

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**POR**

**MANUEL DE JESÚS CABRERA ALBIZURES**

**AL CONFERIRLE EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE 1, 1996**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



08  
T(3790)  
C.4

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

*Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado*

**EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES**

*Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con  
fecha 23 de mayo de 1,996*



**Manuel de Jesús Cabrera Albizures**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	:	<b>Ing. Julio Ismael González Podszueck</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	:	<b>Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	:	<b>Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	:	<b>Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	:	<b>Br. Fernando Waldemar De León Contreras</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	:	<b>Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor</b>
<b>SECRETARIO</b>	:	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	:	<b>Ing. Julio Ismael González Podszueck</b>
<b>EXAMINADOR</b>	:	<b>Ing. Carlos Leonel Suarez Bendfeldt</b>
<b>EXAMINADOR</b>	:	<b>Ing. Guido Alberto Ganddini Villamar</b>
<b>EXAMINADOR</b>	:	<b>Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano</b>
<b>SECRETARIO</b>	:	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>



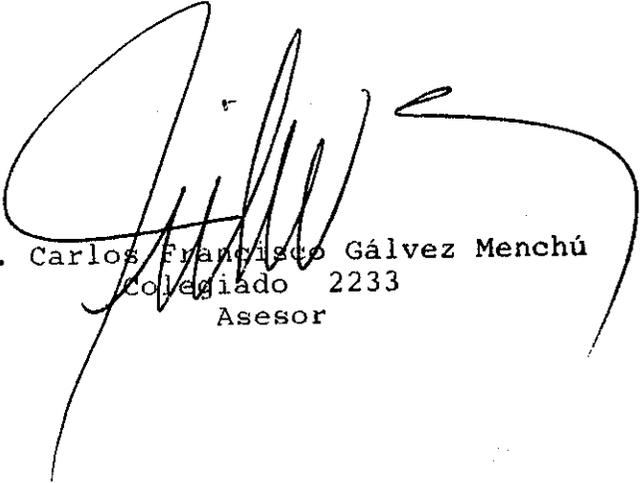
Guatemala, 29 de julio de 1,996

Ingeniero  
Marco Tulio Ventura Roldán  
Jefe Del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
U.S.A.C.

Estimado Ingeniero Ventura:

Por este medio le comunico que he revisado el trabajo de tesis del estudiante universitario MANUEL DE JESUS CABRERA ALBIZURES titulado: " EVALUACION DE LA REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES ", el cual cumple con los requisitos necesarios, contando con mi aprobación.

Atentamente,



Ing. Carlos Francisco Gálvez Menchú  
Colegiado 2233  
Asesor





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 29 de agosto de 1,996

Ing. Jack Douglas Ibarra  
Jefe de la Escuela de Ingeniería Civil  
de la Facultad de Ingeniería  
Ciudad Universitaria, zona 12

Estimado Ingeniero:

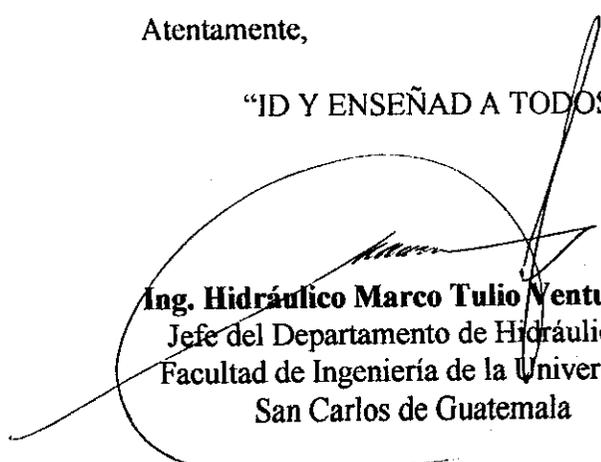
Después de haber analizado el trabajo de tesis titulado **“EVALUACION DE LA REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES”**, del estudiante universitario **MANUEL DE JESUS CABRERA ALBIZURES**, con carnet No. **87-12129** y actuando como Jefe del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, le informo que el mismo ha llenado todos los requisitos de índole técnico, en forma satisfactoria y a cabalidad, por lo que se puede seguir con los trámites respectivos.

El presente trabajo será de gran importancia y utilidad para la EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA “EMPAGUA”, ya que contiene el Manual de Operación y Mantenimiento, para operar la planta de tratamiento de agua potable Las Ilusiones, que podrá implementarse a corto plazo.

Considero asimismo, que dicho trabajo por su calidad, contenido y relevación, debe ser propuesto al premio Francisco Vela de nuestra Casa de Estudios.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



**Ing. Hidráulico Marco Tulio Ventura Roldán**  
Jefe del Departamento de Hidráulica de la  
Facultad de Ingeniería de la Universidad de  
San Carlos de Guatemala





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Carlos Francisco Gálvez Menchú y del coordinador del Area de Hidráulica Ing. Marco Tulio Ventura Roldán, sobre el trabajo de tesis del estudiante Manuel de Jesús Cabrera Albizures, titulado **EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES**, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, septiembre de 1, 996





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES**, del estudiante Manuel de Jesús Cabrera Albizures, procede a la autorización para la impresión de la misma.

**IMPRIMASE:**

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO

Guatemala, septiembre de 1,996





## ACTO QUE DEDICO A:

**MIS PADRES:** Cándido Cabrera Reyes  
Jesús del Rosario de Cabrera

**MIS SUEGROS:** José Churumía Franco  
Diega Martínez de Churumía

**MI ESPOSA E HIJOS:** Lina Maria de Cabrera  
Claudia Carolina  
Mary Elisa  
José Victor Manuel

**MIS HERMANOS:** Adolfo, Irma Yolanda, José Abraham, Luis  
Alberto, Hugo René y Sandra Patricia.

**MIS SOBRINOS**

**MIS CUÑADOS**

**MIS DEMÁS FAMILIARES**

**LA FACULTAD DE INGENIERÍA**



A G R A D E C I M I E N T O S    A:

Dios, nuestro Señor.

Ing. Carlos Francisco Gálvez Menchú  
Por su amistad incondicional y asesoría.

Ing. Marco Tulio Ventura Roldán  
Por su ayuda y aprobación del presente trabajo.

Ing. Vilmer Abraham Mérida Maldonado  
Por su apoyo y amistad.

Ing. Mario René Rosada Granados  
Por su apoyo y amistad sincera.

Ing. Fideas Marroquín  
Por su ayuda y amistad.

Ing. Yoshihiro Noguchi  
Por su ayuda y amistad.

A las Compañías Japonesas:

Kyowa Engineering Consultants, Construcción.

Hitachi Plant Engineering and Construcción Co., Ltd.

Todos mis familiares y amigos.



# ÍNDICE

	PAG. No.
INTRODUCCIÓN.....	I
GLOSARIO.....	II
OBJETIVOS.....	III
JUSTIFICACIÓN.....	IV
ANTECEDENTES.....	VI
CAPÍTULO I.....	01
1.1 GENERALIDADES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO ANTERIOR DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA LAS ILUSIONES.....	01
1.1.1 Dosificadores.....	03
1.1.2 Coagulación.....	04
1.1.3 Tranquilizadores.....	04
1.1.4 Pulsator.....	04
1.1.5 Decantación.....	06
1.1.6 Extracción de fangos.....	06
1.1.6.1 Recuperación de agua de extracción de fangos.....	07
1.1.7 Filtración.....	07
1.1.7.1 Recuperación de agua de lavado de filtros.....	10
1.1.8 Cloración.....	10
1.1.9 Laboratorio.....	12
CAPÍTULO II.....	13
2.1 CAMBIOS EFECTUADOS.....	13
2.1.1 Dosificadores de aluminio.....	13
2.1.1.1 Motores de los dosificadores de aluminio.....	16
2.1.1.2 Paneles de control de motores de dosificadores de aluminio.....	16
2.1.2 Coaguladores.....	18
2.1.3 Tranquilizadores.....	19
2.1.4 Pulsadores.....	19
2.1.5 Bombas de vacío.....	21
2.1.6 Decantación.....	21
2.1.7 Bombas de recuperación de agua extracción de lodos.....	22
2.1.7.1 Arrancadores de bombas de recuperación de agua de extracción lodos.....	23

2.1.8 Filtros.....	24
2.1.8.1 Bombas de retrolavado de filtros.....	29
2.1.8.2 Bombas de recuperación de agua de lavado de filtros.....	30
2.1.8.3 Arrancadores de bombas de recuperación de agua de lavado de filtros.....	30
2.1.9 Dosificadores de cloro gaseoso.....	31
2.1.9.1 Arrancadores de dosificadores de clorogas.....	33
2.1.10 Laboratorio.....	33
2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS ADICIONALES.....	34
2.2.1 Cuarto eléctrico.....	34
2.2.1.1 Generador eléctrico.....	34
2.2.1.2 Transformador.....	34
2.2.2 Instalaciones eléctricas.....	34
2.3 INVENTARIO DE EQUIPOS NUEVOS.....	36
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>37</b>
3.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO CON LA PLANTA REHABILITADA.....	37
3.1.1 Dosificaciones de sulfato de aluminio.....	37
3.1.1.1 Tablas de aplicación.....	37
3.1.2 Dosificadores de cal.....	40
3.1.2.1 Tablas de aplicación.....	40
3.1.3 Coaguladores.....	43
3.1.4 Planchas tranquilizadoras.....	43
3.1.5 Pulsatores.....	44
3.1.6 Decantación.....	45
3.1.7 Extracción de lodos.....	46
3.1.7.1 Recuperación de agua de extracción de lodos.....	46
3.1.8 Filtración.....	47
3.1.8.1 Tiempo de lavado.....	47
3.1.8.2 Retención de sedimento.....	48
3.1.8.3 Lechos filtrantes.....	48
3.1.8.4 Fondo falso.....	48
3.1.8.5 Recuperación de agua de lavado de filtros.....	48
3.1.9 Laboratorio.....	49
3.1.10 Costos unitarios del proceso de tratamiento.....	49
3.1.10.1 Costos del proceso de tratamiento del mes de febrero de 1,996.....	50
3.1.10.2 Costos del proceso de tratamiento del mes de junio de 1,996.....	52
3.1.10.3 Costos de la rehabilitación.....	54
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>55</b>
4.1 MANUAL DE OPERACIÓN.....	55
4.1.1 Pulsator.....	55

