caraz se emplea Dosificador Infilco para coagulantes en líquido.

#### PROBLEMAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Un problema que afecta mucho a las plantas de tratamiento de agua en el Perú, es el concerniente a los dosificadores de coagulantes.

En la mayoría de ellas se presenta el problema de funcionamiento, ajuste y mantenimiento.

Como todos son equipos importados, algunos de ellos no funcionan desde su instalación o sufren desperfectos al poco tiempo de uso, se debe a que las personas encargadas de su manejo, no han sido debidamente instruídas en el modo de operarlas. Todo ésto trae como consecuencia, el cese de su funcionamiento o lo hacen trabajar en forma empírica sin saber la cantidad de coagulante que se está dosificando en ésos momentos.

Siendo tan difícil el conseguir repuestos y gente especializada en su mantenimiento y reparación, tal vez no se justifique el empleo de costosa y difícil maquinaria, habiendo otros equipos tal vez suficientemente exactas pero de fácil manejo y más baratas.

Informes acerca del funcionamiento y estado de los equipos no se ha podido recabar; salvo la de Chiclayo y Sullana que fueron hechas por el centro de Investigaciones para la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

Pero, se sabe que en la mayoría de ellas trabajan sin problema alguno, salvo unos cuantos ajustes en la variación de la dosis de coagulantes, cuando así lo requiere la calidad del agua. Los cambios de repuestos son cada cuatro a seis meses,, por lo general, son piezas que están expuestas a continuo trabajo que producen desgastes; por ejemplo, en los ~~Dosificadores~~ Dosificadores Volumétricos que emplean el modelo de banda transportadora, ésta pieza está sometido a continuo trabajo produciéndose un desgaste, teniendo que reponerse continuamente.

La planta de Chiclayo, es la única en su género en el Perú, que cuenta con el equipo más costoso. Está equipado con dos dosificadores marca Omega, del tipo gravimétrico. La operación del equipo es relativamente sencilla, una vez que esté calibrado, ajustándose el dial que tiene el motor eléctrico de a

cuerdo a la dosificación, en porcentaje del máximo que se quiere obtener. Este ajuste provoca una vibración del equipo, que producirá una mayor o menor caída del coagulante.

Como se ve éstos aparatos son bien sensibles y se autorregulan, cuando están funcionando fuera del rango a que han sido ajustados, siempre y cuando todas sus partes estén funcionando bien.

Cuenta con sistemas de alarma para cuando la tolva está por quedarse vacía o para cuando está produciendo mayor o menor cantidad para lo cual ha sido ajustada.

Cuando están descalibrados son muy difíciles de ajustar y necesitan de personal especializado para su arreglo; éste técnico deberá ser de la misma compañía encargada de éstos equipos y por lo general no tienen representantes en provincias, debiendo esperarse a que vengan de Lima y eso tarda mucho tiempo.

Para éste tipo de balanzas, lo que controla todo ello es un pequeño motor eléctrico que viene a ser la pieza principal. En el caso de los equipos de Chiclayo, éstos se encuentran malogrados, lo que impide controlar el peso del material utilizado, llevándose a cabo ésta labor en forma empírica es decir, anotando el número de bolsas utilizadas en el día y un operario en forma más o menos calculada a su criterio, regula la vibra-

ción de la máquina de acuerdo a los resultados buenos o malos que se obtiene en la formación del floc. Viendo esto, no se justifica el empleo de éste tipo de maquinaria ya que justamente ha dejado de funcionar en su labor más importante y para la cual ha sido adquirida, es decir dosificar por control de peso de material.

Según las instrucciones y recomendaciones que da el Centro de Investigaciones se puede ver que a pesar de que su funcionamiento es sencillo, cuando ésta deja de funcionar son muy difíciles de arreglar.

Las instrucciones que se da en el informe son sencillas pero muy delicadas en su manejo y realmente cualquier operario no la podría realizar, sería conveniente se adiestrara al personal con técnicos especialistas de la misma casa vendedora, que representa a éstos equipos, de paso que calibran el dosificador.

También debe tenerse en cuenta que los repuestos que requieren dichos equipos no se encuentran fácilmente en el País lo mismo sucede en su mantenimiento que necesitan de lubricantes especiales y su reparación sea hecha por mecánicos de alto nivel de conocimiento y habilidad para su reparación. Requiere también de limpieza continua.

De la experiencia buena o mala que se haya obtenido con el estudio del funcionamiento de ésta planta, servirá en el futuro para el diseño de otra igual a ésta.

Respecto a la planta de Sullana, no tienen problemas, lo único que se requirió fué calibrar la dosificación. Utilizan un Dosificador Infilco Volumétrico. Se vió la posibilidad de ampliar la altura de la tolva dosificadora y la bandeja receptora ó ver el cambio en la amplitud del movimiento de la bandeja.

En realidad es una labor sencilla si se instruye adecuadamente al obrero encargado de ella.

## CAPITULO III:

- SUSTANCIAS QUIMICAS COMUNMENTE  
USADAS EN EL PERU.

## SUSTANCIAS QUÍMICAS COMÚNMENTE USADAS

### EN EL PERU

Para el proceso de la coagulación se usan tres clases  
sustancias químicas

-El sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$

-La cal viva  $CaO$

-Cal apoyada ó hidróxido  $Ca(OH)_2$

El sulfato de aluminio es la única sustancia química  
que se usa en el Perú como coagulante

Las dos formas de cal es para producir la alcalinidad  
requerida y el PH deseado.



### SULFATO DE ALUMINA

Origen.-En el Perú se ~~utiliza~~ el fabricado por la Rayón Y. Celonaco Permana, quien abastece a todas las plantas de tratamiento del país.

Lo producen a partir de la bauxita ó hidrato aluminico ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) la que es importada de Alemania, en bolsas; éste material contiene un 62 % á 65 % de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ).

Aquí la tratan con ácido sulfúrico



Propiedades físicas.- Es un cuerpo duro, de color blanco translúcido, de sabor caústico, muy soluble en el agua, casi un 33% de peso en solución.

Su grado de solubilidad es de 50 - 52 gr. de sulfato de alúmina en 100 gr. de agua á 35°C de temperatura.

Se puede obtener en panes ó granulado. En el Perú se utiliza en forma granular con diámetros no mayores de 3 milímetros, pero tampoco no muy fino ya que el polvo trae problemas en los dosificadores.

|      |                   |   |      |
|------|-------------------|---|------|
| 18 % | pasa por la malla | # | 10 C |
| 55 % | pasa por la malla | # | 40 C |
| 15 % | pasa por la malla | < | 40 C |

El sulfato de aluminio se especifica en base al porcentaje de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) que contiene.

En éste caso es de un 17 % de  $Al_2O_3$  y un 0.015 % de  $Fe_2O_3$ , no contiene otras impurezas.

La dureza del sulfato de aluminio depende del agua de cristalización y del contenido de  $Al_2O_3$ ; siendo más duro cuanto mayor sea el % de  $Al_2O_3$  y menor el de agua de cristalización.

El sulfato que se utiliza en el Perú  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  contiene de 14 á 15 moléculas de agua, o sea menos agua de cristalización de lo que le corresponde por la fórmula anterior.

Propiedades Químicas.- El sulfato de aluminio es una sal trivalente que reacciona teóricamente con la alcalinidad natural o agregada al agua, produciendo flocs de hidróxido de aluminio  $Al(OH)_3$

Cuando un ión trivalente o partícula cargada se adiciona al agua y su signo y carga es apropiada, hay una disminución del potencial zeta, permitiendo que las partículas puedan acercarse unas a otras, tan cerca, que las fuerzas de atracción ó Fuerzas de Van der Waals sean mayores que las fuerzas repelentes; produciéndose la floculación.

Según la alcalinidad natural que contenga el agua se producirán las siguientes reacciones

Alcalinidad cálcica.

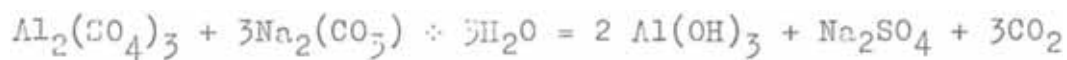


Según la alcalinidad natural que contenga el agua se producirán las siguientes reacciones

Alcalinidad cálcica :



Alcalinidad carbonatada



Alcalinidad bicarbonatada :



Siendo  $2\text{Al}(\text{OH})_3$  el agente coagulante, que precipita.

En caso de que el agua no contenga alcalinidad suficiente para neutralizar el ácido sulfúrico liberado en la hidrólisis, la coagulación no tendrá efecto; pues la reacción es eminentemente reversible.



En la zona comprendida entre 5.7 - 8 de PH, el ácido liberado reacciona con la alcalinidad, para dejar que se forme el agente coagulante.

La zona de precipitación máxima del hidrato, también la de menor aluminio residual, se encuentra entre los PH 5.8 - 6.8.

La densidad de la solución a 20°C vá variando desde 1.00 hasta 1.23 cu que se encuentra saturada.

Costo.- La fábrica expende el material, en bolsas de 50 Kg. y el precio es de \$1.90/Kg., pudiendo variar ésta por costo de transporte.

Se ha visto la posibilidad de utilizar el sulfato de alúmina en panes; rebajando así el costo, al evitar la molienda.

## CAL

La cal en sus diversas formas, es el alcalí de más bajo costo. Se utiliza en forma de cal viva  $\text{Ca O}$  y la cal apagada  $\text{Ca(OH)}_2$ , siendo éstas las de más uso industrial.

Cal viva  $\text{Ca O}$ .

Origen.- Las calcáreas son abundantes en nuestro territorio y es prácticamente posible encontrarlas muy cerca del lugar donde se les necesite.

Las más conocidas se encuentran en los alrededores de Lima, Chiclayo y Arequipa.

Propiedades físicas.- Es inestable, muy árido del agua, Es un sólido granulado blanco, amorfo y fusible a elevadas temperaturas. Produce suspensiones y nó soluciones, por lo que trae pro

blenas al dosificarlo.

Propiedades Químicas.- Como es un producto resultante de la calcinación de piedras calizas, consiste de carbonatos cálcicos.

Si las calizas son puras y se calientan á 900°C se verifica la siguiente reacción :



Propiedades físicas.- Es un sólido seco, granulado de color blanco, amorfo y de sabor caústico, poco soluble en el agua, permaneciendo en suspensión.

Propiedades Químicas.- Se obtiene por tratamiento de cal viva con el agua :



Costo.- La cal se vende entre nosotros, prácticamente viva.

Se fabrican de dos clases : la cal de obra que es ordinaria y se venden en bolsas de 80

La otra es la cal fina de color blanco uniforme y se vende en sacos de 60 Kg.

En algunas ciudades del País se vende en sacos de 72Kg.

La cal fina es la que se utiliza en tratamientos de agua y el costo por Kilo es de \$/1.50, sumando ésta por costo de transporte.

Casi siempre la elección del tipo de cal a utilizar se hace desde el punto de vista económico.

Básicamente la cal viva es más barata que la hidratada porque al adquirir la hidratada el pago es hecho por agua de hidratación, que no es un ingrediente activo.

En el Perú, solo las plantas de Iquitos y Tacna, utilizan cal viva; debido al costo de transporte, siendo su precio de S/ 2.90/Kg. y S/ 3.70/Kg. respectivamente,

En el resto del país se utiliza cal apagada al precio de S/ 1.50/Kg. más o menos.

## CAPITULO IV:

- VENTAJAS DE LOS EQUIPOS DE  
**“MEDICIONES LIQUIDAS”**

## VENTAJAS DE EQUIPOS DE " MEDICIONES LIQUIDAS ".

Tal vez muchos no son partidarios de usar estos equipos, considerándolos inconvenientes al compararlos con cualquier otro equipo que utilice coagulante medido en seco como los volumétricos o gravimétricos. Se basan en que hay que preparar la solución previamente; en cambio hay equipos que dosifican los coagulantes en seco directamente al agua cruda.

También comparan la exactitud de estos equipos con los dosificadores en forma líquida y ven mayor precisión en la primera. Pero estudios hechos en plantas de tratamiento de aguas superficiales en el Perú, han demostrado la necesidad de



equipos de dosificación de coagulantes, razonablemente precisos pero que puedan ser operados y mantenidos en forma más segura por el personal.

De los varios tipos básicos de estos equipos, se ha visto que se puede utilizar con muy buenos resultados, aquellos diseñados en base a principios hidráulicos, con método de control de la cantidad basadas en medidas hidráulicas de la solución o suspensión de concentraciones conocidas.

Si se tiene la seguridad de que la solución será descargada a cantidades constantes y que su concentración sea también constante, el dosificador de coagulante en líquido funcionará sin problemas y en forma eficiente.

Los principios hidráulicos permiten poder diseñar un amplio rango de modelos, hacer intermitente o continua en un flujo de solución es tarea de la Ingeniería.

Las ventajas que trae al utilizar dosificadores de coagulantes en líquido, se pueden analizar bajo estos cuatro puntos de vista

- a)- Casi todos los materiales requeridos son fácilmente disponibles en el Perú.
- b)- Bajo costo inicial.
- c)- Operación simple y bastante preciso.
- d)- Fácil mantenimiento.

(a).- Como se ha indicado anteriormente, la ventaja de utilizar **materiales** y personal disponibles en la localidad, hace - que el costo baje considerablemente, en caso de ocurrir algún desperfecto evita pérdida de tiempo en espera del repuesto o el técnico que se pide a la capital ó muchas veces al país de donde se importó el equipo, todo ésto hace que se paralice su operación por un buen tiempo y a veces para siempre.

Luego, la mayor utilización de equipos y materiales producidos localmente, resultaría en mucho de los casos, en sistemas más satisfactorios.