4.1.1.1 Operaciones preliminares previas al arranque.....	55
4.1.1.2 Llenado con agua.....	56
4.1.1.3 Calibración del flujo de agua cruda.....	58
4.1.1.4 Cálculo de flujo.....	58
4.1.1.5 Ajustes básicos del equipo de control de pulsación.....	58
4.1.1.6 Distribución de concentración del lodo en el manto.....	59
4.1.1.7 Tiempo de formación del manto de lodo.....	59
4.1.1.8 Ajuste final de la razón de pulsación y altura de desagüe.....	62
4.1.1.9 Medición del tiempo de llenado a una altura de 30 centímetros.....	63
4.1.1.10 Órganos de pulsación.....	63
4.1.1.11 Bombas rotativas de vacío.....	63
4.1.1.12 Extracción de fangos.....	65
4.1.1.13 Vaciado.....	65
4.1.1.14 Calibración de los flujos de extracción de lodos.....	65
4.1.1.15 Cálculo de flujo de extracción por válvula.....	66
4.1.1.16 Ajuste de las extracciones.....	66
4.1.1.17 Hoja de reporte para después del arranque.....	67
4.1.1.18 Mediciones que deberán efectuarse.....	68
4.1.1.19 Examen de expansión del lodo.....	68
4.1.1.20 Revisión del porcentaje de lodo.....	69
4.1.2 Sistemas de dosificación.....	70
4.1.2.1 Tanque de preparación de solución de sulfato de aluminio.....	70
4.1.2.2 Rotámetro tipo área.....	74
4.1.2.3 Bombas dosificadoras de sulfato de aluminio.....	75
4.1.2.4 Inspecciones diarias.....	76
4.1.2.5 Agitador vertical.....	76
4.1.2.6 Tanque de preparación de solución decal.....	77
4.1.2.7 Alimentadores de cal.....	79
4.1.2.8 Bombas dosificadoras de cal.....	79
4.1.3 Sistema de filtración.....	80
4.1.3.1 Puesta en servicio de los filtros.....	80
4.1.3.2 Lavado de los filtros.....	83
4.1.3.3 Bombas horizontales para lavado de filtros.....	86
4.1.3.4 Regulación de las cajas de parcialización.....	87
4.1.3.5 Regulación de flujo por medio de sifón.....	87
4.1.3.6 Lavado automático de los filtros.....	88
4.1.3.7 Mantenimiento de los filtros.....	88
4.1.3.8 Bombas sumergibles.....	89

4.1.4 Sistema eléctrico.....	90
4.1.4.1 Generador eléctrico.....	90
4.1.4.2 Procedimiento operacional de los paneles de control automático y manual.....	91
4.1.4.3 Botoneras de alarmas.....	92
4.1.5 Sistemas de clorinación.....	92
4.1.5.1 Bombas de clorinación.....	92
4.1.5.2 Rotámetros tipo área para clorinación.....	94
4.1.6 Bomba del tanque elevado.....	96
4.1.6.1 Mantenimiento.....	96
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
APÉNDICE	
1. Tablas de valores anteriores y actuales.	
2. Especificaciones técnicas del equipo (Kardex).	
ANEXOS	

# INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un trabajo de tesis que abarque el tema de la "EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA LAS ILUSIONES", se debe al interés de establecer si los cambios efectuados en los componentes tales como: dosificadores de aluminio, dosificadores de cal, pulsadores, placas tranquilizantes y filtros, mejoraron la calidad del agua producida por la planta, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29001 (ver anexo); así como también, determinar si la producción de agua diaria, alcanza los índices establecidos en el diseño básico de la planta Las Ilusiones, la cual es de 25,000 metros cúbicos de agua diarios.

La Planta las Ilusiones suministra agua potable a las zonas 17 y 18 del área metropolitana de Guatemala, área duramente poblada. La planta estuvo sufriendo durante los últimos diez años, serios deterioros en sus instalaciones, así como en el equipo mecánico y eléctrico por el tiempo de operación y falta de mantenimiento preventivo y correctivo, ocasionando problemas en los distintos procesos de tratamiento, disminuyendo en gran porcentaje la calidad del agua, aunque sin dejar de ser potable; afectando la producción diaria, la cual era de un promedio diario de 17,000 metros cúbicos, ocasionando descontentos en la población servida, ya que muchas veces se les restringía el tiempo de servicio.

Por tal motivo, se pretende con el presente trabajo analizar el proceso de tratamiento posterior a la rehabilitación, para documentar la eficiencia alcanzada y cuya evaluación pueda ser consultada por: estudiantes, profesionales, así como futuros encargados de la planta de tratamiento, proporcionando con ello un instrumento de trabajo que permita conocer de una forma amplia los procesos de tratamiento mencionados.

También se pretende ampliar el trabajo de tesis del Ingeniero Oscar Giovanni Juárez Hernández "REHABILITACIÓN DE LA PLANTA LAS ILUSIONES PARA SU ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO", ya que la misma sirvió de base para rehabilitar la Planta de Tratamiento Las Ilusiones, de acuerdo a las normas iniciales de diseño, sin embargo la misma no incluye la evaluación de los distintos procesos de tratamiento después de rehabilitada dicha planta.



# G L O S A R I O

<b>Azolvarse:</b>	Cegarse las cañerías de agua o lodo.
<b>Cizallamiento:</b>	Corte de metal con tijeras. Corte de metal. Fuerza de corte.
<b>Copela:</b>	Crisol hecho con huesos calcinados.
<b>Crisol:</b>	Vaso de barro refractario, porcelana, hierro o platino que sirve para fundir o calcinar algunas substancias.
<b>Estanco:</b>	Que no deja rezumar o filtrar el agua.
<b>Estanqueidad:</b>	Condición de estanco.
<b>Flóculo:</b>	Agrupación de las partículas coloidales suspendidas en el agua y que son susceptibles de reunirse debido a un agente externo.
<b>Insuflación:</b>	Acción de insuflar.
<b>Insuflar:</b>	Introducir aire en las cavidades del cuerpo de los filtros, para desatascar los orificios de las boquillas.
<b>Intersticio:</b>	Pequeño intervalo entre las partes de un todo.
<b>Mortero:</b>	Conglomerado o masa constituida por arena y material cementante.
<b>Panel de control:</b>	Componente eléctrico, que en su interior están los diferentes controles para el funcionamiento de los motores y bombas.
<b>pH:</b>	Potencial hidrógeno. Coeficiente que caracteriza el grado de acidez de un medio.
<b>Poso:</b>	Sedimento de un líquido.
<b>Pulsación:</b>	Movimiento vibratorio observado en los fluidos elásticos. Acción y efecto de pulsar.
<b>Tolva:</b>	Caja abierta por abajo en la cual se echa el grano para que vaya cayendo poco a poco entre las ruedas del molino.
<b>Transformador:</b>	Aparato para cambiar una corriente eléctrica alterna en otra de la misma frecuencia pero de tensión diferente.



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL:

- Determinar si efectivamente la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE LAS ILUSIONES, con la rehabilitación efectuada, funciona en las condiciones para la cual fue diseñada, analizando los parámetros de calidad obtenidos y comparándolos con los requeridos para el consumo humano, así como también analizar la eficiencia de las diferentes etapas de proceso de tratamiento de agua, para proporcionar el abastecimiento esperado, con la calidad que exige las NORMAS COGUANOR NGO 29001, para garantizar la salubridad de la población.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluación de los distintos procesos de tratamiento, para la adecuada purificación del agua en la Planta de Tratamiento Las Ilusiones.
- Elaboración del manual de operación de la Planta de Tratamiento Las Ilusiones, para la adecuada operación de la misma, así como para la conservación y mantenimiento del equipo mecánico y eléctrico.
- Crear un inventario del equipo cambiado, con sus especificaciones técnicas que sirva para el control, operación y mantenimiento, así como base de datos para consulta.



# JUSTIFICACIÓN

La Planta de tratamiento de agua Las Ilusiones, sufrió deterioros físicos, mecánicos y eléctricos, debido al tiempo y a la falta de mantenimiento preventivo y correctivo. Asimismo en años anteriores había trabajado en situaciones precarias, debido al equipo en mal estado, entre el que puede mencionarse:

- a) **Dosificadores de Aluminio:** Estos equipos presentaban deficiencia en cuanto a la regularidad de aplicación de sulfato de aluminio se refiere, debido a la antigüedad de los mismos, provocando discontinuidad en el proceso de floculación, no permitiendo la adecuada sedimentación de los lodos, los cuales en su gran parte eran conducidos hasta los filtros.

El proceso utilizado era por el método granular, aplicado por gravedad a través de tolvas; actualmente se ha cambiado a un sistema de solución volumétrica, aplicada por bombeo.

- b) **Pulsatores:** Las bombas de vacío presentaban desajustes mecánicos por la antigüedad, provocando paros inesperados, así como atascamientos por los lodos. Las tuberías de aspiración conectadas a las bombas de vacío y a los decantadores, estaba completamente corroída, lo cual no permitía una succión adecuada del aire. Este equipo también fue cambiado.
- c) **Decantadores:** En 1993 aproximadamente el 80% de las placas tranquilizantes de flujo decantador fueron encontradas destruidas, por lo que fue necesario sustituirlas por placas fabricadas por personal de mantenimiento de la Planta Las Ilusiones, en las cuales se utilizaron materiales de construcción tales como: estructomalla y mortero de arena y cemento. Sin embargo actualmente en la rehabilitación, se encontró aproximadamente el mismo porcentaje de esas placas en mal estado.
- d) **Filtros:** Éstos trabajaban sin compuertas de entrada, causando problemas de contaminación en el momento de lavado a los filtros vecinos, provocando aumento de turbiedad en el tanque de distribución. Asimismo un 50% de las boquillas de los mismos, se encontraban completamente destruidas, lo que causó azolvamiento del fondo falso, lo que también provocaba contaminación.

Las bombas de lavado de filtros también fueron afectadas por la antigüedad y la falta de mantenimiento preventivo y correctivo.

Los cuatro filtros existentes fueron rehabilitados con:

boquillas, compuertas de entrada, válvulas parcializadoras, arena grafitada, etc.. También fueron cambiadas las bombas de lavado de filtros.

Por tal motivo, se hace necesario que a partir de este momento en que la planta está rehabilitada, se mantenga en esas condiciones y para tal efecto, debe realizarse una evaluación que permita comprobar que los cambios efectuados en la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA LAS ILUSIONES, proporcione la producción de agua para la cual fue diseñada inicialmente, así como también que la calidad de agua requerida para el consumo humano sea alcanzada y cumpla la Norma COGUANOR NGO 29001.

## ANTECEDENTES

En el año de 1967 en que se publicaron los documentos del denominado PROYECTO ATLÁNTICO que comprende a la estación de bombeo EL ATLÁNTICO Y PLANTA DE TRATAMIENTO LAS ILUSIONES se estableció que el proyecto estaría diseñado para una capacidad de 25,000 m<sup>3</sup>/día o sea unos 291 l/s.

Durante los primeros seis años de operación, la planta fue incrementando su producción desde un promedio de 10,907 m<sup>3</sup>/día en 1972, hasta un promedio de 15,725 m<sup>3</sup>/día durante 1977, con una producción máxima de 18,060 m<sup>3</sup>/día durante el mes de diciembre de 1977.

Entre los años 1980 a 1983 el caudal medio tratado en la planta fue de 15,380 m<sup>3</sup>/día en promedio, presentando un máximo de 18,190 m<sup>3</sup>/día durante 1983. En estos cuatro años la producción de la Planta Las Ilusiones representó el 7.49% del abastecimiento total de agua de la Ciudad de Guatemala.

En el año de 1984 la producción promedio fue de 20,124 m<sup>3</sup>/día y durante 1986 fue de 20,789 m<sup>3</sup>/día en promedio, presentando un valor máximo de 22,041 m<sup>3</sup>/día durante el mes de julio. En este año de 1986 la producción de la planta representó el 9.38% del abastecimiento de agua potable de la ciudad. De las anteriores cifras se deduce que el mayor caudal que ha llegado a tratar la planta ha sido del orden de los 255 l/s.

La diferencia entre los costos de producción de agua potable en la planta Las Ilusiones, con respecto a otras plantas de la Ciudad de Guatemala, es debido al costo de bombeo del agua, desde el sitio de captación hasta la planta.