Tomemos como ejemplo, el dosificador utilizado en - Santiago de Chile, siendo de funcionamiento hidráulico sencillo les permite utilizar el coagulante, en la forma más barata que ahí se producen, es decir en países sin tener que gastar en molienda que es muy costosa allá. El material que utilizaron para construir su dosificador se encuentra en abundancia en su territorio, usaron la madera que en todos los aspectos fué ventajoso; primeramente por ser material disponible en cantidad; es barata y como se sabe, resiste bien a la corrosión de sustancias químicas.

Así todos los países podrían producir económicamente un equipo como el dosificador Chileno, es decir adaptando soluciones de acuerdo a la realidad de cada una de

ollas; se podría fabricar económicamente un gran porcentaje del material y equipo necesarios para un sistema.

De ésta manera, la operación y mantenimiento de esos sistemas serían mejor manejables; por el personal local pudiendo estar a su cargo cualquier obrero con unas mínimas instrucciones que posea un alto nivel técnico en su preparación.

(b).- Bajo Costo inicial

En general, casi todos los diseños de equipos de "Modificaciones líquidas" requieren de un tanque de preparación para las soluciones de concentración conocida, un recipiente ó botella que mida un caudal requerido en forma segura y constante; válvulas de control y un instrumento que dé lecturas directas de los flujos. A veces necesitarán de una pequeña bomba.

Ninguna de ellas tienen accesorios complicados ó difícil de accionar y no requiere de cambios continuos en sus piezas.

Una vez que se haya hecho el pasto de instalación, será muy poco lo que se habrá de invertir posteriormente. Como para éste tipo de instalación se necesitan equipos protegidos contra la corrosión, todos los accesorios serán de material anticorrosivo que tienen larga duración.

Los tanques pueden ser de madera ó forrados en material anticorrosivo, una vez instalado no será necesario hacer cambio alguno por mucho tiempo. Además un tanque - con todos sus piezas adicionales no cuesta más que un Dosificador Volumétrico ó gravimétrico para coagulantes en seco; un controlador de gasto puede ser fabricado con material local lo mismo que las válvulas de control, bajando así el costo.

(c).- Operación simple y bastante precisa.

Casi todos éstos equipos requieren de un mínimo de piezas operables por su construcción simple y sencilla, estando su exactitud dentro de límites razonables.

Necesitan un mínimo de trabajo ya que solo requiere el preparar la solución y controlar el gasto. Para preparar la solución deberá establecerse la dosis máxima y mínima que requiere el agua a tratar y sobre esa base preparar soluciones de concentraciones adecuadas al momento; se puede preparar para todo el día; si se dispone de dos unidades Dosificadoras se podrían turnar su trabajo dejando un día cada una y para indicar la cantidad que debe echarse al agua se podría tratar de indicarla por número de bolsas, así no habrá problemas de encargarse a cualquiera al realizarla.

Para el control de gasto, hay instrumentos sencillos de utilizar y de leer. Entre ellos se puede citar: Un vertedero triangular ó un rotómetro que es tan fácil y de lectura inmediata.

Luego están las válvulas de control que son fáciles de maniobrar.

En todo caso, para el buen funcionamiento de éstos equipos se podría poner indicaciones sencillas y fáciles de seguir, cerca de los instrumentos de control, así el obrero no tendrá problemas en su manipuleo.

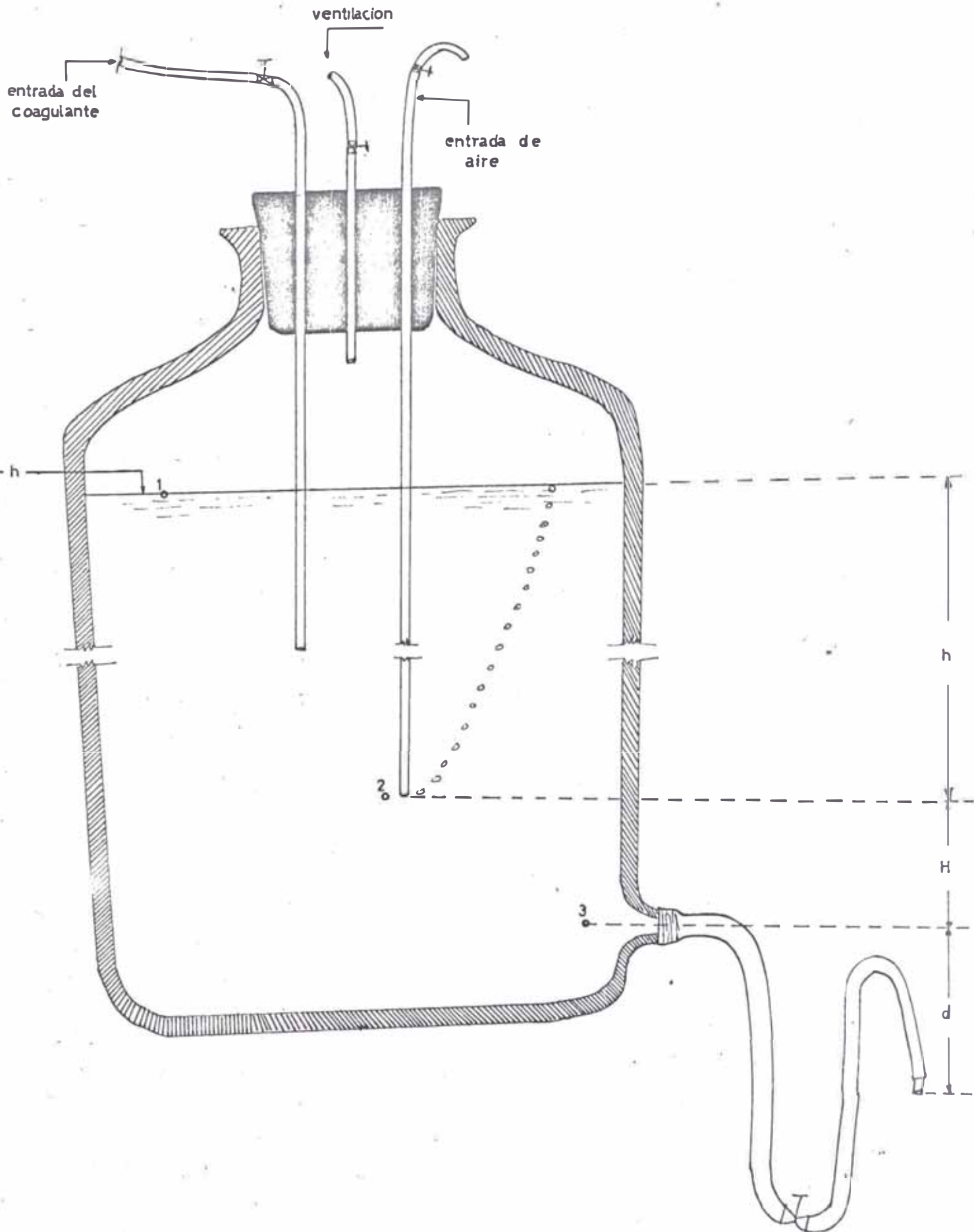
(d).- Facil mantenimiento.

En realidad, al disponer de pocos accesorios y siendo éstos fáciles de reponer, no requiere de mayor cuidado en su mantenimiento. No tiene ninguna pieza difícil, pudiendo cualquier trabajador accionar con ella, saber cual deberá ser cambiada. Su limpieza es fácil y rápida y como todas sus piezas vienen protegidas contra la corrosión no necesitan estar cambiándose constantemente y sus repuestos son fáciles de conseguir, el mecanismo no tendrá que ser de alto nivel técnico.

El equipo de medidores en líquido del tipo hidraúlico descarta el uso de bombas eléctricas, válvulas especiales etc. El personal a su cargo se podrá reducir a un solo obrero para su manipuleo.

Como se tiene ventajas tanto económicas como técnicas.

# SIFON MARIOTT



## CAPITULO V:

- ESTUDIOS EN EL LABORATORIO  
CON EQUIPO DE  
**“MEDICIONES LIQUIDAS”**

ESTUDIO EN EL LABORATORIO CON MODELOS DE  
" MEDICIONES LIQUIDAS ".

Sifón Mariott

El sifón Mariott trabaja bajo el principio de la botella de Mariott, donde la variación del flujo de salida depende únicamente de la carga II; siendo independiente de la carga de agua que exista en la botella.

En el punto 2 actúa una presión un poco menor a la presión atmosférica ( debido a pérdidas originadas por el flu



jo de aire que entra por el tubo de entrada para aire, esto es casi nulo si el tubo no es muy pequeño y el flujo de solución no es muy grande).

Es fácil ver que la presión de aire sobre el líquido en la botella, es menor que la presión atmosférica, por la altura  $h$ .

Pero lo importante es que la presión en el líquido en el punto de salida (3) siempre es  $H$ , no importa el nivel del líquido en la botella; ésta funcionará hasta un nivel tan bajo que el extremo del tubo que admite el aire y el nivel del agua estén a la misma altura.

Entonces se puede ver, que no cambia las condiciones que afectan las pérdidas hidráulicas, en el tubo de salida y en la altura ( $d$ ); el flujo siempre será constante (fig. 14 )

Para que el "sifón Mariott" trabaje como un dosificador líquido se pueden hacer tres adaptaciones :

1).- Variando la altura  $H$

Cuanto mayor sea  $H$ , aumenta el flujo.

2).- Variando la altura de descarga ( $d$ ), en una escala graduada, se aumentará el flujo.

3).- Con un rotómetro de " esferas múltiples ", que actúa como controlador y seleccionador del flujo, a base de ajustes en válvulas de control.

Los trabajos realizados en el laboratorio, con respecto a este dosificador, fueron en base a las dos últimas, o sea variando el nivel de descarga y construyendo rotómetros de diferentes materiales, ya que la primera no permite un amplio rango de dosaje.

Dosificador "Mariott" con nivel de descarga variable.-

Se utilizó una botella de 4 litros de capacidad con una salida en la parte inferior, en ella se conectó una manguera de descarga; en el tapón de la botella se hicieron tres conexiones : para aire, para ventilación y otra para abastecer a la botella, desde un tanque alto.

El nivel de descarga se fija a una escala graduada, para ir variándola.

Funcionamiento.-

Para llenar la botella con la solución, se cierran las válvulas de salida y de aire y se abren las de ventilación y entrada del líquido.

Para poner en funcionamiento la botella, se abrirán las válvulas de salida y las de aire, cerrando las otras; comienza así un burbujeo que indica su buen funcionamiento.

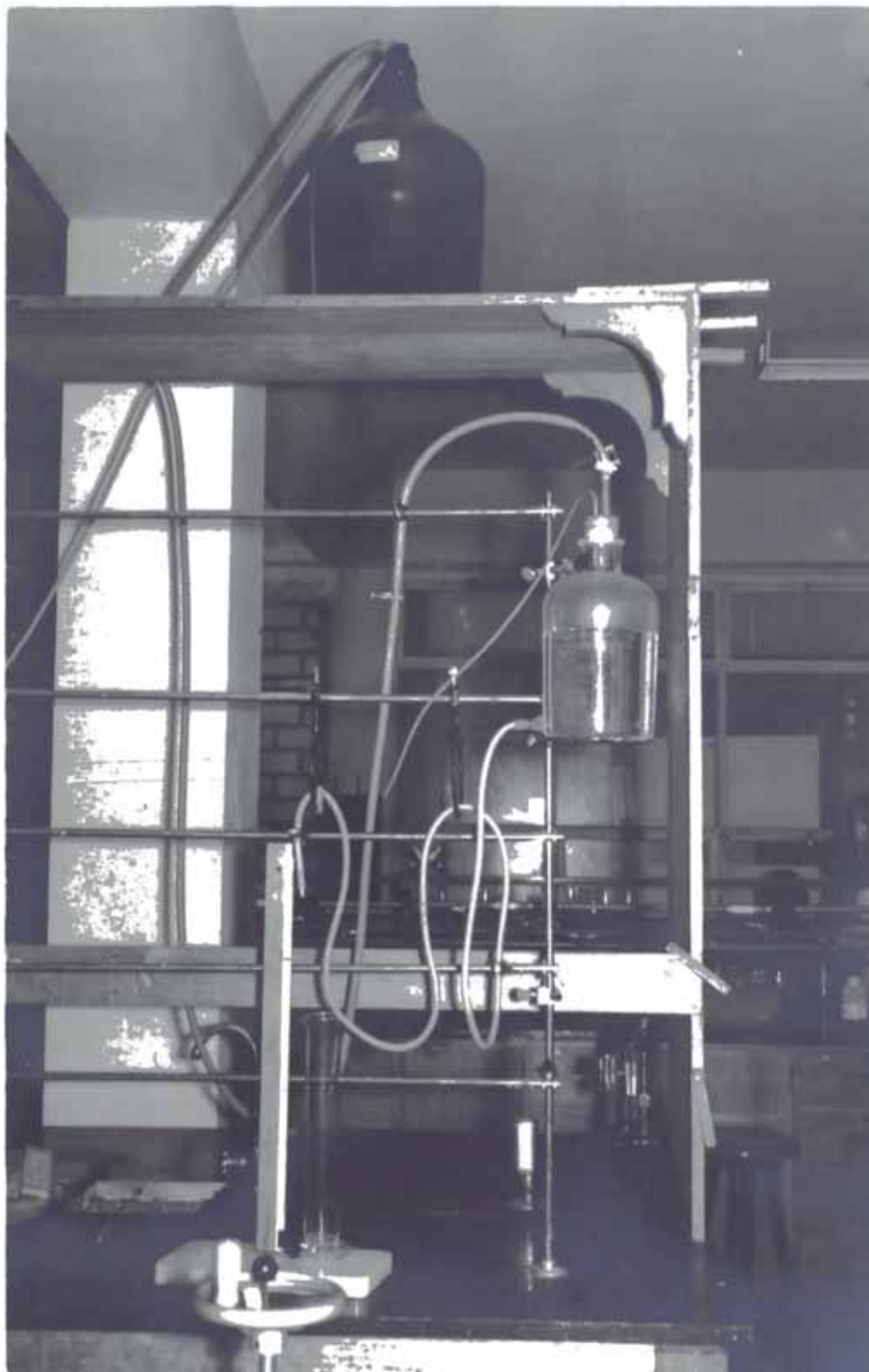


FOTO Nº 1

Las pruebas se hicieron, variando el nivel de la descarga, de cinco en cinco centímetros; hasta una altura de cincuenta centímetros ( 50 cm ).

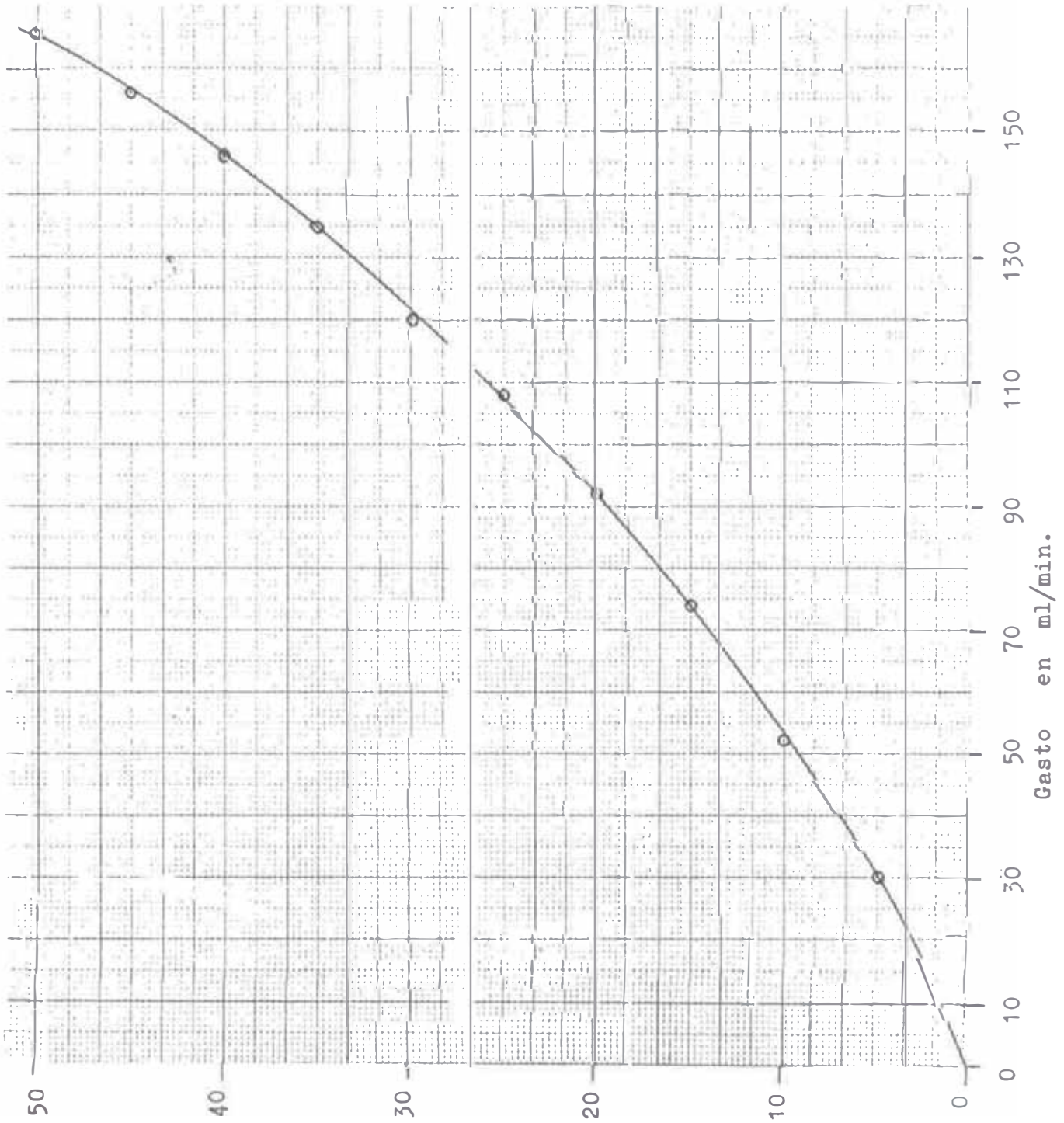
CUADRO 1.-

| Variación del nivel de descarga (d) ( cm. ) | Flujo de salida Q ( ml/min. ) |
|---|-------------------------------|
| 5   | 30                            |
| 10  | 52                            |
| 15  | 74                            |
| 20  | 92                            |
| 25  | 108                           |
| 30  | 120                           |
| 35  | 135                           |
| 40  | 146                           |
| 45  | 156                           |
| 50  | 166                           |

Resultados:- Rango de trabajo : 30 ml/min. a 166 ml/min. de solución.

Para soluciones saturadas este dosificador entregará el 33 % en peso de sulfato de aluminio por peso de solución  
 $0.33 \times 30 = 9.9$  gr/min. de sulfato de alúmina (como mínimo).  
 $0.33 \times 166 = 54$  gr/min de sulfato de alúmina (como máximo).  
 Ampliando la altura H se podrá aumentar un poco más este flujo.

Cuadro 1 .- Curva de calibración de flujos a diferentes nivel de descarga. d



Nivel de descarga. (d)

Dosificador Mariott conectado a un rotómetro.-

(Foto N° 2)

Para los trabajos en el laboratorio se utilizaron buretas calibradas en centímetros y con diferente tipo de material disponible en ella, como indicadores de gasto.

A estos instrumentos se les llamó rotómetro de " Esferas múltiples "; que al paso de un gasto dado producía la expansión de estas esferas hasta una altura determinada, de acuerdo a la densidad del líquido y a su temperatura. El comportamiento de éstas esferas y la alteración que pueda sufrir con algún cambio, no es tema de esta Tesis; para mayor referencia se podrá consultar la Tesis de la señora Ofelia del Aguila (2)

Ensayo con diferentes materiales para calibrar un Rotómetro.-

-Rotómetro de zeolita (2) seleccionada por la malla 40 (  $\phi = 0.42$  mm. ) es un buen material, pero hay que lavarla de continuo por que después de un tiempo se agrupan formando grumo , lo cual no permite ver su verdadera expansión alternando la lectura del flujo.

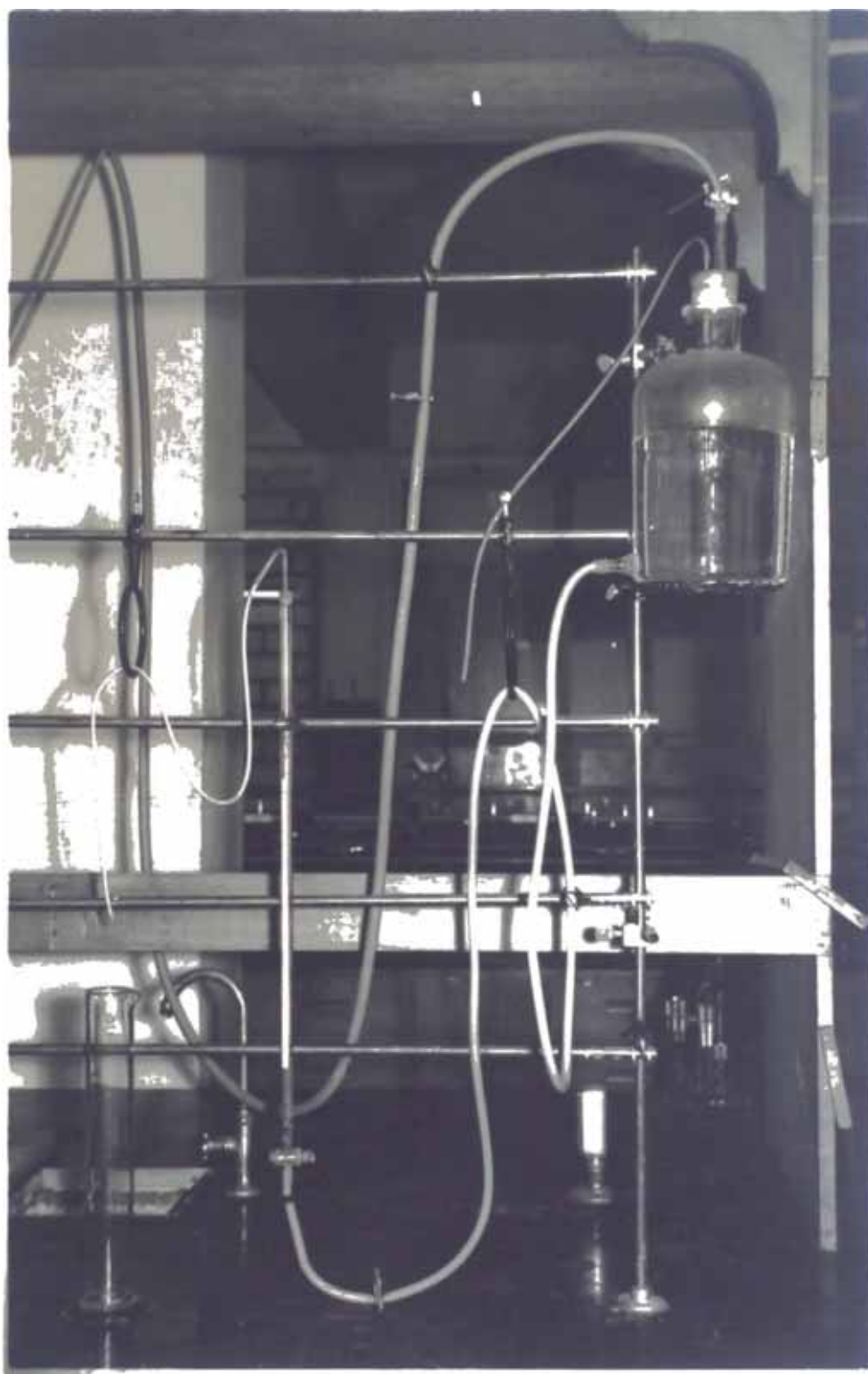


FOTO N° 2



Cuadro de calibración del Rotómetro de  
zeolita (  $\phi = 0.42 \text{ mm}$  ).

Altura de zeolita = 6 cm.

Temperatura del agua :  $26^{\circ} \text{ c}$

Volumen de agua tomada = 10 ml.

CUADRO 2 .-

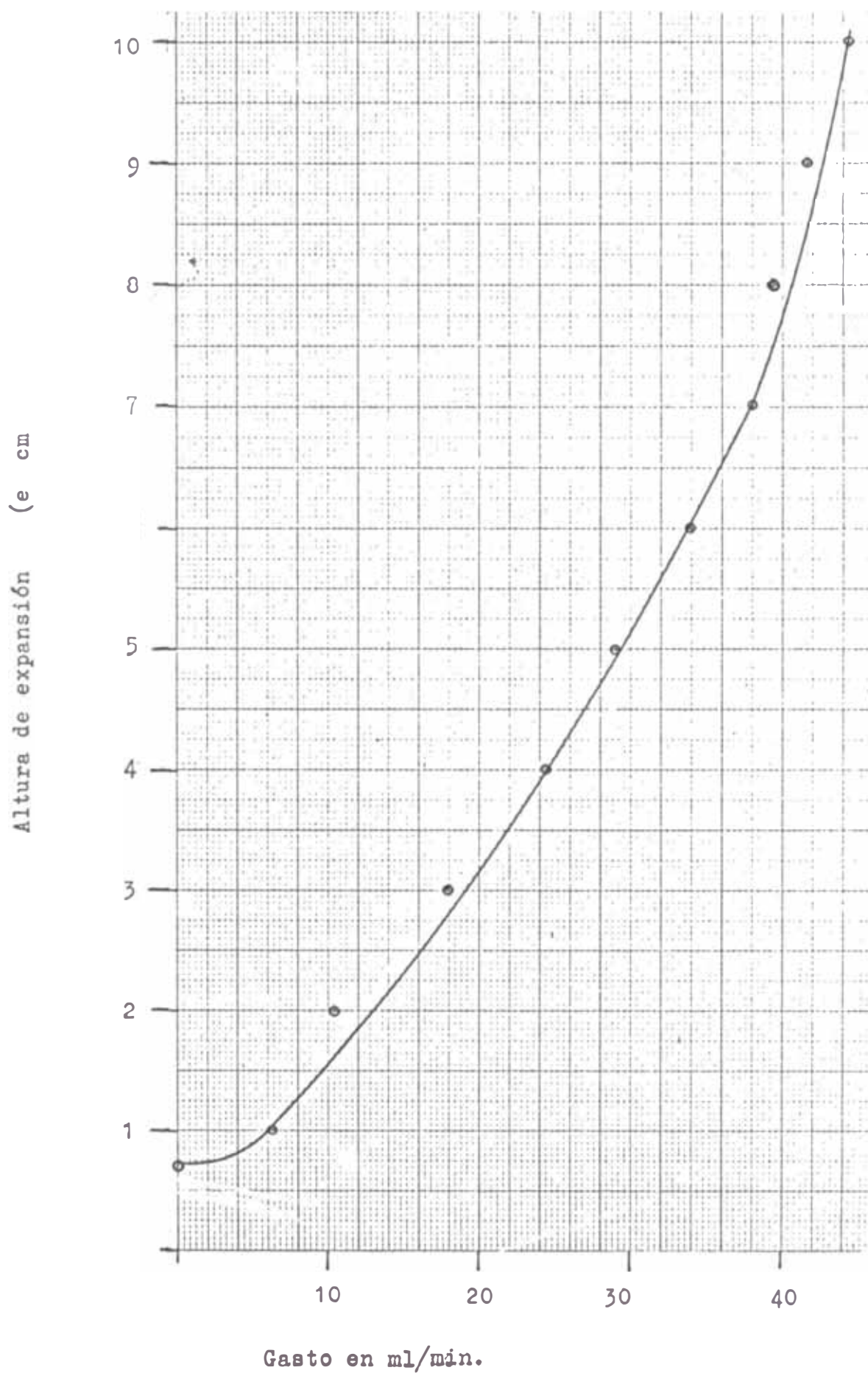
| Altura de expansión H (cm) | Tiempo t (seg) | Q de solución (ml/min) |
|----------------------------|----------------|------------------------|
| 0.70                       | 0              | 0                      |
| 1.00                       | 96.6           | 6.2                    |
| 2.00                       | 57.8           | 10.4                   |
| 3.00                       | 33.0           | 18.2                   |
| 4.00                       | 24.6           | 24.4                   |
| 5.00                       | 20.8           | 28.8                   |
| 6.00                       | 17.5           | 34.2                   |
| 7.00                       | 15.8           | 38.0                   |
| 8.00                       | 15.2           | 39.5                   |
| 9.00                       | 14.4           | 41.6                   |
| 10.00                      | 13.5           | 44.5                   |

Para mayores gastos la expansión es muy difusa y es difícil dar una lectura.