La estación de bombeo Atlántico utiliza el 98.5% de la energía eléctrica consumida por el sistema ATLÁNTICO-LAS ILUSIONES, para poder elevar el agua a una altura de 447 metros.

Sin embargo, durante los últimos diez años la Planta de Tratamiento las Ilusiones, empezó a sufrir serios deterioros en sus instalaciones, así como en el equipo mecánico y eléctrico por el tiempo de operación, altas turbiedades en invierno y por falta de mantenimiento preventivo y correctivo, ocasionando problemas en los distintos procesos de tratamiento disminuyendo en gran porcentaje la calidad y producción de agua. Debido a ello, EMPAGUA se vió en la necesidad de hacer un estudio profundo de la situación de la Planta Las Ilusiones, para luego encontrar las vías de financiamiento internacional que pudieran dar solución al problema, siendo el Gobierno de Japón quien brindó la ayuda económica y el equipo mecánico y eléctrico, para la rehabilitación de dicha planta, para que funcione tal como fue diseñada. Dicha rehabilitación inició a mediados del año 1995 y finalizó en abril de 1996.



# CAPÍTULO I

## 1.1 GENERALIDADES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO ANTERIOR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA LAS ILUSIONES

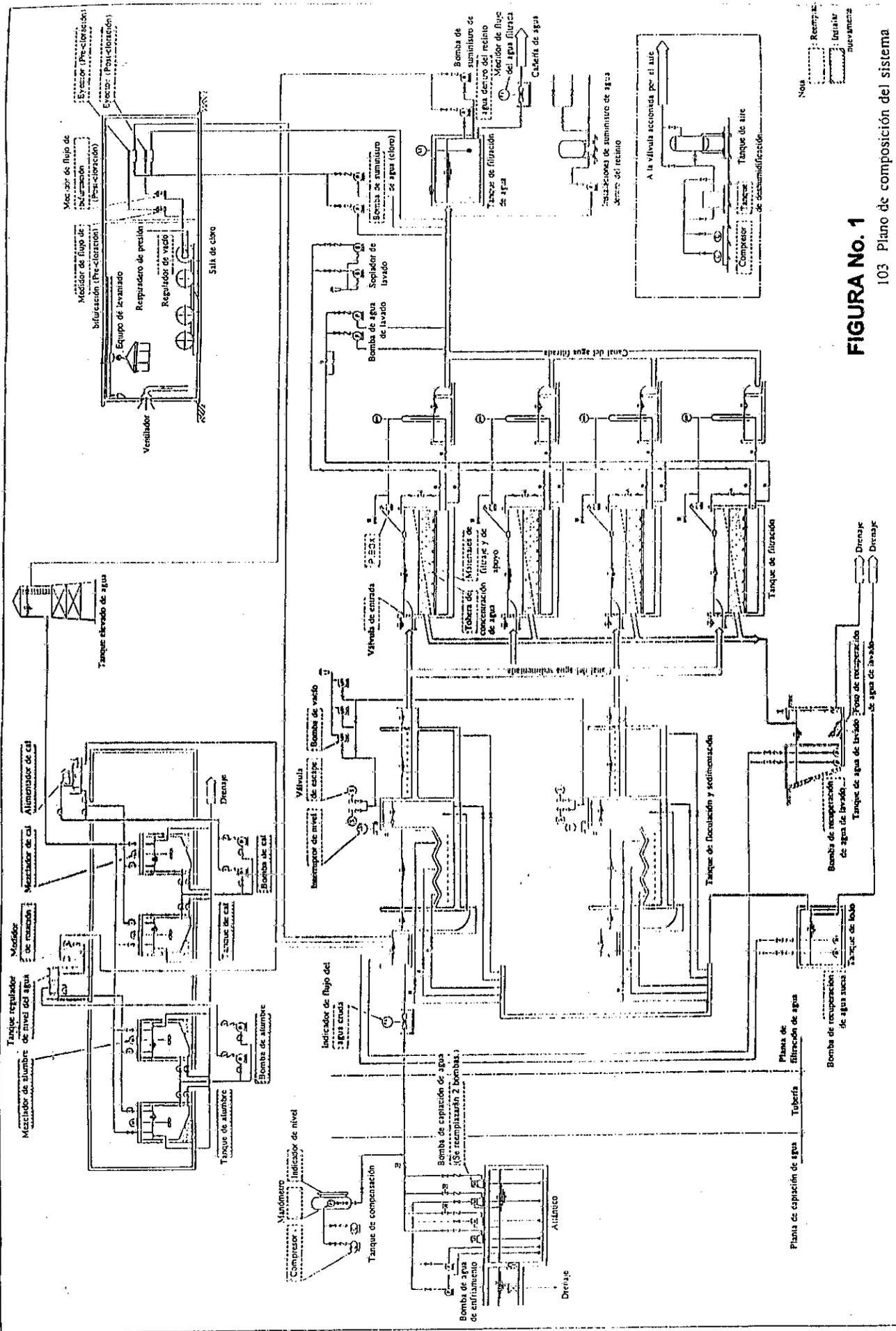
La planta Las Ilusiones fue construida en 1971 y se trata de una planta de tratamiento de tipo "standard" DEGREMONT \*, esta planta fue diseñada para producir 25,000 m<sup>3</sup>/día en tiempo de estiaje, con turbiedad estable no menor de 30 UNT y no mayor de 800 UNT. Para su funcionamiento utiliza la presa de bombeo denominada El Atlántico, situada a una altura de 1135 m.s.n.m., lugar en el que reúne el caudal de 3 ríos situados en el área nor-oriente de la ciudad de Guatemala (ver plano de ubicación en anexos): Teocinte, Los Ocotes y Bijague, de donde es conducida el agua cruda, por medio de una tubería de hierro fundido dúctil de diámetro uniforme de 500 milímetros; con una longitud de 6.1 kilómetros, hasta la Planta Las Ilusiones, situada a una altura de 1565 m.s.n.m, es decir, a 430 metros de altura.

Las instalaciones de la Planta Las Ilusiones cuentan con:  
(ver figura No. 1).

- a) Una llegada bruta con tranquilización: Es una obra de llegada y repartición del agua cruda entre los pulsadores, que comprende un vertedero regulable de mezcla rápida para cada decantador, pudiendo aislar cada vertedero mediante una trampa.
- b) Un edificio de químicos: Consta de cuatro dosificadores con solera giratoria, de los cuales dos son para sulfato de aluminio y dos para cal. Cada dosificador está proveído de un tanque de disolución con agitador y regulador de entrada de agua de disolución.
- c) Un conjunto de pulsador que comprende: Dos pulsador construidos con concreto, cuyas dimensiones para cada decantador son:  
ancho.....11.80 m.  
largo.....16.70 m.  
superficie total.....197.06 m<sup>2</sup>  
superficie del lecho de fangos.. 167.00 m<sup>2</sup>
- d) Una batería filtrante que consta de:  
Cuatro filtros de fabricación francesa marca Aquazur, con arena de talla efectiva de 0.9 - 1.0 milímetros. Su lavado se realiza con agua y aire; sus dimensiones son de 10.5 m. X 4.00 m. y una capacidad de filtración de 0.2 metros cúbicos por segundo.

---

\* DEGREMONT es el apellido de la familia que fundó la compañía con dicho nombre. Sus oficinas centrales se encuentran en Paris Francia, y cuenta con representaciones en los 5 continentes.



**FIGURA No. 1**

103 Plano de composición del sistema

Lavado de los filtros mediante el retorno de agua e inyección de aire. Lavado automático mediante combinación.

- e) Un puesto de agua a presión
- f) Un puesto de aire comprimido
- g) Una cabina eléctrica de mandos y de control.

### 1.1.1 DOSIFICADORES

Los dosificadores que fueron implementados en el diseño original, para el tratamiento adecuado del agua en la Planta las Ilusiones fueron:

- a) Dosificadores de aluminio
- b) Dosificadores de cal
- c) Dosificadores de sílico de fluoruro

#### a) Dosificadores de sulfato de aluminio

Para este proceso se contaba con 2 dosificadores en seco, provistos de tanque de dilución, con agitador, regulador de entrada de agua y tolva, con una capacidad máxima por aparato de 150 kg/hora, equivalente 144 mg/litro a caudal máximo, asimismo con una capacidad de tolva de 5 metros cúbicos, con caudal de agua necesario a la capacidad máxima del aparato, produciendo una dilución al 10% con 1.5 metros cúbicos/hora.

Este equipo fue deteriorado por la reacción del sulfato de aluminio durante los 20 años de servicio, afectando los motores de agitación y reguladores, provocando discontinuidad en el proceso de floculación, debido a las irregularidades con las que suministraban las cantidades de sulfato de aluminio en los tanques de dilución, necesarias para tratar la turbiedad del agua de entrada a la planta, no permitiendo la adecuada sedimentación de los lodos y por ende aumentando la turbidez en los distintos procesos de tratamiento.

#### b) Dosificadores de cal hidratada

Este equipo quedó fuera de servicio hace mucho tiempo debido al deterioro total de su mecanismo. La ausencia de este equipo vino a incrementar aún más la problemática del tratamiento del agua, ya que no existía la forma de poder controlar la acidez del agua, ni de ayudar al sulfato de aluminio en la coagulación.

#### c) Dosificadores de sílico fluoruro

Al igual que el dosificador de cal hidratada, este equipo quedó fuera de servicio por el deterioro total de su mecanismo. Dicho equipo fue instalado para que a través del agua de consumo humano, se pudiera suministrar protección dental a la población, en especial a los niños.

### 1.1.2 COAGULACIÓN

La coagulación tiene por objeto reunir en partículas voluminosas y pesadas, las materias coloidales muy finas contenidas en el agua, las cuales, sin este tratamiento, no podrían sedimentar y atravesarían los filtros.

El tratamiento consiste en introducir en el agua un producto capaz de producir un precipitado voluminoso muy absorbente, constituido generalmente por un hidrato metálico, en este caso, el sulfato de aluminio.

El PH del medio tiene suma importancia en la coagulación. El hidrato de aluminio coagula cuando el PH es inferior a 7.4 o superior a 8.5; pero, la eliminación de materias orgánicas se efectúan mejor en medio ácido, es decir, con un PH inferior a 7.0.

La cal en pequeñas dosis favorece generalmente la floculación, así como regulación del PH.

Por esto, es importante que los dosificadores se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento, situación que no podía mantenerse anteriormente, debido al equipo de dosificación de sulfato de aluminio en mal estado; ya que al variar la turbiedad del agua, aunque se ajustara la dosis de reactivos, la concentración de la dilución cambiaba porque la cantidad de agua no variaba, debido a los rotámetros de dicho equipo y a la inexistencia de los dosificadores de cal hidratada.