Resultado : Rango de trabajo para este rotómetro es de 6 ml/min a 45 ml/min de solución.



Cuadro 2 .- Curva de calibración del rotómetro de zeolita  
( Diámetro = 0.42 mm. )



- Rotómetro con perlas de vidrio .-

Es un material ideal para trabajar con sulfato de alúmina ya que no hay reacción alguna, pero por su peso, no era conveniente para los pequeños flujos con que se trabajaba.

Se recomienda para flujos mucho mayores a los que se está pasando en las pruebas de laboratorio.

- Rotómetro de arena .-

Es un material que dió muy buenos resultados ya que se puede seleccionar de acuerdo a los flujos con que se quiere trabajar.

Las seleccionadas por malla 40 (  $\phi = 0.42$  mm ), sirve para calibrar flujos entre 10 y 50 ml/min., siempre que el tubo del rotómetro sea más delgado.

Las seleccionadas por malla 30 (  $\phi = 0.59$  mm. ), sirven para calibrar flujos entre 50 ml/min y 115 ml/min.

Se utilizó buretas calibradas con este tipo de arena para dosificar: agua, soluciones de sulfato de alúmina al 6 % de concentración y solución de sulfato de 15 % de concentración.

Según el cuadro de calibración, se observa que cuanto más concentrado es la solución, disminuye el rango de la calibración del flujo.

Cuadro de calibración del Rotómetro  
de arena (  $\phi = 0.59 \text{ mm}$  )

Altura de arena = 5 cm.

Temperatura = 25° C

Volumen de agua tomada = 10 ml.

1 CUADROS 3 .-

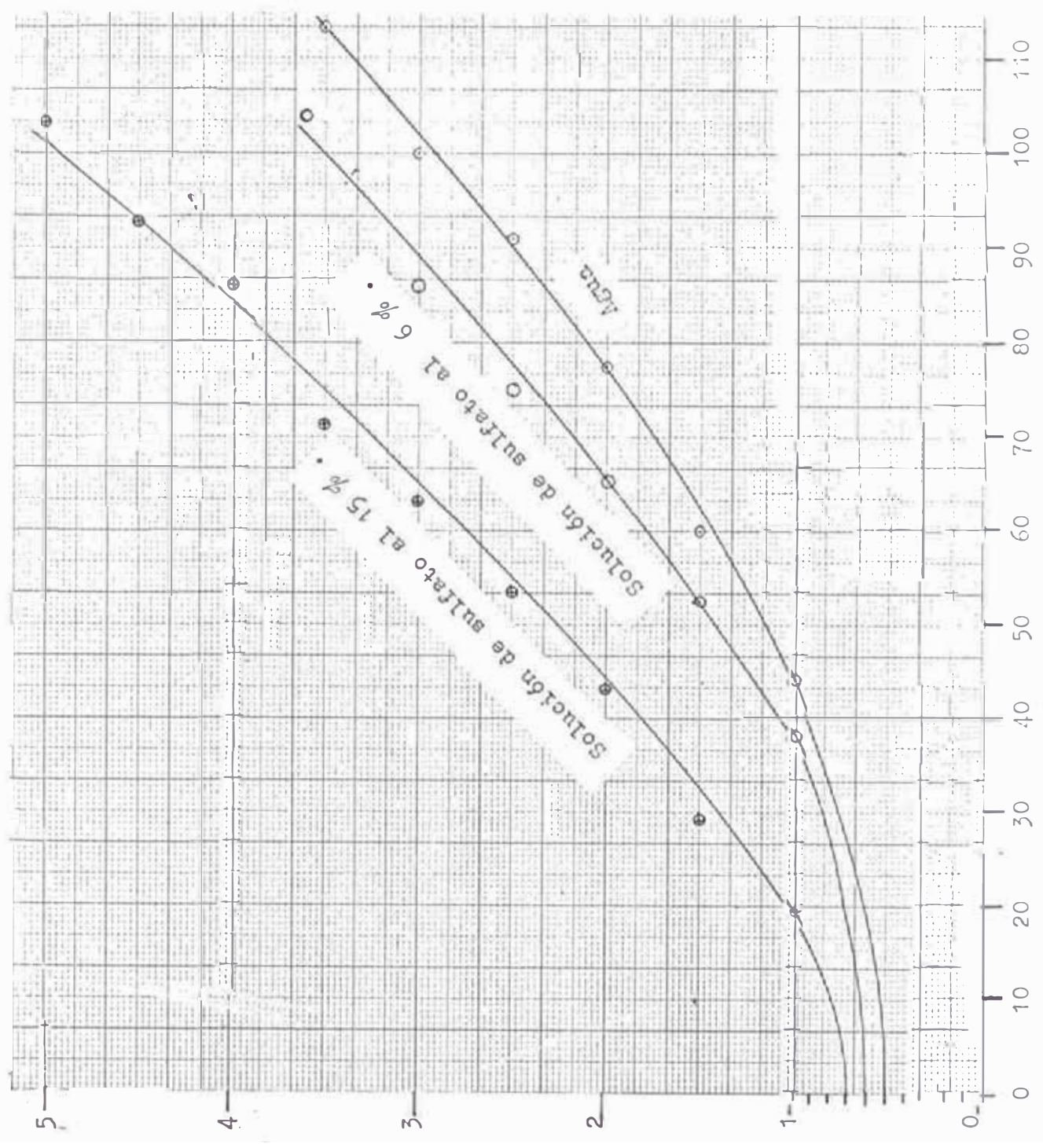
| A G U A                  |                      |                        |
|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Expansión<br>H<br>( cm ) | Tiempo<br>(segundo ) | Q solución<br>(ml/min) |
| 0.50                     | 0                    | 0                      |
| 1.00                     | 13.6                 | 44                     |
| 1.50                     | 10.0                 | 60                     |
| 2.00                     | 7.8                  | 77                     |
| 2.50                     | 6.6                  | 91.2                   |
| 3.00                     | 6.0                  | 100.0                  |
| 3.50                     | 5.3                  | 113.5                  |

CUADROS 3

| Sol. de sulfato al 6 % |                     |                        |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| Expansión<br>H<br>(cm) | tiempo<br>(segundo) | Q solución<br>(ml min) |
| 0.60                   | 0                   | 0                      |
| 1.00                   | 15.8                | 38                     |
| 1.50                   | 11.4                | 52.6                   |
| 2.00                   | 9.2                 | 65.5                   |
| 2.50                   | 8.0                 | 75.0                   |
| 3.00                   | 7.0                 | 86.0                   |
| 3.60                   | 5.8                 | 104.0                  |

| Sol. de Sulfato al 15 % |                 |                        |
|-------------------------|-----------------|------------------------|
| Expansión<br>H<br>(cm)  | tiempo<br>(seg) | Q solución<br>(ml/min) |
| 0.7                     | 0               | 0                      |
| 1.0                     | 31              | 19.4                   |
| 1.5                     | 20.5            | 29.3                   |
| 2.0                     | 14.0            | 43.0                   |
| 2.5                     | 11.2            | 53.6                   |
| 3.0                     | 9.5             | 63.2                   |
| 3.5                     | 8.4             | 71.5                   |
| 4.0                     | 7.0             | 86.0                   |
| 4.5                     | 6.5             | 92.5                   |
| 5                       | 5.8             | 103.5                  |

Cuadro 3 .- Calibración de rotómetro de arena. ( Diámetro = 0.59 mm )



Altura de expansión H (cm)

Gasto en ml/min.

También influye la altura de arena que se utilice , cuando es mayor su altura, la lectura para gasto es mayor.

En el siguiente cuadro se podrá apreciar la calibración con agua

Altura de la arena = 7 cm.

Temperatura = 25° C

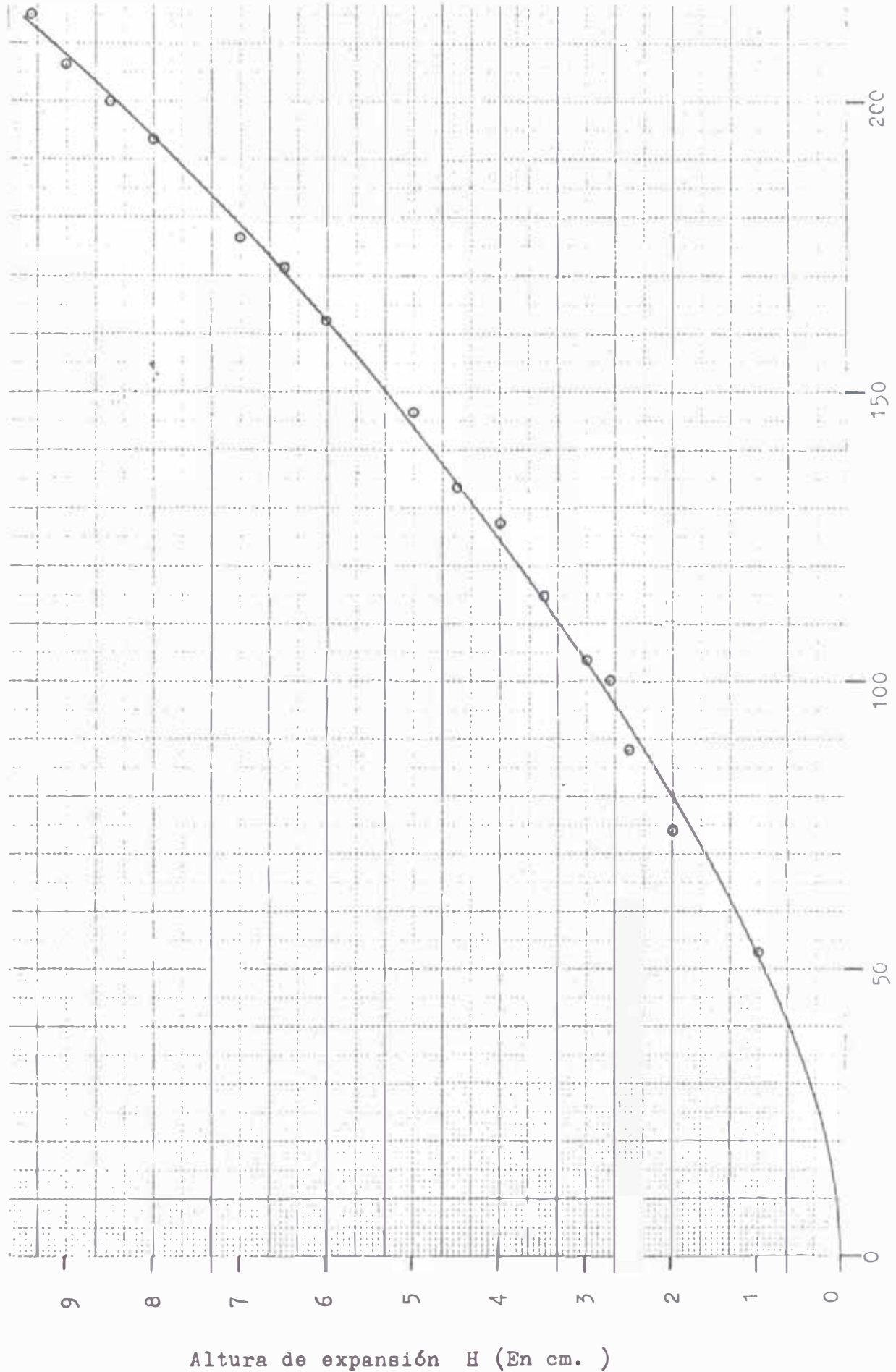
Volumen tomado = 10 ml.

CUADRO 4 .-

| H (cm) | t (seg) | Q (ml/min) |
|--------|---------|------------|
| 0.6    | 0       | 0          |
| 1      | 11.2    | 53.5       |
| 2      | 8.1     | 74.1       |
| 2.5    | 6.8     | 88.2       |
| 2.75   | 6       | 100        |
| 3      | 5.8     | 103.5      |
| 3.5    | 5.2     | 115.5      |
| 4      | 4.7     | 127.5      |
| 4.5    | 4.5     | 133.5      |
| 5      | 4.1     | 146.5      |
| 6      | 3.7     | 162.0      |
| 6.5    | 3.5     | 171.5      |
| 7      | 3.4     | 176.5      |
| 8      | 3.1     | 193.5      |
| 8.5    | 3       | 200        |
| 9      | 2.9     | 206        |
| 9.4    | 2.85    | 215        |



Calibración de rotómetro de arena (Diámetro = 0.59 mm.) Cuadr 4 .