### 1.1.3 TRANQUILIZADORES

Las placas tranquilizadoras que cubren parcialmente las tuberías de repartición de agua cruda en los decantadores, regulan la velocidad de salida del agua de estos tubos, evitando que la turbulencia creada por las pulsaciones se propague hacia el lecho de fango y de este modo se destruya el mismo. Estas placas originalmente fueron construidas de asbesto-cemento, pero por el tiempo de servicio de las mismas se destruyeron en un 80%, por lo que fue necesario construirlas de nuevo con materiales de construcción tales como: hierro liso de 1/4" y mortero de arena y cemento. Sin embargo actualmente se volvieron a encontrar aproximadamente el mismo porcentaje de esas placas en mal estado. Al no existir placas tranquilizadoras, en esos puntos, se produce un efecto de chorro que modifica la concentración del lecho e incluso llega a romperlo y arrastrarlo hacia los filtros, o provoca la acumulación de fangos en los tanques decantadores, perdiendo su volumen y la eficiencia en la producción.

### 1.1.4 PULSATOR

El decantador está constituido por un depósito de fondo plano, provisto en su base de una serie de tubos perforados que permiten introducir el agua cruda uniformemente por toda la superficie del decantador.

En la parte superior de los tubos, se dispone de unas canaletas tranquilizadoras, las cuales evitan las irregularidades de velocidad en las diferentes partes del proceso.

La distribución del agua al fondo del decantador es un proceso intermitente. Este proceso consiste en almacenar cierto volumen de agua cruda, por un cierto período de tiempo para después descargarlo instantáneamente dentro de la unidad.

El agua cruda es introducida en una campana en cuyo interior se aspira el aire por medio de una bomba de vacío, que extrae una cantidad de aire sensiblemente igual al caudal medio de agua a tratar. Esta campana se encuentra naturalmente en comunicación con el colector inferior del decantador.

Dadas estas condiciones, el agua no entrará al decantador, sino hasta que el nivel ha alcanzado una altura aproximada de 0.70 metros por encima del nivel del agua en el decantador, momento en el cual mediante un relé eléctrico se abren unas válvulas neumáticas rompiendo el vacío existente en la campana.

La presión atmosférica actúa inmediatamente sobre el agua, previamente almacenada dentro de la campana, la cual forza el agua a entrar en el decantador a gran velocidad.

El colector general situado en la parte inferior del decantador es de gran sección, con objeto de reducir su pérdida de carga y los orificios de las ramificaciones están dispuestos de forma que sea absolutamente uniforme el reparto del agua sobre la superficie, durante cada vaciado de la campana.

El pulsator está compuesto por tres bombas de vacío, las cuales succionan 390 metros cúbicos/hora de aire cada una, a una depresión de 100 g/centímetro cuadrado, son del tipo a pistones rotativos, con un juego muy pequeño entre cada pistón. Estas bombas presentaban deficiencia de funcionamiento, en cuanto a su succión se refiere, ya que el tiempo de uso y la falta de mantenimiento provocó desgastes y desajustes mecánicos, ocasionando problemas en las pulsaciones. Asimismo, cuenta con dos tuberías de 80 mm. de diámetro, hacia los dos decantadores y dos tuberías de impulsión hacia la atmósfera de 100 mm. de diámetro con un silenciador cada una. Estas tuberías, se encontraron corroídas, lo que no permitía que las succiones llegaran a la cámara de vacío.

Las pulsaciones tienen tres características: altura de caída, tiempo de caída y frecuencia de las pulsaciones. Se deben ajustar estos tres parámetros para que el manto de fangos en los decantadores esté homogéneo, es decir que los porcentajes de fango en 10 minutos sean iguales, para muestras tomadas a diferentes alturas de dicho manto de fangos. Estas sincronizaciones se perdieron por el trabajo y el tiempo de uso del pulsator, creando problemas serios en el momento de cambiar las características físico-químicas del agua cruda.

### 1.1.5 DECANTACIÓN

Decantación también llamada sedimentación, tiene por objeto separar el agua clara de las partículas en suspensión que contiene. Dichas partículas se encuentran ya en el agua cruda o resultan de la acción de un reactivo químico agregado artificialmente.

Cuando las impurezas se separan de un fluido que las mantiene en suspensión sólo mediante la acción de las fuerzas naturales, por ejemplo, por la gravitación, y la agregación natural de las partículas asentadas, la operación recibe el nombre de sedimentación simple. Cuando se agregan productos químicos o de otra naturaleza para provocar o favorecer la agregación y asentamiento de la materia finamente dividida, sustancias coloidales y moléculas grandes, la operación se denomina coagulación.

Los tanques de sedimentación pueden ir precedidos de cámaras de reacción y floculación, pero en ocasiones se observa la rígida separación de las funciones de floculación y de sedimentación. En estos casos, el mismo tanque sirve para ambos propósitos.

En el caso de la Planta Las Ilusiones la sedimentación y la floculación se dan en el decantador, ya que la separación gravitatoria del agua clara y del flóculo previamente formado, se realiza gracias al manto de fangos que se forma dentro del decantador, el cual retiene los flóculos y permite que el agua llegue hasta las canaletas de recolección del agua decantada y sea trasladada a los filtros.

Por lo tanto, es imprescindible mantener un estricto control de las pulsaciones dentro del decantador así como de la frecuencia y duración de las extracciones de fango, ajustando ambos parámetros de acuerdo a las características del agua que se está tratando y de los resultados del proceso.

Esto ha sido imposible de cumplir con eficiencia, debido al mal funcionamiento del pulsator y a la destrucción casi total de las placas tranquilizadoras, lo que ha permitido que constantemente se destruya el manto de fangos, incrementando en este lugar la turbiedad y ocasionando colmatación más frecuente en los filtros y turbiedad fuera de norma en la salida de éstos.

### 1.1.6 EXTRACCIÓN DE FANGOS

Con relación a las extracciones de fango, cada decantador cuenta con tres tuberías de 125 milímetros de diámetro para dicho fin. Un extremo de cada tubo se encuentra muy cerca del fondo del concentrador correspondiente y el otro extremo descarga en el canal de recolección de lodos.

En el extremo que da al canal de drenaje, cada tubo cuenta con una válvula automática, normalmente cerrada y una válvula manual, normalmente abierta, la cual evita que se vacíe el decantador cuando no hay aire a presión o bien permite desmontar la válvula automática en caso requiera mantenimiento.

El dispositivo de las extracciones, permite realizar una extracción con una frecuencia entre 10 y 30 minutos, manteniendo abiertas las válvulas mediante una señal eléctrica desde 5 hasta 45 segundos. Las extracciones deben ajustarse constantemente, ya que idealmente los concentradores deben trabajar entre  $2/3$  y  $3/4$  de su altura ocupada por fango, es decir que el nivel de éste debe oscilar entre 40 centímetros y 55 centímetros abajo del nivel del vertedero del concentrador. Es obvio que a mayor altura del fango, mas concentrado estará el fondo, donde se hace la extracción.

Obviamente, dentro de la época lluviosa existen innumerables cambios en la concentración y el volumen de fangos. Cuando se trata agua con alta turbiedad, el volumen de fangos que se genera es muy elevado, si no se aumenta la frecuencia de las extracciones, los concentradores resultan insuficientes y son rebalsados por el fango, que finalmente cae al fondo del decantador, obstruyendo los agujeros de las tuberías de repartición de agua cruda en los sectores donde no existen placas tranquilizadoras, y donde las hay, se acumula el fango sobre ellas, produciendo su fractura. Regularmente en los últimos años, se ha tenido el problema de concentración de grandes volúmenes de fangos debido al mal funcionamiento de las tuberías y válvulas de extracciones, presentando problemas de regulación estas últimas, debido a la corrosión que muchas de ellas presentan. Asimismo la falta de placas tranquilizadoras, provocaron incrustaciones de lodos en las perforaciones de la tubería de repartición de agua cruda, así como atascamiento en las válvulas automáticas de extracción.

#### **1.1.6.1 Recuperación de agua de extracción de fangos**

Luego que las extracciones son ejecutadas, el agua con lodo es conducida a través de un canal de drenaje al tanque de recuperación de lodos, donde luego de dejarla sedimentar, el agua poco turbia de la superficie es enviada a través de bombas, hacia el vertedero de entrada de agua cruda para iniciar nuevamente el proceso.

Las bombas que ejecutaban el servicio de bombeo, presentaban deficiencias, debido al lodo y al tiempo de servicio, lo que ocasionaba rebalse en el tanque de recuperación de lodos, provocando grandes pérdidas de agua durante el proceso.

#### **1.1.7 FILTRACION**

La filtración tiene por objeto retener las partículas en suspensión en el agua, tanto las procedentes del agua cruda como

las originadas en una previa coagulación. Asimismo es la responsable en gran parte de la producción de agua de calidad, coincidente con los patrones de potabilidad.

El agua clara es transportada por las canaletas de agua decantada hacia un canal que distribuye el agua a los 4 filtros. El agua ingresa a los filtros a través de dos válvulas de batiente, las cuales incluyen un flotador que hace que la válvula se cierre cuando el nivel del agua sube en el filtro como en el caso de un lavado por ejemplo, además dirige el flujo hacia la superficie del agua dentro del filtro para no perturbar la parte superior de la arena en este punto.

Ya que las fuerzas que mantienen a las partículas removidas de la suspensión, adheridas a la superficie de los granos del medio filtrante son activas para distancias relativamente pequeñas, la filtración es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos, pero complementarios, transporte y adherencia. Las partículas son transportadas de la suspensión a la superficie de los granos del medio filtrante, permanecerán adheridas si resisten las fuerzas de cizallamiento debidas a las condiciones hidrodinámicas del escurrimiento.

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, afectado por los parámetros que gobiernan la transferencia de masas. La adherencia entre partículas y granos es básicamente un fenómeno de acción superficial, influenciado por parámetros físicos y químicos.

La retención de las materias sólidas contenidas en el agua acarrea la obstrucción progresiva de los intersticios que existen entre los elementos que constituyen la materia filtrante. A este fenómeno, se le da el nombre de atascamiento del filtro. A medida que se va produciendo dicha colmatación, incrementan las pérdidas de carga sufridas por la corriente de agua que atraviesa los filtros.

La velocidad del atascamiento depende:

- a) De la naturaleza de las aguas tratadas. Es un tanto mayor cuando son más turbias las aguas.
- b) Del caudal por unidad de superficie filtrante o velocidad de filtración. Aumenta con dicha velocidad.
- c) De la granulometría de la materia filtrante. El atascamiento es más rápido cuando es menor la granulometría.

Los cuatro filtros de la Planta Las Ilusiones son tipo AQUAZUR, con baja altura de agua sobre el lecho, equipados con falso fondo de concreto, en el cual se enroscan boquillas plásticas de 20 milímetros de diámetro, las cuales son de cola larga para su perfecta equirrepartición de aire y agua durante el lavado del filtro; asimismo su regulación es realizada por

medio de sifón y caja parcializadora (ver figura No. 1. En capítulo II ver figuras Nos. 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 23).

La regulación del filtro entonces, la realiza el sifón concéntrico y su caja de parcialización, con este conjunto, en el cual la caja es el órgano de detección y mando y el sifón el órgano regulador, se ajusta el nivel de agua dentro del filtro.

El sifón está constituido por dos tubos concéntricos, efectuándose la circulación del agua desde el tubo interior hacia el exterior. Su funcionamiento es idéntico al de un sifón ordinario, pero su estabilidad es mucho mejor.

Sin la introducción del aire de parcialización, el vacío en el cuello es igual a la pérdida de carga en el ramal de salida, es decir, la altura de caída entre el nivel de agua en el filtro y el plano de agua en el canal recolector de agua filtrada.