Gasto en ml/min.

Altura de expansión H (En cm. )

Dosificador Mariott con altura de descarga variable y conectada a un rotómetro .- ( Foto Nº 3 )

Se podrá usar la combinación de los dos tipos, dando mayor visualidad al operador encargado de su manejo.

De esta manera se podrá controlar la descarga a través de la lectura en el Rotómetro, mediante un cuadro de control colocado cerca de ella.

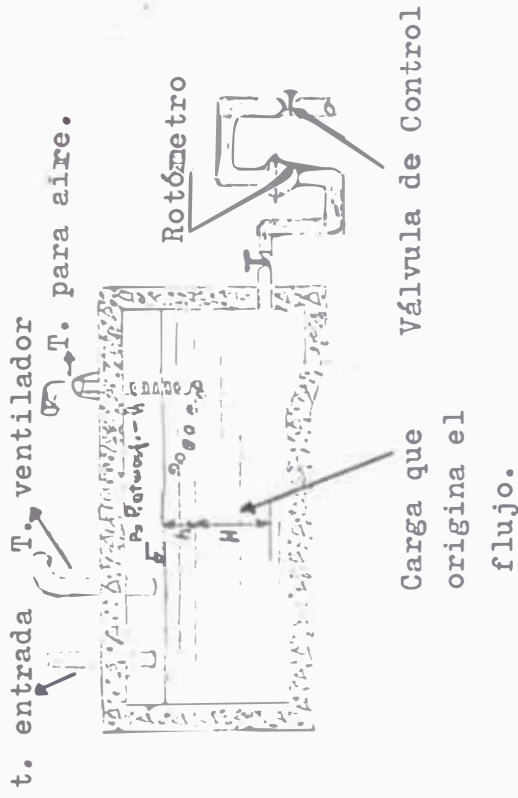
Resultado general del dosificador de Mariott .

Se ha podido ver que cualquiera de los modelos explicados anteriormente se pueden utilizar para dosificar coagulantes en plantas pequeñas, donde por lo general tratan alrededor de 30 l.p.s. de agua en época de mayor demanda y se utilizan alrededor de 100 Kg/día de coagulante (67 gr/min). Este dosificador tiene un rango de 10 gr/min. hasta 70 gr/min. de sulfato de aluminio, bien se puede adaptar a este tipo de planta. Si se requiere de mayor dosaje se puede preparar soluciones concentradas.

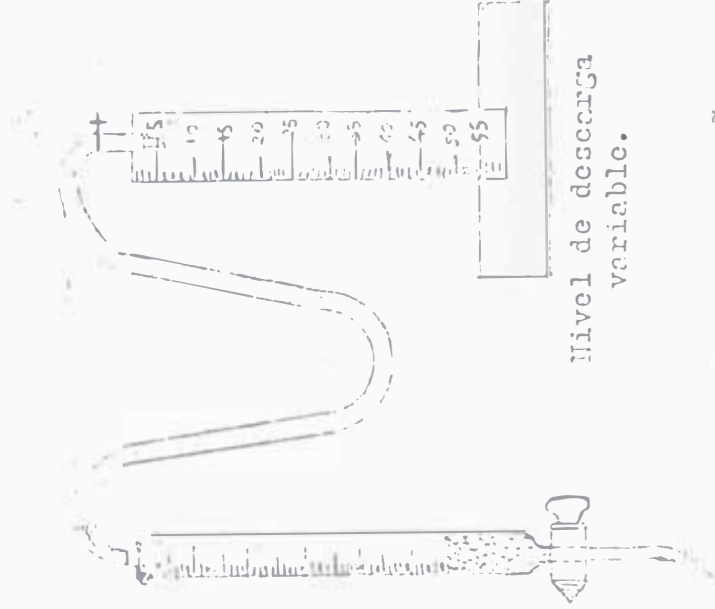
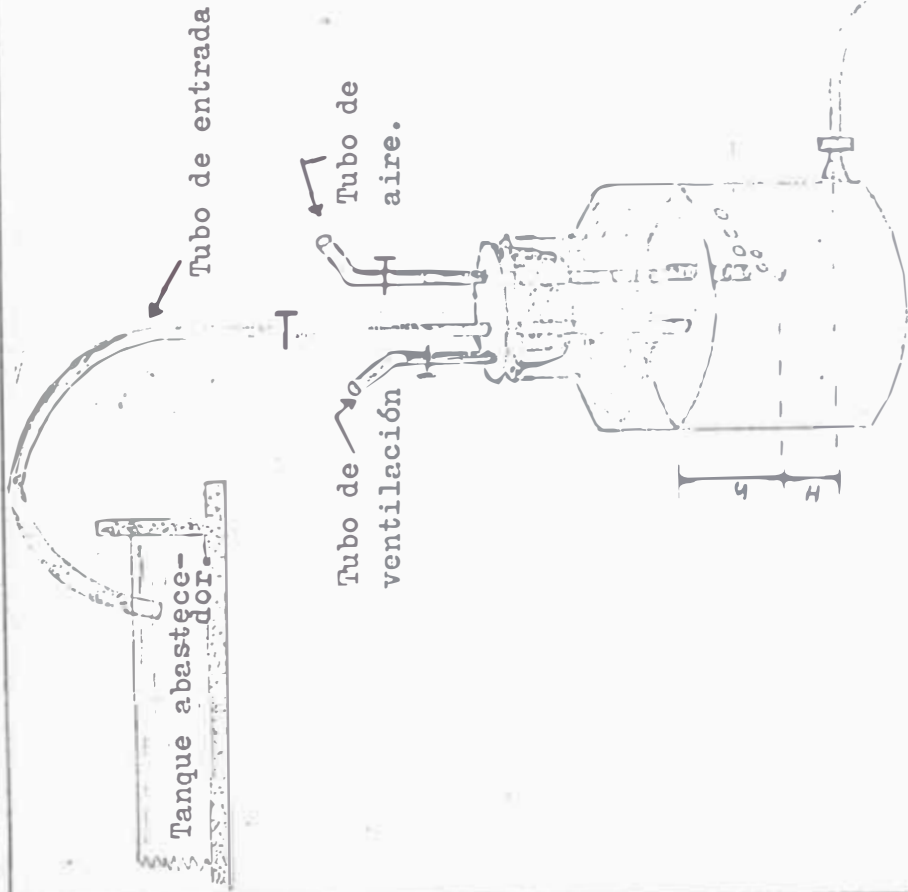
Para plantas grandes se pueden construir tanques que den flujos constantes comprendidos entre 50 L. p. s. y 300 L. p. s., para una demanda máxima de sulfato de :

75 Kg/hora.





PLANTAS GRANDES.



PLANTAS PEQUEÑAS.

Rotómetro de  
"esferas múltiples"

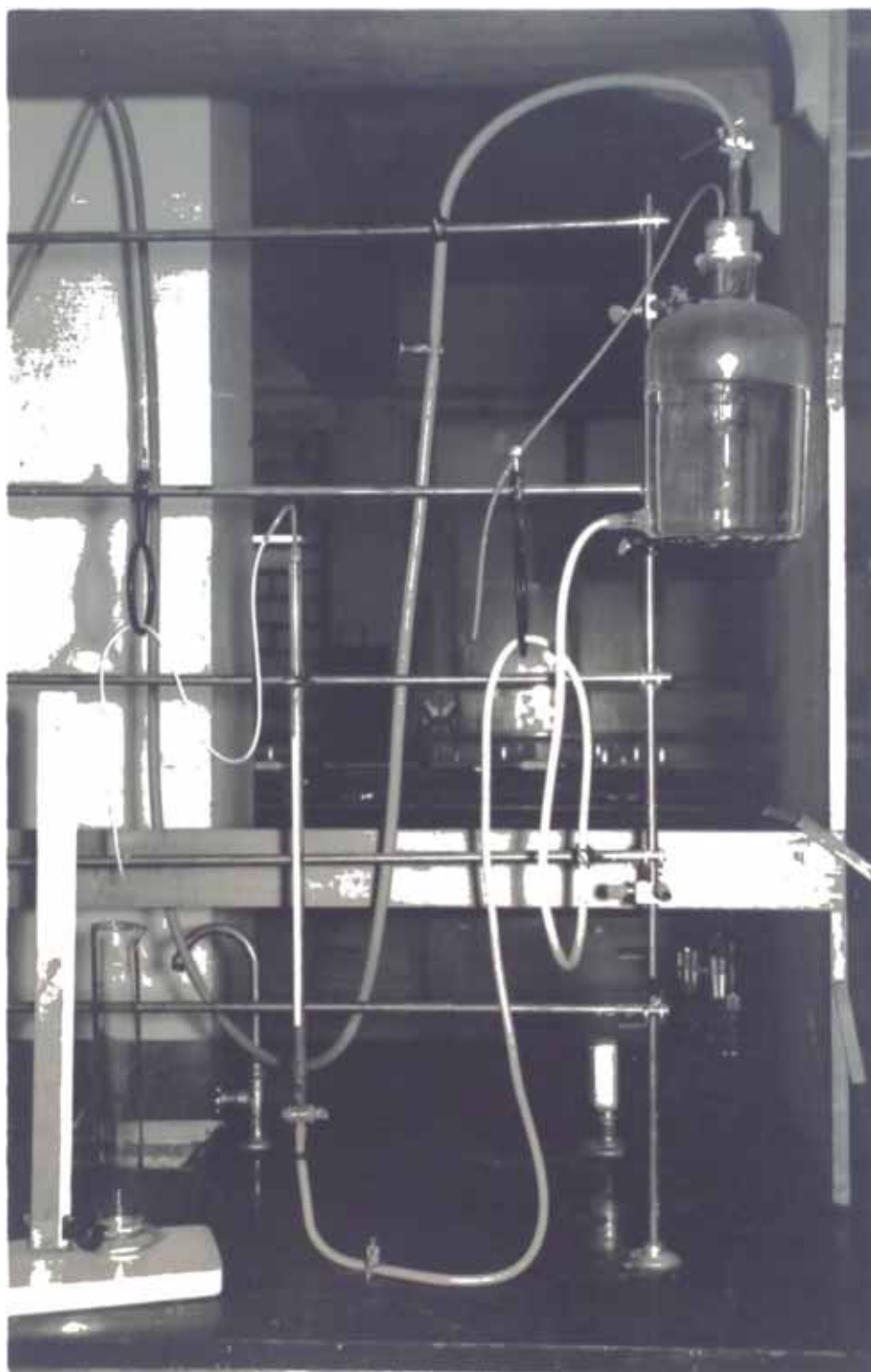


FOTO Nº 3

## ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CON

### SULFATO DE ALUMINIO EN TROZO

Al principio se pensó en realizar ensayos con modelos iguales a los experimentados en la planta de tratamiento de "Las Vizcachas" en Chile. Pero, como sucede casi siempre, un equipo no funciona igual en un lugar que tiene factores y condiciones diferentes del lugar donde se fabricó al equipo. Por esa razón los ensayos se realizaron con algunas variaciones, pero con cierta base en los datos proporcionados por ellos.

De Chile enviaron informes acerca de la calidad del sulfato de aluminio que emplean, descripción y funcionamiento de sus dosadores, monogramas y resultados obtenidos.

El sulfato de Aluminio que ellos llaman alum-cake proviene de la reacción del caolín con el ácido sulfúrico, obteniendo un producto que tiene 11% a 16% de  $Al_2O_3$ , alrededor de 1% de acidez libre, 0.5% de  $Fe_2O_3$  soluble al estado de sulfato férrico y 18% a 22% de insolubles constituidos en su mayor parte por caolín no atacado y sílice que resulta de la disgregación del caolín.

El producto lo utilizan en terrones (colpas) de unos 10-50 Kg. cada uno, como son de alta ley son sumamente duros (16% de  $Al_2O_3$ ) y tardan en disolverse más tiempo, unas cuatro horas para el alum-cake más duro con temperatura baja ( $15^{\circ}C$ ).

La densidad aparente del alum-cake colocado en la torre, se es tima en  $0.7 \text{ ton/m}^3$  así, para una disolución máxima de  $0.5 \text{ ton/ho}$  ra de alum-cake, se necesita un volumen mínimo de torre próximo a:

$$0.5 \frac{\text{ton}}{\text{hora}} \quad 4 \text{ horas} \times \frac{1}{0.7} \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 2.86 \text{m}^3$$

Por otra parte para asegurar la constancia de la solu ción obtenida, la altura mínima de la carga debía ser próxima a los tres metros. La sección de la torre será:

$$\frac{2.86}{3} = 0.95 \text{m}^2$$

La concentración de la solución es prácticamente inde pendiente de la altura de la carga que recorre la solución en su descenso, si se mantiene constante el gasto de agua agregado a la torre.

Actualmente, en la planta Las Vizcachas funcionan dos torres dosadoras, una de  $0.5 \text{m}^2$  de sección y 4m. de alto y otra de  $1 \text{m}^2$  de sección y 6m. de alto. La primera, para dosificación de rutina y la otra para cuando hay alzas de turbiedad. Ambas son de sección cuadrada, de madera, cada lado está hecho de do ble tablero, los clavos se hunden en la madera y se cubre con breca. Las paredes se afianzan con abrazaderas de fierro de  $5/8''$  de diámetro, como soporte de la carga tiene en el fondo una pa rilla de palos de roble, con separación entre ellos próxima a los 10cm.

El flujo de agua es por arriba, en forma de lluvia y se extrae por el fondo. Las cargas de alum-cake se realizan entre 1 a 4 horas o cuando la altura ha descendido como máxima un metro.

El control de la torre dosificadora, es muy simple, solo llevan el control de las cargas de alum-cake por día y la prorratan entre las 24 horas del día. Esto cuando las condiciones son permanentes.