Por otra parte, la caja de parcialización es el órgano que regula el caudal de aire que se introduce en la parte superior del sifón. Puede idealizarse como una válvula suspendida en un resorte fijo en un punto.

El filtro se atasca poco a poco, su caudal decrece dando lugar a una disminución de la densidad de la mezcla aire-agua en el sifón, por tanto, del vacío del cuello del mismo, así como en el recinto de la caja de parcialización, el resorte actúa reduciendo la sección y el caudal de entrada de aire, la densidad de la mezcla aire-agua aumenta y el valor del vacío se hace superior al que tenía antes del atascamiento. Cuando el filtro está totalmente atascado, no penetra más aire, el filtro trabaja utilizando su máxima caída geométrica, si en ese momento no se lava, el caudal comenzará a disminuir.

Indiscutiblemente la deficiencia en los procesos anteriormente mencionados, afecta el funcionamiento de los filtros y afecta la calidad del agua.

La Planta de Tratamiento Las Ilusiones, presentó serios problemas en el proceso de filtración, debido a que los filtros trabajaban en situaciones fuera de lo normal, las que a continuación se mencionan:

- a) Las compuertas que comunican el canal general de agua decantada con los filtros se destruyeron por la corrosión causada por los químicos floculantes, creando contaminación a los filtros vecinos, en el proceso de lavado y provocando aumento de turbiedad en el tanque de distribución.
- b) La arena del lecho filtrante fue reemplazada antes de la rehabilitación, por otra que cumplía la granulometría requerida para el diseño del filtro, debiendo ser cambiada nuevamente en la rehabilitación, por requerimiento de la compañía constructora.

- c) Los filtros trabajaban sin el 50% del total de las boquillas, lo que provocó el azolvamiento del falso fondo, atascamiento del resto de las boquillas en el lavado. Esto mismo dio origen a una fuerza de presión debajo de las planchas de concreto, originada por el aire y el agua, ocasionando el levantamiento de dichas planchas de su base y por ende el undimiento del lecho filtrante.
- d) Las cajas de parcialización, también fueron destruidas por la corrosión provocada por los coagulantes.
- e) Las bombas de retrolavado presentaban daños en los impulsores debido al uso y a la corrosión de los coagulantes, por lo que constantemente era parado el proceso de lavado. Asimismo las bombas de los compresores de insuflación se atascaban constantemente de arena y lodo que los filtros dejaban pasar en el proceso de filtración.

#### 1.1.7.1 Recuperación de agua de lavado de filtros

Esta agua es conducida a través de un canal de drenaje al tanque de recuperación de lavado de filtros y de éste al vertedero de entrada de agua cruda, para iniciar nuevamente el proceso de tratamiento.

Cuando este tanque llegaba a su nivel máximo, el agua era rebalsada al tanque de recuperación de extracción de lodos, debido a que las bombas de este tanque no contaban con guardanivel, para que las accionara automáticamente. Dichas bombas presentaban problemas mecánicos debido a la antigüedad, lo que no les permitía tener la eficiencia de bombeo necesaria para cubrir la demanda del agua usada en el lavado de los filtros.

#### 1.1.8 CLORACIÓN

La mayor parte de las aguas, aun en el caso de que sean totalmente claras o hayan sido sometidas a un tratamiento previo, se encuentran generalmente contaminadas por microbios nocivos para el organismo humano.

La desinfección del agua es un proceso unitario de tratamiento que tiene como objetivo garantizar la potabilidad de la misma desde el punto de vista microbiológico, asegurando la eliminación de microorganismos patógenos. Este proceso es fundamental dentro de la tecnología del tratamiento del agua, debido a que es conocido el hecho de que los otros procesos de tratamiento, como la sedimentación y la filtración, no remueven el 100% de los microorganismos patógenos presentes en las aguas sujetas a tratamiento.

Por ser muy fácil de emplear y muy eficaz en dosis extremadamente pequeñas, se utiliza el cloro, en la mayoría de los casos para la esterilización del agua. Su acción microbiana en pequeñas dosis, se explica por la destrucción de la pared

celular (diastasas) indispensables para la vida de los gérmenes microbianos. Posee, además un elevado poder oxidante que favorece la eliminación de las materias orgánicas.

Las aguas de consumo pueden estar expuestas a contaminación, al ser distribuidas a la población, a causa de deterioro en los tanques de almacenamiento y redes de distribución, por lo que la desinfección también debe actuar como seguro contra estas situaciones posteriores al tratamiento. El cloro es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles.

Para que la desinfección sea más eficiente, se requiere que el afluente sea de la mejor calidad posible, es decir baja turbiedad y color cero, así como PH balanceado, de lo contrario se requerirán dosis más altas para obtener el valor de cloro residual exigido por las normas.

El cloro puede aplicarse también utilizando alguna de sus sales. Entre las más conocidas están el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio, cuya eficiencia bactericida es idéntica a la del cloro, produciendo reacciones similares en el agua.

El agua clorada ingresa al tanque de distribución, donde completa el tiempo de contacto. La planta de tratamiento Las Ilusiones cuenta además, con una sala donde se almacenan y se conectan al sistema de cloración los cilindros de cloro de 2,000 libras de contenido, utilizando una grúa viajera que permite movilizarlos con facilidad.

El proceso de cloración es el que mejor se ha venido realizando en la planta, se cuenta para el efecto con dos equipos de cloración, cada cual con su bomba y su rotámetro dosificador. El gran inconveniente que existió es que, debido a la baja eficiencia general de la planta, el agua que se desinfectaba aunque se encontrara dentro de las normas, su calidad reducía consecuentemente la eficiencia de la desinfección, traducida en un aumento del consumo de cloro.

Al equipo anteriormente mencionado, es necesario darle mantenimiento constantemente debido a la corrosión que provoca el cloro y muchas veces ha sido necesario su cambio por destrucción total del equipo. Cuando dicho equipo sale de servicio por defectos mecánicos es necesario aplicar hipoclorito de calcio, ya que siempre se ha tenido el cuidado de proteger a la población, aunque esto viene a incrementar el costo del metro cúbico de agua producido.

### 1.1.9 LABORATORIO

El laboratorio de la Planta de Tratamiento Las Ilusiones, juega un papel importante en el tratamiento que se le da al agua, ya que por medio de él se conocen las características físico-químicas iniciales, intermedias y finales de la misma y se obtienen los parámetros adecuados para la aplicación correcta de los químicos utilizados en el proceso de tratamiento. Sin embargo, dicho laboratorio fue perdiendo su equipo, debido al deterioro del mismo, sin que éste fuera sustituido nuevamente, a tal extremo de poder determinar únicamente, la turbiedad de entrada y salida, así como el cloro residual; lo demás era imposible realizar debido a que no se contaba con el equipo para ello.

Al realizar las pruebas de jarras muchas veces era imposible que coincidiera con la aplicación real del sulfato de aluminio, debido a los procedimientos utilizados en las pruebas, asimismo por no contar con el resto de equipo que pudiera proporcionar: pH, color, alcalinidad, temperatura, conductividad, salinidad y sólidos totales en suspensión, ocasionó gastos innecesarios de sulfato de aluminio, ya que la aplicación de este químico era estimado muchas veces.

## CAPÍTULO II

### 2.1 CAMBIOS EFECTUADOS (ver figura No. 3)

#### 2.1.1 DOSIFICADORES DE ALUMINIO

Los dosificadores de aluminio fueron sustituidos por un sistema volumétrico de inyección de solución, por medio de bombeo, para lo cual se construyó un tanque de concreto con cuatro compartimientos, dos de ellos para solución de sulfato de aluminio y dos para soluciones de agua de cal. Cada compartimiento tiene una capacidad efectiva de 7.71 metros cúbicos de solución (ver figura No. 4). Las dimensiones de cada compartimiento son las siguientes:

Altura:	2.38 metros
Ancho:	1.80 metros
Largo:	1.80 metros

El sistema de medición de la solución a aplicar, fue sustituida de un sistema de peso (Onzas por minuto), a un sistema volumétrico, por medio de rotámetro (litros/minuto), el cual mide la cantidad de solución aplicada al agua cruda.

Nota: ver su operación en capítulo IV Manual de Operación

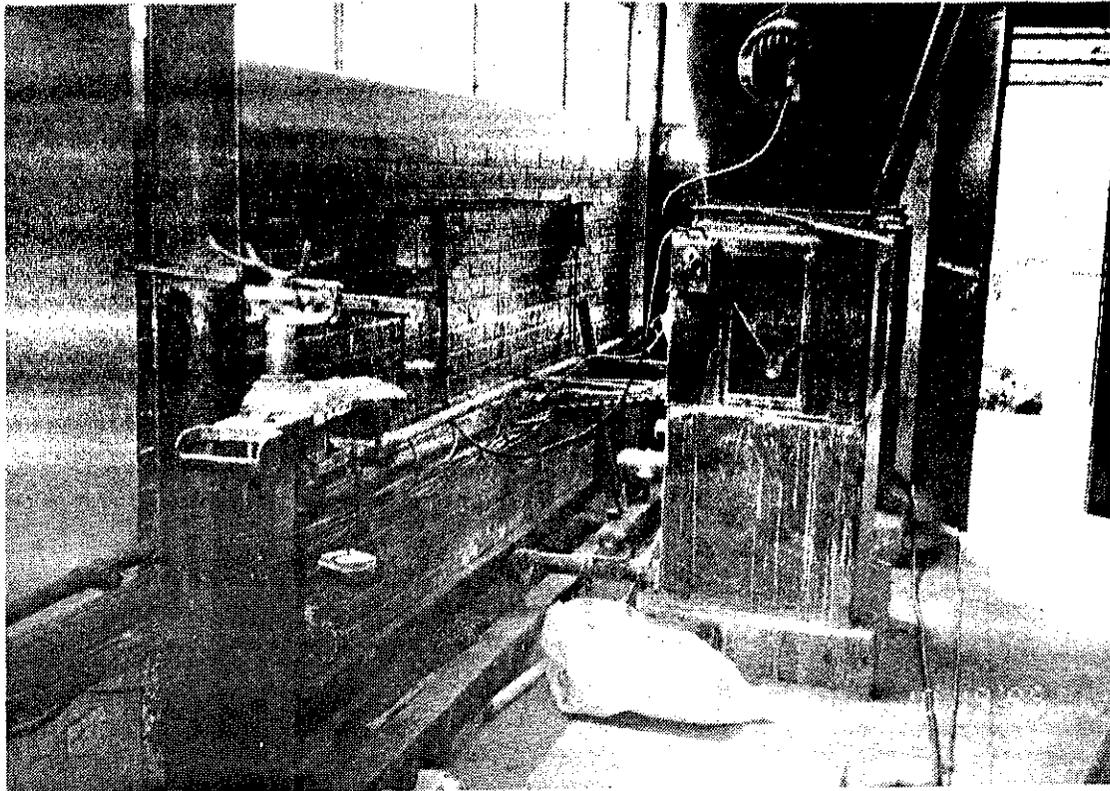
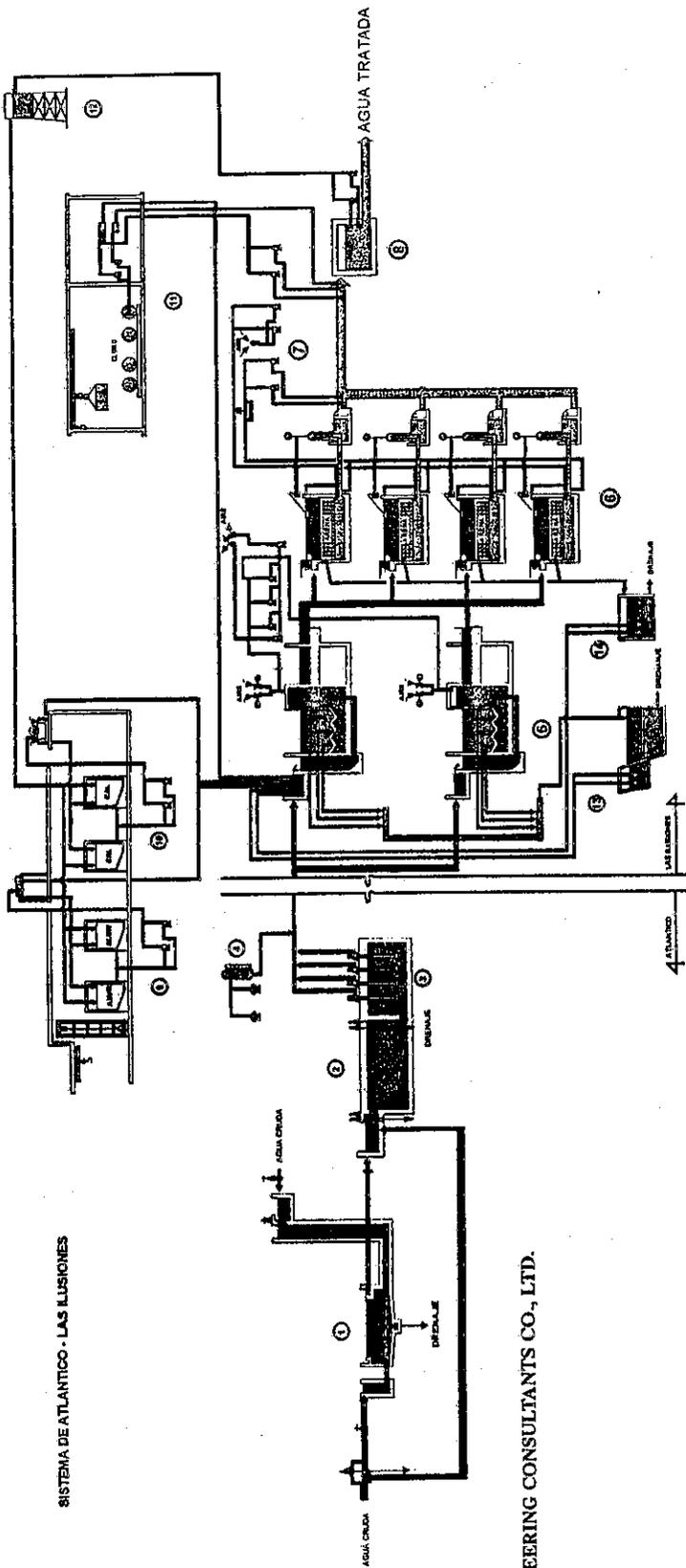