Pero cuando son transitorias, pesan la cantidad de producto que entrega la torre en un período prudente (por ejemplo, un minuto) y restan de ella el peso del agua que se agregó en ese mismo tiempo; esta diferencia corresponde al peso del alum-cake disuelto en el lapso elegido.

Podrían hacer el control por un medio más directo que es medir la densidad de la solución que entrega la torre, pero sucede, que existe la presencia de insoluble que altera su lectura.

Ellos han construido una serie de monogramas en base a la fórmula:

$$P = \frac{Q - L}{-(1-i)L}$$

donde:

P = Kg. de alum-cake disueltos por hora en la torre

$Q$  = Kg. de agua agregados por hora a la torre (medido)

$\Lambda$  = de  $Al_2O_3$  por litro de solución filtrada

$\rho$  = Densidad de la solución filtrada, en Kg. por litro de solución filtrada, por determinar.

$a$  = Ley de alúmina del alum-cake en Kg. de  $Al_2O_3$  por de alum-cake, conocido por un análisis anterior.

$i$  = Insoluble del alum-cake en Kg. insoluble por Kg. de alum-cake, también determinado por un análisis anterior.

Con los datos que tienen van a dichos monogramas y hallan  $P$  en forma rápida.

#### ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DEL

#### CENTRO DE INVESTIGACIONES

El sulfato de alúmina que se compra en el Perú es de lo más puro que se pueda encontrar en el mercado; no contiene casi insolubles y es de ley más alta (17% de  $Al_2O_3$ ), por lo que es más duro.

Antes de experimentar con el dosador modelo se realizaron los siguientes ensayos:

- 1.- Ensayo experimental para estimar la cantidad promedio de sulfato de alúmina que se puede disolver

por unidad de tiempo.

- 2.- Ensayo experimental para estimar el peso disuelto de sulfato de Alúmina en %, cada cierto período de tiempo.
- 3.- Ensayo experimental para estimar la densidad de diferentes concentraciones de soluciones de sulfato de Alúmina.
- 4.- Modelo experimental del dosificador
- 5.- Calibración del dosador.

1.- Ensayo experimental para estimar la cantidad promedio de sulfato de alúmina que se puede disolver por unidad de tiempo.

Primero, se hizo un ensayo, con una balanza de platillo; se colgó de uno de los platillos una canastilla de malla, en cuyo interior se colocó el trozo de sulfato de aluminio y debajo de ella un vaso con agua en el que se sumergía el sulfato; en el otro platillo se colocaron las pesas hasta nivelar los dos platillos, anotándose el peso indicado y el tiempo en que se tomaba dichos pesos. Esto se repetía cada cierto tiempo.

No dió buenos resultados porque el peso que se anotaba era el peso sumergido del trozo y no el real como no se conocía la densidad de esa solución, era imposible hallar el peso verdadero que iba perdiendo con el tiempo.

En un segundo ensayo, se colocó dos vasos iguales con

igual volúmenes de agua, en los dos platillos. En uno de los vasos se sumergía la canastilla y en el otro se nivelaba con pesas, anotando el tiempo en que se tomaba éstas mediciones y el peso dado. Se repitieron las pruebas hasta tener todo el sulfato disuelto.

Esta prueba no solo permitió conocer el peso promedio de disolución por unidad de tiempo, sino también realizar el cuadro de peso disuelto en % en cada período de tiempo, (en éste caso minutos).

Peso del trozo del sulfato = 415.3gr.

Peso de la canastilla = 8.00gr.

Volumen de agua utilizado = 1158 ml.

Temperatura = 20°C

CUADRO 6

| Peso disuelto acumul. | Tiempo | Tiempo acumul. | % peso | Peso disuelto acumul. | Tiempo | Tiempo acumul. | % peso |
|-----------------------|--------|----------------|--------|-----------------------|--------|----------------|--------|
| 5.8                   | 2'47"  | 2'47"          | 0.48   | 164                   | 6'14"  | 66'25"         | 12.4   |
| 14.7                  | 2'54"  | 5'42"          | 1.26   | 203.5                 | 5'07"  | 87'36"         | 14.85  |
| 33.5                  | 5'44"  | 11'26"         | 2.81   | 211.5                 | 5'39"  | 93'16"         | 15.4   |
| 39.8                  | 2'39"  | 14'05"         | 3.32   | 232                   | 6'18"  | 105'12"        | 16.65  |
| 47.8                  | 2'     | 16'05"         | 3.96   | 263                   | 15'26" | 129'17"        | 18.45  |
| 62.1                  | 2'01"  | 21'05"         | 5.05   | 315.7                 | 17'28" | 182'47"        | 21.5   |
| 81                    | 2'34"  | 22'59"         | 6.51   | 332.5                 | 21'15" | 204'02"        | 22.4   |
| 93.5                  | 2'14"  | 33'26"         | 7.48   | 373                   | 21'08" | 283'47"        | 24.4   |
| 105                   | 2'19"  | 38'14"         | 8.30   | 399.7                 | 30'    | 375'159"       | 25.6   |
| 123.4                 | 5'31"  | 46'15"         | 9.62   | 404.5                 | 33'    | 408'16"        | 25.8   |
| 132.8                 | 5'09"  | 51'24"         | 10.3   | 415                   | 1'00'  | 594'16"        | 26.4   |



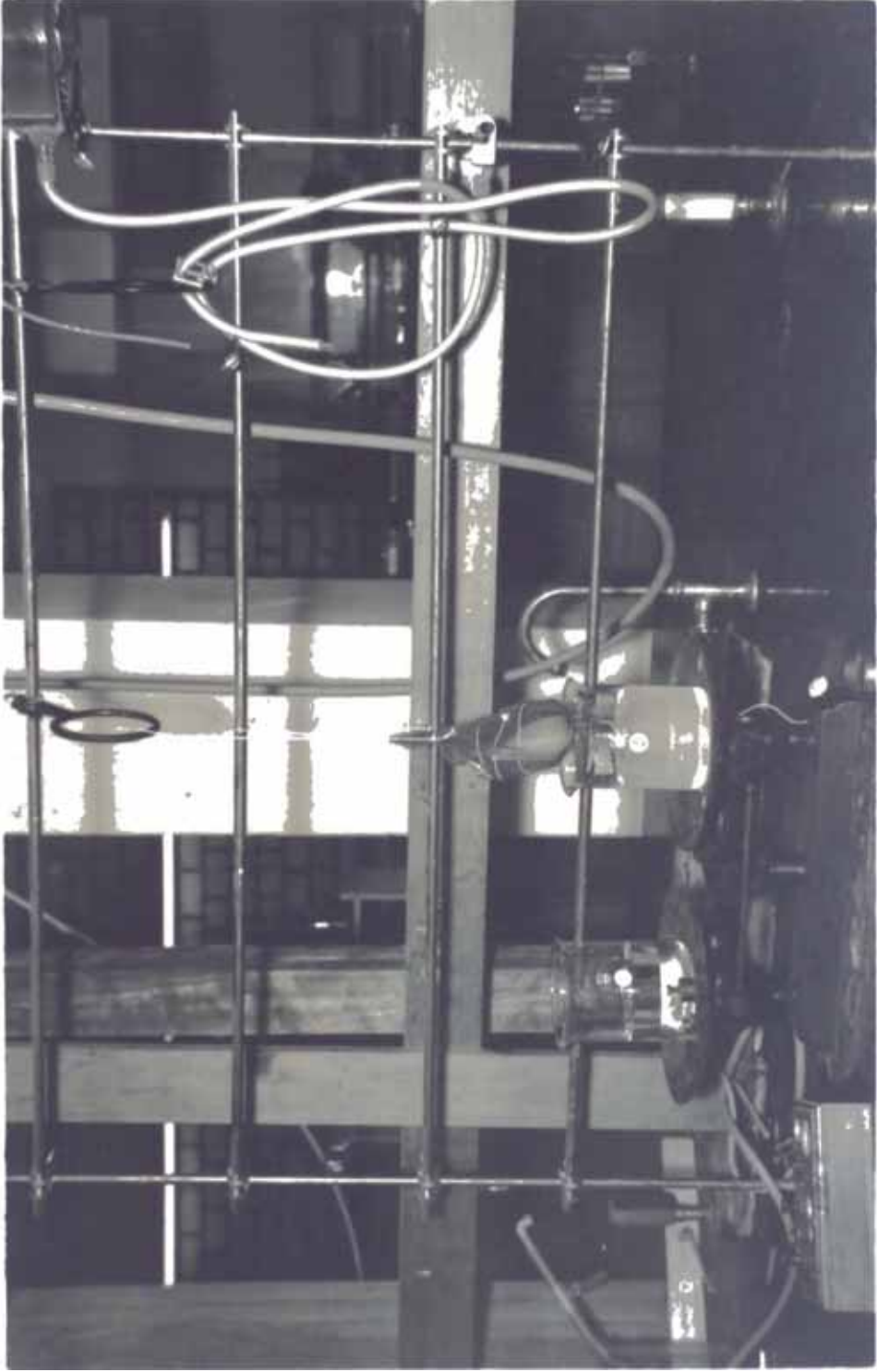


FOTO N°4

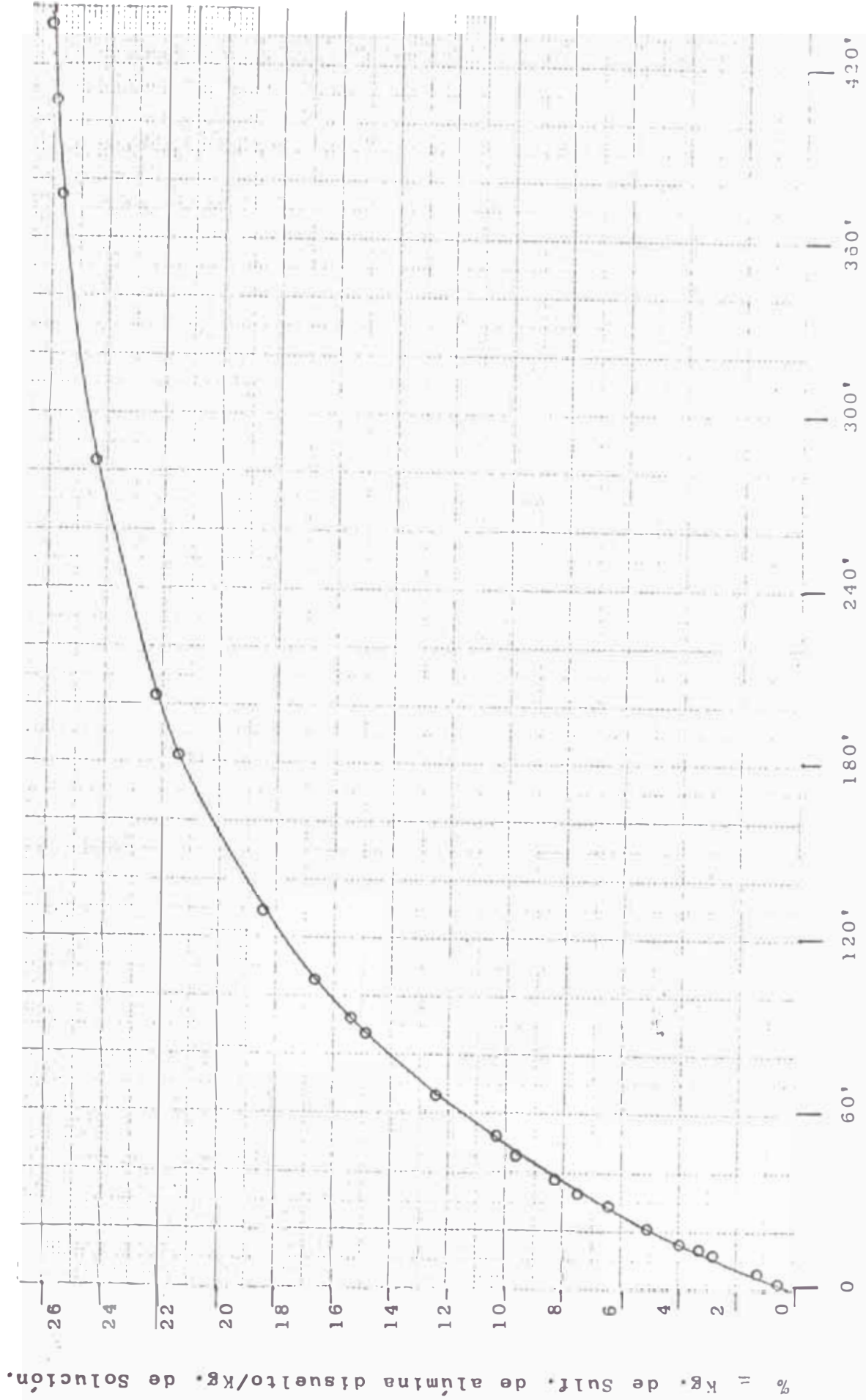
Resultados.-

Demoró en total: 9h54'16"

Promedio = 42gr./hora.

Si se hubiera utilizado menos volumen de agua se llegaría al 33% en peso de disolución que corresponde a una solución saturada.

CUADRO 6.- TIEMPO DE DISOLUCION DE SULFATO DE ALUMINA



Tiempo de Dilución (min).

3.- Ensayo experimental para determinar las densidades de las diferentes concentraciones.

En una probeta graduada de 500ml. de capacidad, se le llena un cierto volumen de agua y se le va agregando cierta cantidad de sulfato y se disuelve, tomándose luego su densidad, con un densímetro graduado de 1.00 a 1.200.

Se repite ésta prueba hasta llegar a una cantidad de sulfato tal, que en proporción con el agua llegue a una concentración próxima a saturada.

Para ésta prueba, se tomó 150 ml. de agua y se le fue agregando de 5 en 5 gramos de sulfato.

Temperatura: 20°C

| Concentración | Densidad | Concentración | Densidad |
|---------------|----------|---------------|----------|
| 5             | 1.016    | 40            | 1.134    |
| 10            | 1.032    | 45            | 1.146    |
| 15            | 1.048    | 50            | 1.156    |
| 20            | 1.066    | 55            | 1.168    |
| 25            | 1.086    | 60            | 1.172    |
| 30            | 1.104    | 65            | 1.184    |
| 35            | 1.116    | 70            | 1.196    |
|               |          | 75            | 1.220    |

En vista de que los valores no dieron muy exactos por la mala lectura en el densímetro, ya que ésta se pegaba a las

paredes de la probeta o quedaba en posición inclinada, se procedió a obtenerla de otro modo. Por fórmula:

$$\rho = \frac{P}{V}$$

Prueba experimental.-

En uno de los platillos de una balanza se colocó una probeta graduada, se llenó con un volumen cualquiera de agua el recipiente y se le va agregando cantidades de sulfato y anotando el peso que se colocaba en el otro platillo, hasta nivelar la balanza. Luego se anotaba entre prueba y prueba, el peso volumen aumentado y se medía la densidad con el densímetro.

El Peso de la solución se obtenía por la diferencia entre el peso total y el peso de la probeta.

$$\rho = \frac{P.\text{solución}}{V.\text{solución}}$$

Capacidad de la bureta : 500ml.

Peso de la bureta = 354gr.

Volumen de agua destilada = 425 ml.

Peso de bureta con agua        776.6gr.

Temperatura = 20°C.

CUADRO 7

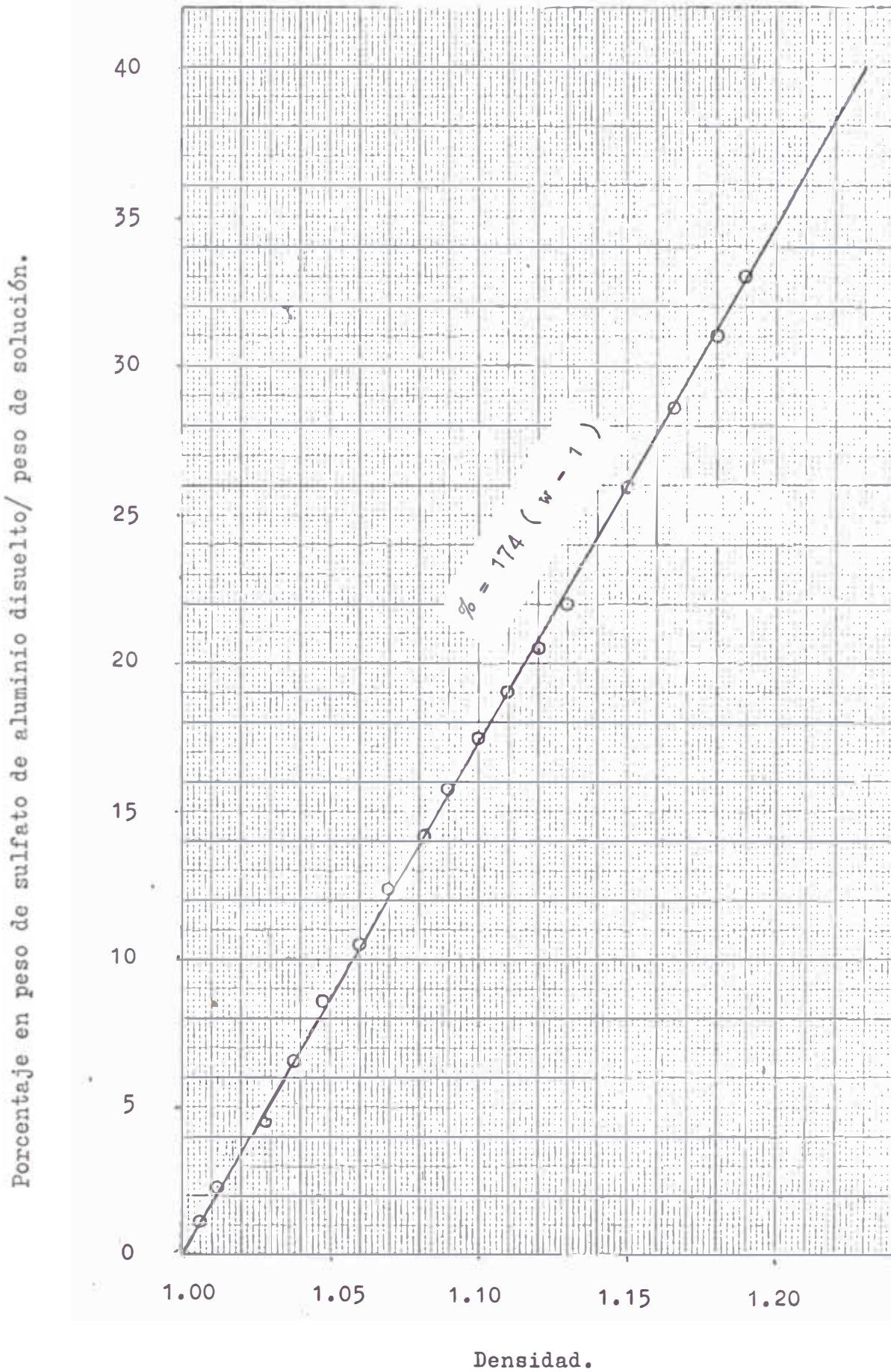
| gr. de sulf. | (m.l)<br>Vol. final | (gr)<br>Peso total | (gr)<br>P. soluc<br>ción | gr/ml.<br>densidad<br>P/V | densí<br>metro | % disuel<br>to |
|--------------|---------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| 5            | 425                 | 779.8              | 425.8                    | 1.006                     | 1.006          | 1.16           |
| 10           | 426                 | 784.5              | 430.5                    | 1.010                     | 1.012          | 2.3            |
| 15           | 428                 | 788.7              | 434.7                    | 1.016                     | 1.022          | 3.4            |
| 20           | 430                 | 793.6              | 439.6                    | 1.022                     | 1.028          | 4.5            |
| 25           | 433                 | 800.5              | 446.5                    | 1.032                     | 1.034          | 5.57           |
| 30           | 435                 | 805.8              | 451.8                    | 1.038                     | 1.038          | 6.6            |
| 35           | 438                 | 810                | 456                      | 1.042                     | 1.042          | 7.6            |
| 40           | 440                 | 815.2              | 461.2                    | 1.048                     | 1.048          | 8.6            |
| 45           | 443                 | 820.3              | 466.3                    | 1.052                     | 1.056          | 9.6            |
| 50           | 445                 | 824.7              | 470.7                    | 1.060                     | 1.060          | 10.55          |
| 60           | 450                 | 834.8              | 480.8                    | 1.070                     | 1.070          | 12.4           |
| 70           | 455                 | 844.5              | 490.5                    | 1.080                     | 1.082          | 14.2           |
| 80           | 460                 | 854.3              | 500.8                    | 1.090                     | 1.090          | 15.8           |
| 90           | 465                 | 864.7              | 510.7                    | 1.098                     | 1.100          | 17.5           |
| 100          | 470                 | 874.7              | 520.7                    | 1.108                     | 1.110          | 19.1           |
| 110          | 475                 | 888.7              | 530.7                    | 1.118                     | 1.120          | 20.5           |
| 120          | 480                 | 894.7              | 540.7                    | 1.130                     | 1.130          | 22             |
| 130          | 485                 | 904.7              | 550.7                    | 1.140                     | 1.140          | 23.4           |
| 150          | 495                 | 924.3              | 570.3                    | 1.150                     | 1.150          | 26.1           |
| 170          | 505                 | 943.2              | 589.2                    | 1.166                     | 1.166          | 28.6           |
| 190          | 515                 | 961.2              | 607.2                    | 1.18                      | 1.180          | 31             |
| 210          | 525                 | 978.3              | 624.3                    | 1.190                     | 1.200          | 33             |
| 230          | 535                 | 1002.2             | 648.2                    | 1.210                     | 1.212          | 35.1           |
| 250          | 545                 | 1016.3             | 662.3                    | 1.214                     | 1.214          | 37             |

Resultados.- Como se observa coincide más o menos las dos densidades halladas por diferentes métodos.

Según la curva, la densidad de la solución saturada es de 1.23 que corresponde al 40% de peso disuelto.



Cuadro 7 .- Curva de densidades a diferentes concentraciones.



4.- Modelo experimental del dosador para sulfato de aluminio en trozo.

Se adaptó un tubo de plástico que había en el laboratorio; ésta ya tenía 3 agujeros en la parte superior y uno en la inferior, por lo que se aprovechó de utilizarlo como dosador.

El tubo tiene 7.5cm. de diámetro y 49cm. de altura, los agujeros están situados a una distancia de 5cm., uno de otro, en la parte superior y el inferior está a 5cm. de la base.

Al principio se pensó utilizar flujo descendente como el de Chile, pero luego se vió que era mejor el ascendente para que levante las partículas no disueltas que tienden a sedimentar. Por éste motivo el flujo de entrada fué por abajo y saldrían por uno de los 3 agujeros de arriba. Por la poca altura del tubo, se colocó tapón en las dos primeras y se utilizó la de más arriba.

En la parte inferior se cubrió con gravas gruesas hasta una altura de 7cm. siendo 2cm. más por encima del tubo de entrada. Así se evitó que los trozos de sulfato taponearan la entrada.

El dosificador se conectó a una botella de agua situada encima de ella, entre ellas se conectó un rotámetro calibrado y para recibir la solución se colocó una bureta calibrada de



500ml. de capacidad.

Funcionamiento.- Se llama el tubo con trozos de sulfato más o menos del mismo tamaño, hasta el borde mismo del tubo y se tratará de ir reponiendo la carga cada vez que baje de nivel, que está siempre a un nivel más alto que el del tubo de salida de la solución.

El dosificador se abastece por una botella de 25lts. de capacidad, situada encima de ella; el flujo de entrada está regulada por un rotámetro calibrado.

La solución es recogida en la bureta y se le toma la densidad con el densímetro, cada periodo de tiempo, hasta que se estabilice en un punto y de luego densidades más o menos constantes.

Con la densidad conocida se vá al gráfico de la curva "densidad-%disuelto" y se puede conocer la dosis de sulfato que está saliendo en esa solución.

También se puede controlar la dosis, tomando un volumen de solución en un tiempo dado y pesarla, restar de ella el peso del agua que se agregó en ese mismo tiempo, la diferencia será el peso del sulfato de aluminio disuelto.

No se siguió esto último, porque la casi exacta lectura del densímetro y la rapidez con que se realiza hizo que se prefiera ésta. Además en una planta, donde es un solo obre

ro el encargado de ella, el densímetro es el método más simple y rápido de controlar la dosis.

También, la ventaja de trabajar con sulfato de aluminio casi puro, hace que su poca materia insoluble no altera la lectura del densímetro. Cosa que no ocurre en la planta las Vizcachas, de Chile, su alto contenido de insoluble ésta labor.

Este dosador trabaja con concentraciones constantes siempre y cuando el flujo sea constante.

Pruebas realizadas en éste dosador.-

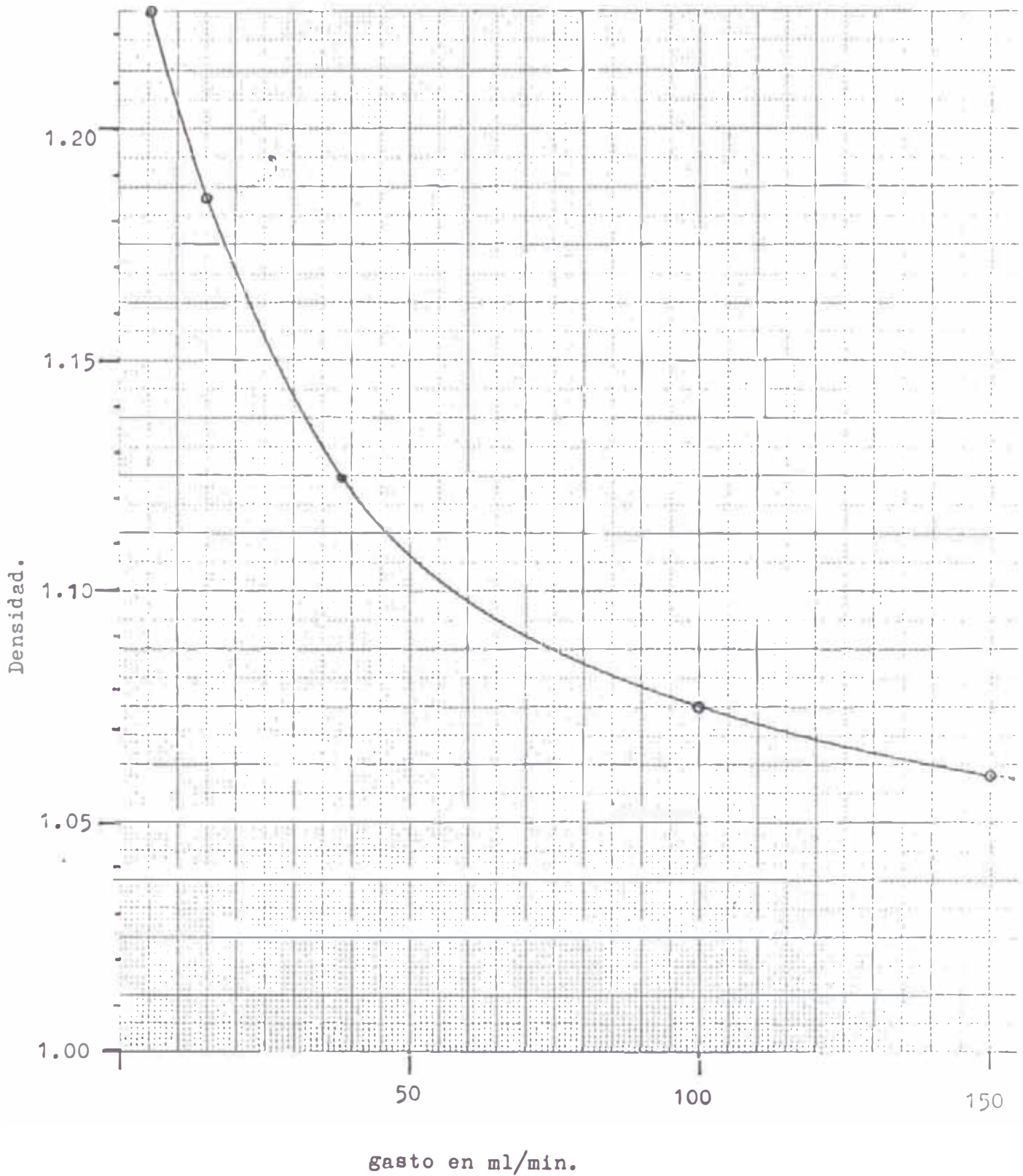
Se empezó con flujos altos y se fué bajando hasta llegar a un flujo mínimo; con el objeto de calibrarlo para soluciones débiles hasta una solución más o menos saturada.