FIGURA No. 2  
DOSIFICADORES DE ALUMINIO ANTIGUOS

# PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA



SISTEMA DE ATLANTICO - LAS ILUSIONES

Beneficiario:



**EMPAGUA**

Diseño:



**KYOWA ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.**

Ejecución:



**Hitachi Plant**

1. Desarenador nuevo... instalación nueva. Tiene la función de eliminar arena y sólidos gruesos del agua cruda.
2. Desarenador existente... parcialmente rehabilitado. Funciona para eliminar arena fina.
3. Bomba de toma de agua... 2 bombas nuevas instaladas. Tiene la función de bombear agua de la planta El Atlántico hasta la planta Las Ilusiones.
4. Sistema contragolpe de ariete (campana de aire)... cambiaron compresores y otro de rehabilitación. Esta instalación tiene función de reducir contra-presión para proteger las bombas de toma de agua.
5. Sistema de coagulación y sedimentación... cambiaron bomba de vacío por nuevos y otra que cubre esta planta.
6. Filtro de agua... sustituyeron arena; toberas, etc., por nuevos y otros en reparación. Este sistema purifica el agua al pasar en la arena con el propósito de quitar el fango minúsculo en el agua.
7. Instalación de retrolavado... reparación de bomba de retrolavado y otros. Lavado con el agua y aire para separar el fango que contiene la arena en el filtro, con el propósito de recuperar la capacidad de filtración.
8. Tanque de distribución... reparación de bomba distribuidora para el consumo de la planta y otros. El depósito de aguas tratadas por cloro para distribuir a las zonas que cubre esta planta.

9. Instalación de tanque dosificación de químicos. (Alum)... instalación nueva. El aluminio floccula el fango que contiene el agua subiendo el peso específico aparente que los sedimenta. El tanque de dosificación de químicos distribuye una solución estable al tanque de sedimentación.
10. Instalación de tanque de distribución químico. (Cal)... instalación nueva. La cal ayuda a funcionar más eficiente Alum. y para usar menos volumen de Alum. también sirve para mejorar la calidad del agua tratada. Esta instalación distribuye volumen constante de cal al tanque de sedimentación.
11. Instalación de sistema de cloro... instalación nueva. Al dosificar el cloro se mueren microbios que puedan perjudicar al cuerpo humano, los cuales están en el agua. Esta instalación dosifica cloro con un volumen constante.

12. Tanque elevador... rehabilitación de medidor de nivel y otro. Este tanque distribuye el agua que necesita dentro de la planta así como para diluir el químico.
13. Instalación de recuperación de el fango... rehabilitación de las bombas de recuperación de fango y de otra parte. El fango que sale del tanque sedimentador se junta a esta instalación. Aquí separa (fango) sólido y líquido, y recupera la parte clara del agua.
14. Instalación del sistema de recuperación de retrolavado... rehabilitación de bomba de recuperación retrolavado y otra parte. Se juntan aguas residuales por retrolavado de los filtros y separa sólido y líquido con el propósito de recuperar la parte clara del agua como recursos valiosos.



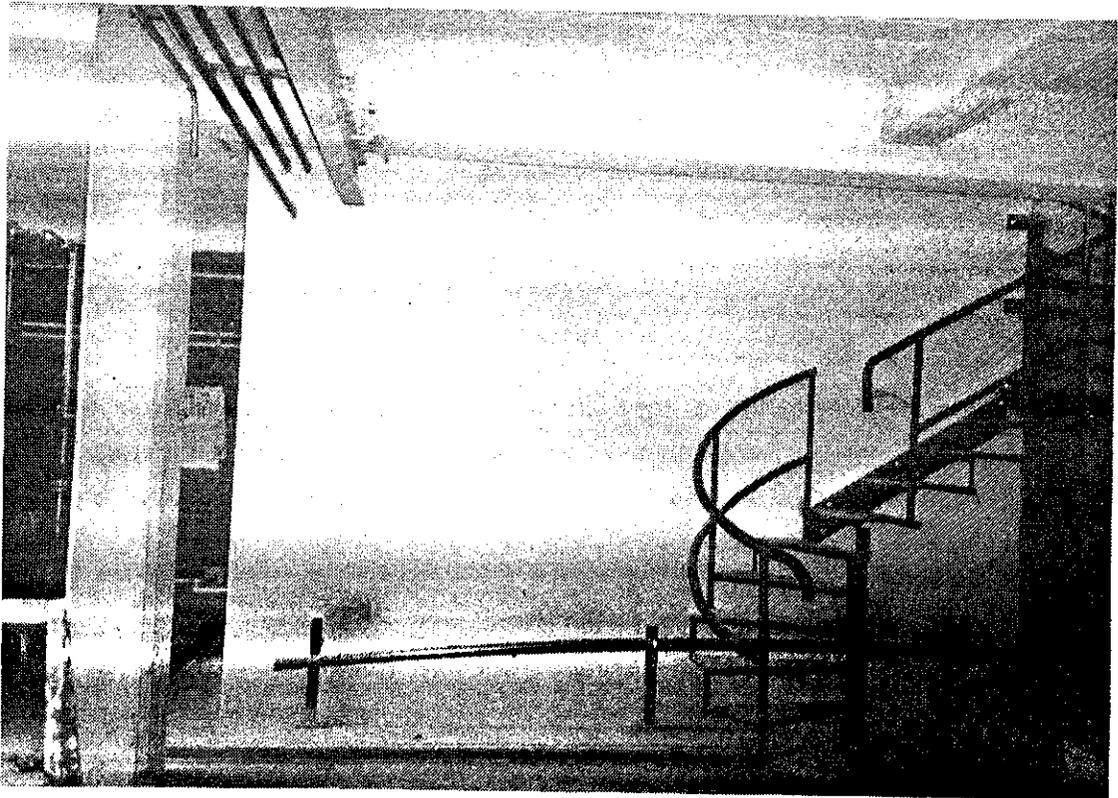


FIGURA No. 4  
TANQUE DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO Y CAL

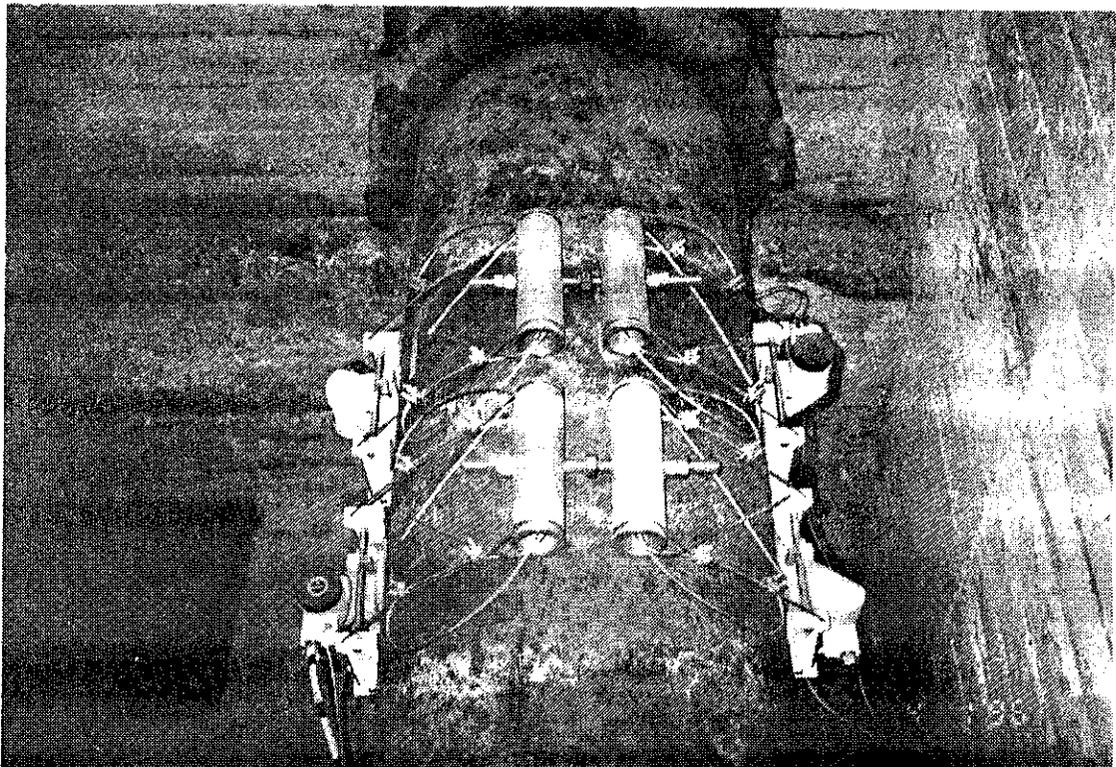


FIGURA No. 5  
MEDIDOR DE FLUJO ELECTRÓNICO

### 2.1.1.1 Motores de los dosificadores de aluminio (ver figura No. 6)

Son de tipo horizontal, con una capacidad de 80 litros/minuto, de los cuales se instalaron uno en cada tanque de solución, con sus respectivas bombas de impulsión, así como sus respectivos agitadores (ver especificaciones técnicas en apéndice dos).

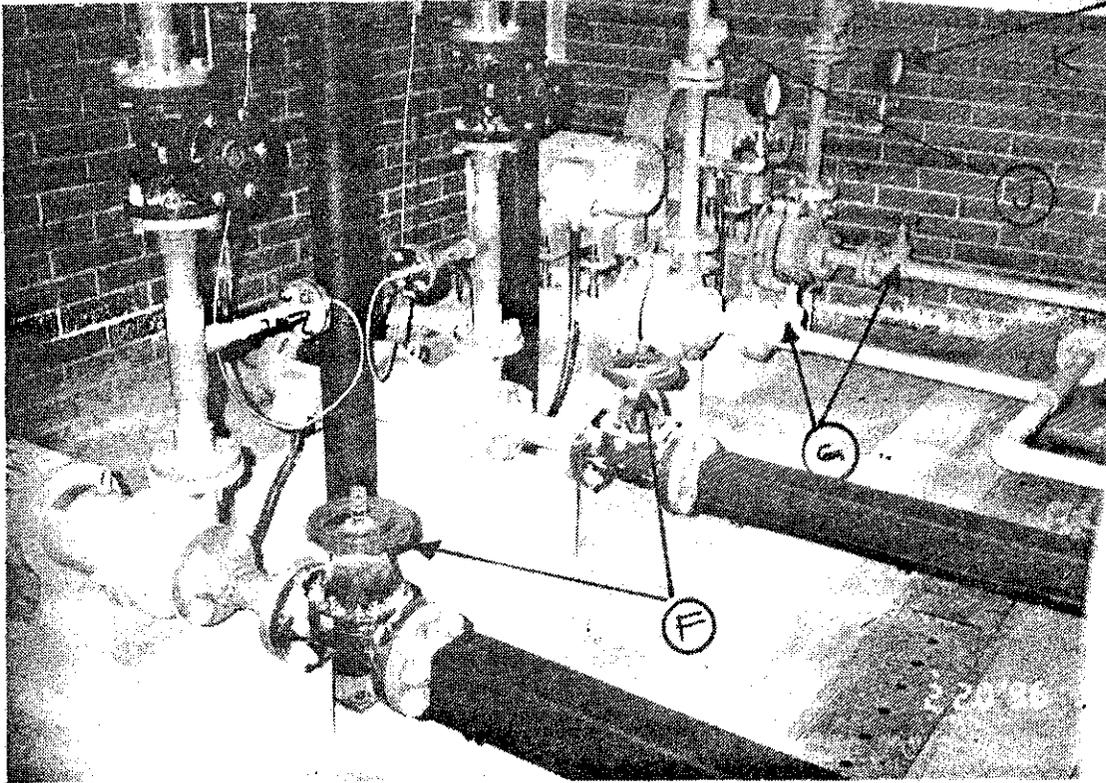


FIGURA No. 6  
MOTORES Y BOMBAS DOSIFICADORES DE SULFATO DE ALUMINIO

### 2.1.1.2 Paneles de control de motores dosificadores de aluminio

Por medio de estos paneles de control se opera el arranque y apagado de los motores dosificadores, así como también los agitadores cuentan con un sistema de seguridad, que protege al equipo electromecánico en caso de sobrecargas, indicando con una señal el tipo de falla que se ha provocado en el sistema. Esta alarma puede sonar también, por bajo nivel de solución en el tanque; generalmente, cuando en el tanque se tenga un nivel de 0.75 metros de solución.

El panel está conectado al panel central en el cuarto eléctrico y al panel de vigilancia, ubicado en la oficina de los operadores; en este último sonará la alarma permitiendo que el operador tome las medidas inmediatas. (ver especificaciones técnicas en apéndice No. dos y operación en manual de operación, capítulo IV).

AGITADOR DE SOLUCION DE SULFATO DE ALUMINIO Y CAL

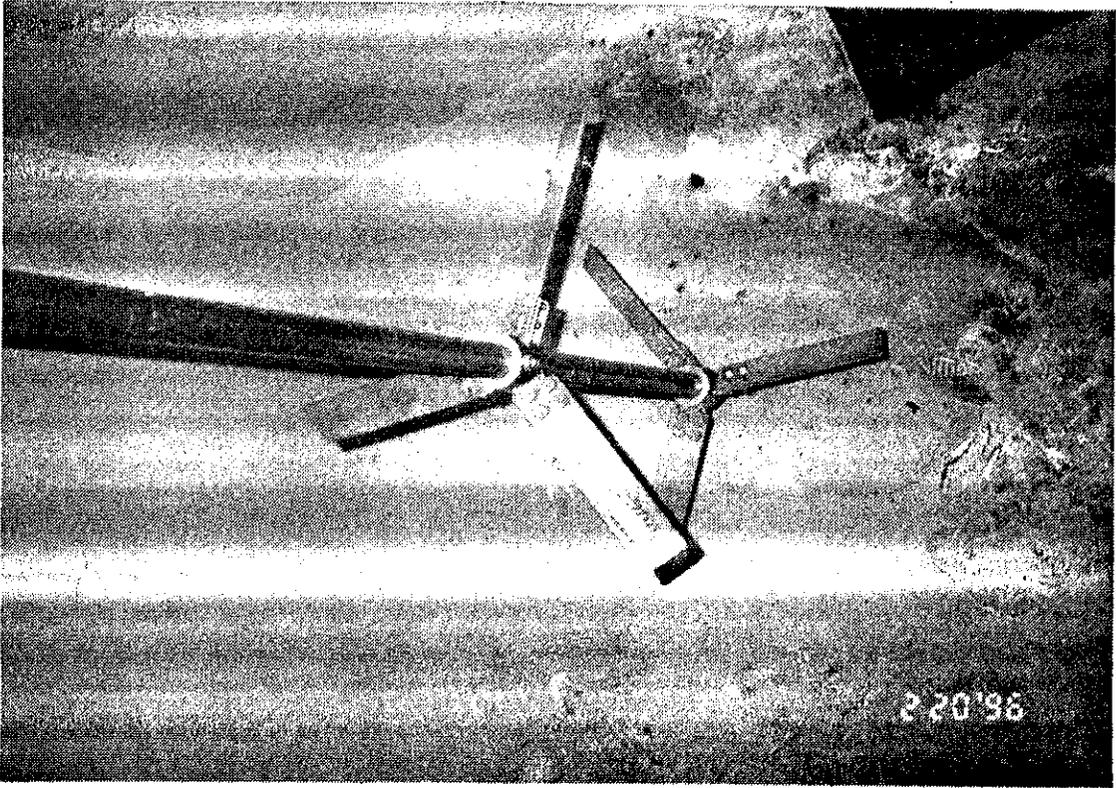


FIGURA No. 7

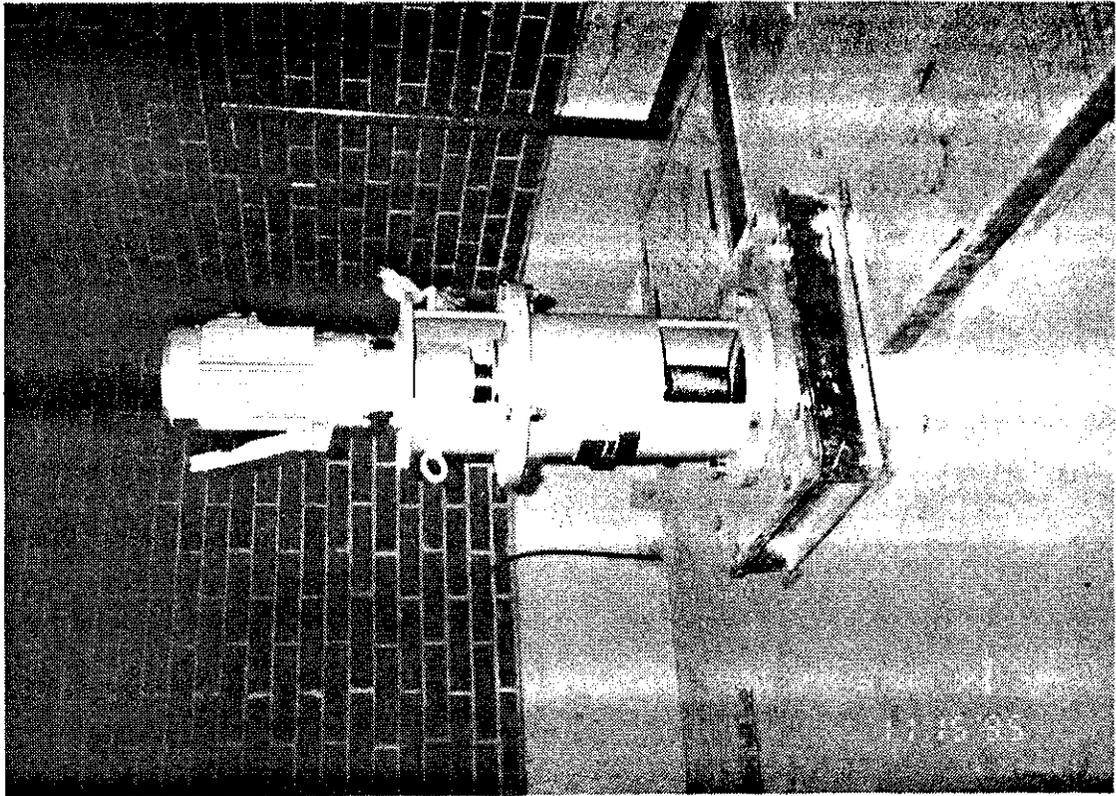


FIGURA No. 8

## 2.1.2 COAGULADORES

Tienen por objeto transformar en partículas voluminosas y pesadas, las materias coloidales muy finas contenidas en el agua, con el fin de favorecer la sedimentación.

La aplicación de los coaguladores, consiste en introducir en el agua un producto capaz de producir un precipitado voluminoso muy absorbente, constituido generalmente por un hidrato metálico.

La elección del producto coagulante y la dosis a emplear depende de la naturaleza del agua a tratar y solo puede determinarse mediante ensayos de laboratorio.

Además, se debe tomar en cuenta la influencia del coagulante en el medio en que actúa. Por ser sales de ácidos fuertes, la mayor parte de las sales metálicas utilizadas en la coagulación de las aguas producen una acidificación del agua. Por ello, es necesario efectuar una neutralización simultánea para evitar que el agua adquiera un poder agresivo.