CUADRO 8

| Q(ml/min) | Densidad | % de sulf. disuelto |
|-----------|----------|---------------------|
| 5.5       | 1.225    | 39                  |
| 15        | 1.185    | 31                  |
| 38        | 1.124    | 21.4                |
| 100       | 1.074    | 12.8                |
| 150       | 1.028    | 4.8                 |
| 1200      | 1.010    | 1.6                 |

Estos dos últimos flujos se consiguieron conectando el dosador a una bomba eléctrica dosadora ya que el votómetro solo dá hasta un poco mayor de 200ml/min.

Cuadro 8 .- Curva de calibración de la torre dosificadora del sulfato de alumina.



Según el cuadro 8 se puede obtener la cantidad de sulf. disuelto según el gasto que entre:

Cuadro #9

| Gasto Q<br>(ml/min) | Peso disuelto<br>(gr/min) |
|---------------------|---------------------------|
| 5.5                 | 2.15                      |
| 1.5                 | 4.65                      |
| 38                  | 8.10                      |
| 100                 | 12.80                     |
| 150                 | 15.60                     |
| 365                 | 17.50                     |
| 1200                | 19.20                     |

Para calcular el período de retención de la torre do sificadora se tomó el volumen ocupado por el agua al colocar los trozos de sulf. dentro de ella.

Vol. ocupado por el agua = 1065 ml.

Cuadro # 10

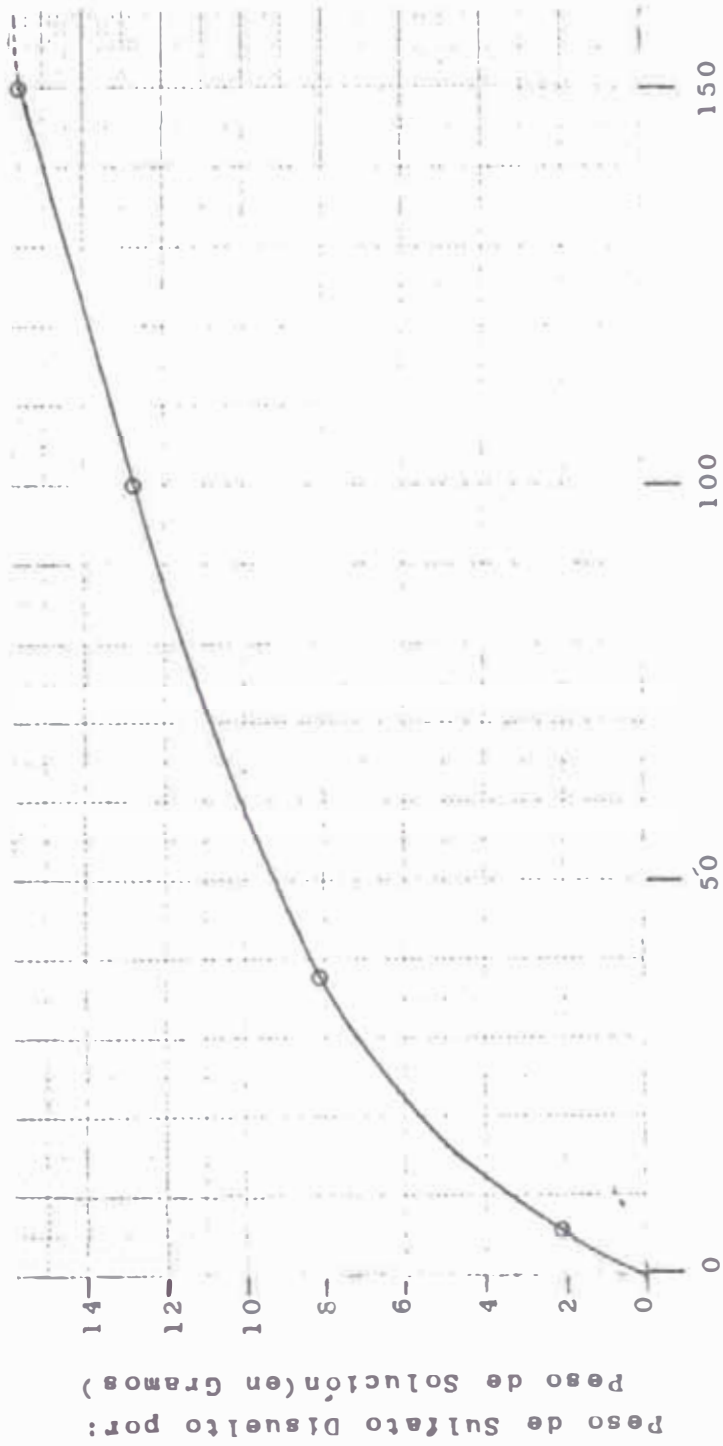
| P. retens. min. | densidad |
|-----------------|----------|
| 194             | 1.225    |
| 71              | 1.185    |
| 28              | 1.124    |
| 10              | 1.074    |
| 7.2             | 1.060    |

Para el gráfico de la curva se descartó los flujos de 365 y 1200 ml/min. por dar soluciones muy débiles.

El rango óptimo de éste dosador está entre 150ml/min. y 15ml/min; no se considera el de 5.5ml/min porque si bien da una solución saturada, demora demasiado en llegar a ella; en cambio con 15ml/min. se consigue un 30-31% de cantidad disulta de sulfato de aluminio y con ella está próxima la saturación.

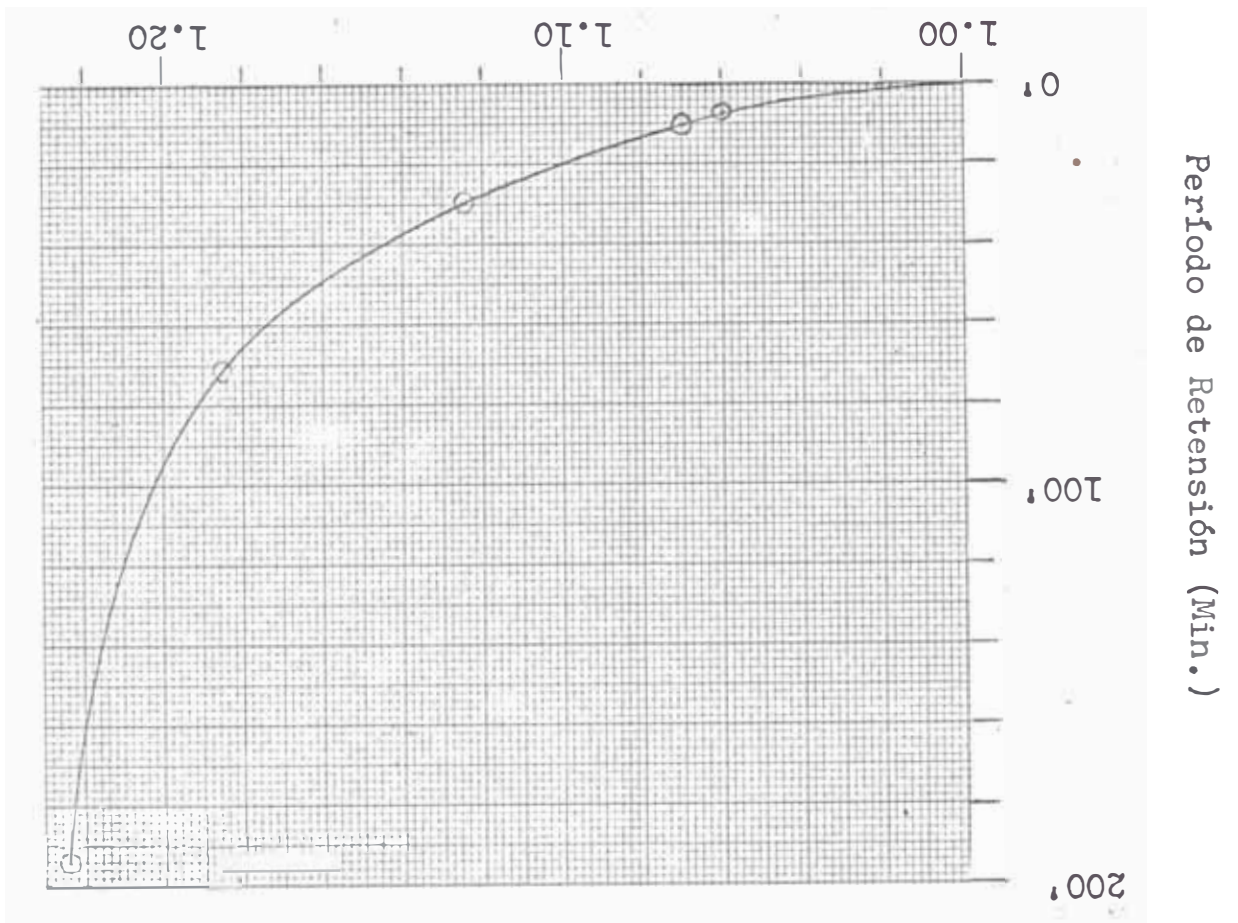
Los valores de las densidades se tomó en promedio cuando llegó al punto de estabilización; porque éstas densidades fluctúan valores tolerables, ello ocurre cuando los trozos que se van agregando no son del mismo tamaño y hace que por momentos bajen o suban un poco su valor.

CUADRO 9.- CURVA DE DISOLUCION DE SULFATO PARA UN GASTO DADO



G a s t o s (ml/min.)

Cuadro 10.- Curva de densidad para diferentes  
Períodos de Retención



## CAPITULO VI:

- CONCLUSIONES  
Y
- RECOMENDACIONES.



## CONCLUSIONES

- 1.- Los resultados de las experiencias realizadas con un dosificador basado en el principio de la botella de Mariotte son satisfactorios; siendo prácticas su utilización en plantas de agua potable que tratan hasta unos 50 lps. de agua, aproximadamente.
- 2.- Respecto a la torre dosificadora, se ha encontrado que es un magnífico dispositivo de entrega de solución de sulfato de aluminio en forma continua, para uso industrial en plantas de mayores dimensiones.
- 3.- El primer costo de instalación, el costo de operación y mantenimiento resultan relativamente bajo, en ambos equipos, por su construcción con materiales disponibles en el país y por no necesitar de personal técnico muy especializado. Todo - ésto indican que son adecuados a la realidad nacional.

## RECOMENDACIONES:

- Se recomienda el uso del dosificador Mariott y Torre dosificadora en plantas pequeñas por ser adecuados a la realidad Nacional.
- Se recomienda realizar, estudios de la torre dosificadora en mayores dimensiones, para su aplicación en plantas grandes.

## REFERENCIA

- 1.- ESTUDIO DE LA OPERACION Y EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHICLAYO.

Informe preparado por el Centro de Investigación para la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y O. P.

Junio 1966.

- 2.- COMPORTAMIENTO FISICO DE SUSPENSION DE PARTICULAS EN FLUJO ASCENDENTE

Tesis de Grado para obtener el título de Ingenieros Sanitarios - Ofelia del Aguila.

- 3.- DOSIFICACION DE ALUM-CAKE EN LA PLANTA DE FILTROS DE LAS VIZCACHAS.

Por Luis Pivot Poblete - Ing. Químico (Chile)

Revista de Ingeniería Sanitaria

Publicado por el Organismo Oficial de A I D I S.

Octubre de 1961 - Pag 111 - 118.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Catálogo de la B.I.F.
- 2.- CHEMICAL FEEDER MANUAL  
By Precision Chemical Pump Corporation  
Copyright 1961.
- 3.- ESTUDIO DE LA OPERACION Y EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE CHICLAYO.  
Informe preparado por el Centro de Investigación para la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y O.P.  
Junio 1966
- 4.- GUIDES FOR SELECTING CHEMICAL FEEDERS.  
By Paul A Coffman Jr-Chief Engineer  
Omega Machine Co.
- 5.- LIMA, HANDLING, APPLICATION AND STORAGE.  
By Dr. Willen Rudolfs-Rutgers University New.Brunswick,N.Y.  
Bulletin 213  
Publicado por National Lina Association- Washington 5-D.C.
- 6.- MANUAL DE OPERACION DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
Oficina Sanitaria Panamericana, oficina regional de la Organización Mundial de la Salud 1501 New Hampshire Avenue N.Y. Washington G. D.C. - E.U.A.  
Edición Preliminar.