En la Planta Las Ilusiones, se ha venido utilizando el sulfato de aluminio como coagulante, el cual coagula adecuadamente cuando el pH es inferior a 7.4 o superior a 8.5, pero la eliminación de materia orgánica se efectúa mejor en medio ácido, es decir, con un pH inferior a 7.0.

La cal está siendo usada nuevamente simultáneamente con el sulfato de aluminio en la entrada del agua cruda, actuando como neutralizador (regulador del pH).

Anterior a la rehabilitación, la cal era aplicada en la salida del agua filtrada y actuaba únicamente como neutralizador.

### 2.1.3 TRANQUILIZADORES

Los tranquilizantes originales, estaban contruidos de asbesto-cemento y el 80% de la totalidad de los mismos se destruyeron. Posteriormente, en el año de 1993 fueron sustituidos por otros fabricados por personal de mantenimiento de la Planta Las Ilusiones, con extructomalla y mortero de arena y cemento, sin embargo, en la rehabilitación se encontró el mismo porcentaje de los tranquilizadores destruidos.

Dichos tranquilizadores, no fueron incluidos dentro del estudio de la rehabilitación, por lo que es necesario que con recursos de EMPAGUA, se haga el requerimiento inmediato, para no entorpecer el proceso de tratamiento.



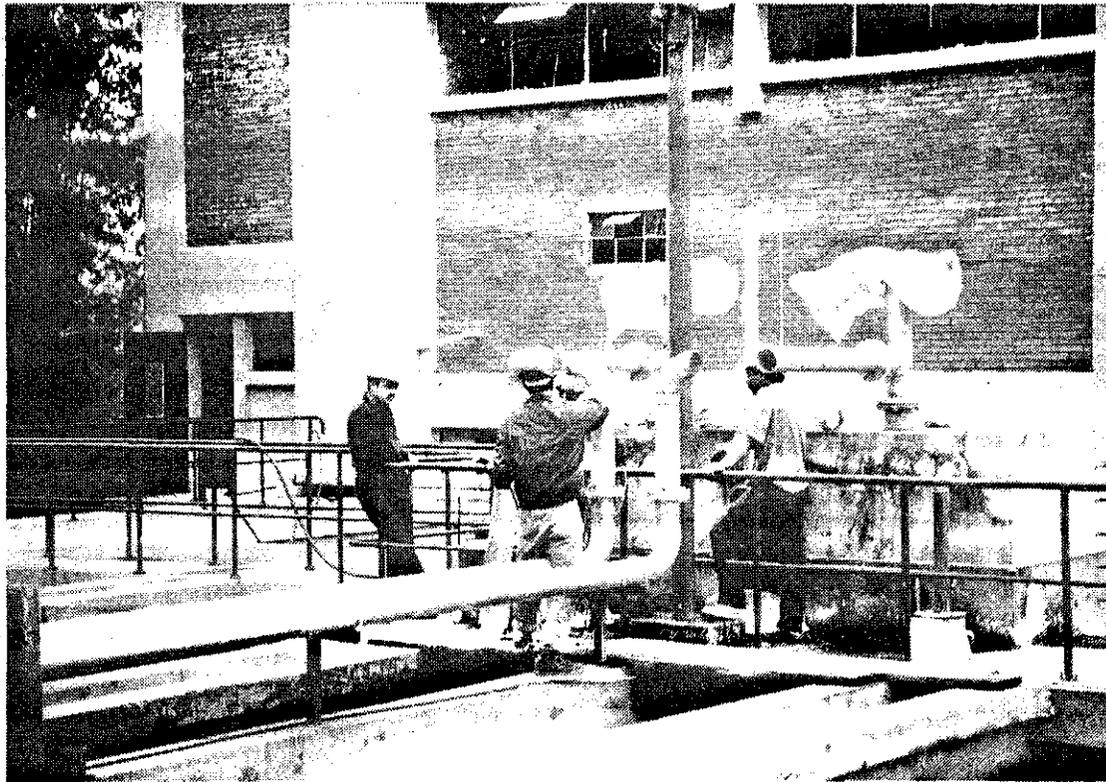
FIGURA No. 9  
TRANQUILIZADORES DESTRUIDOS

### 2.1.4 PULSADORES

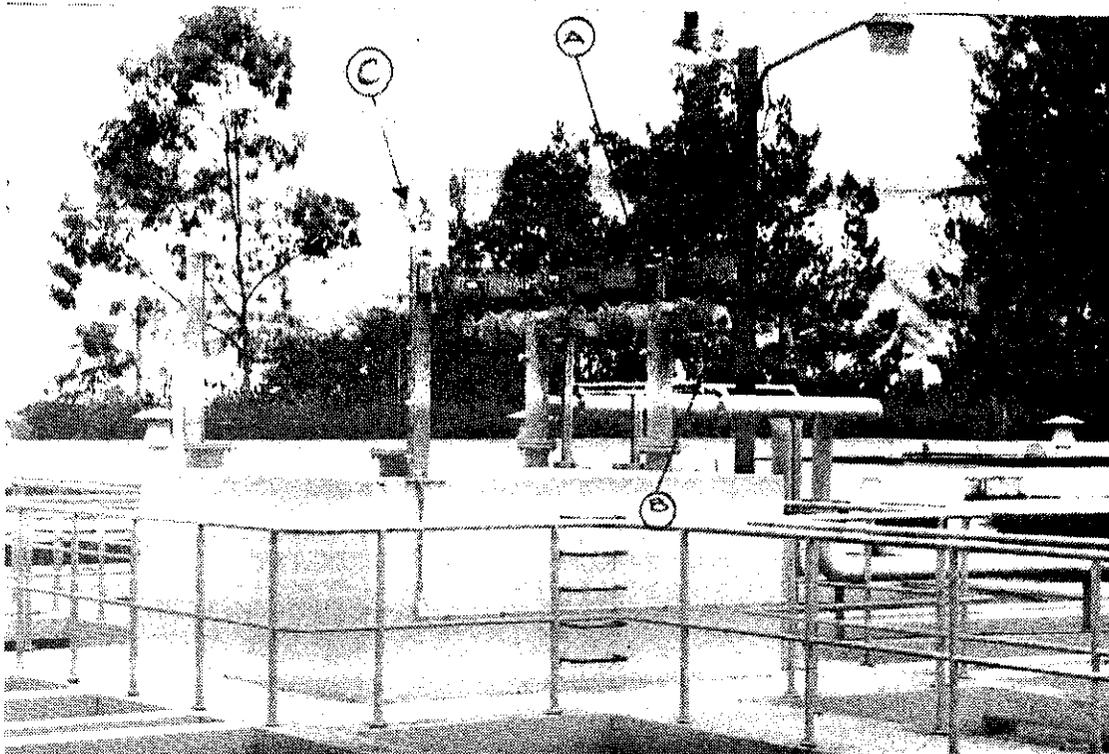
Los pulsadores, así como las tuberías de aspiración conectadas a las bombas de vacío, fueron sustituidos debido al deterioro de los mismos.

El equipo nuevo instalado tiene las mismas propiedades mecánicas de funcionamiento del anterior. ( Ver su operación en el manual de operación capítulo IV, y las especificaciones técnicas en apéndice No. dos)

El recubrimiento de las paredes de la campana de vacío, se sustituyeron por un cernido de arena cemento.



**FIGURA No. 10**  
**REPARACIÓN DEL PULSATOR**



**FIGURA No. 11**  
**PULSATOR RECONSTRUIDO**

### 2.1.5 BOMBAS DE VACÍO (ver figura No. 12)

Estas bombas con sus motores, accionan el pulsator, para que éste tome la función de mezclador de agua cruda con la solución de sulfato de aluminio y cal. Dentro de la campana de aire, se crea un vacío, el cual hace que el nivel del agua dentro de la misma sobrepase el nivel de los decantadores, para que después baje bruscamente y empujar el agua cruda entrante, hasta el fondo del decantador y sea distribuida uniformemente por medio de tubos perforados en su superficie.

Las bombas y motores de vacío originales eran tres, cada una estaba diseñada para succionar 390 M3/hr. de aire a una presión de 100 g/cm<sup>2</sup>., tipo pistón rotativo, de fabricación francesa. Estos fueron cambiados por otros equivalentes de fabricación japonesa. (Ver especificaciones técnicas en apéndice No. dos y su operación en el capítulo IV manual de operación)

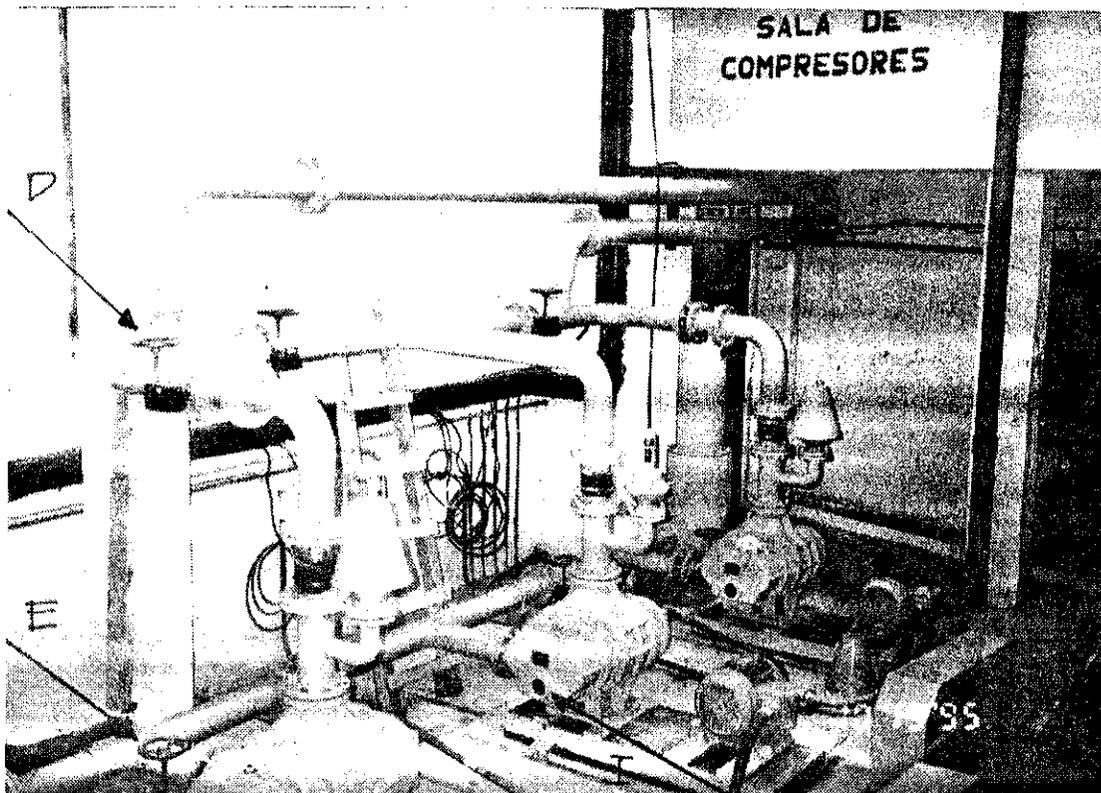


FIGURA No. 12  
BOMBAS DE VACÍO NUEVAS

### 2.1.6 DECANTACIÓN

La decantación tiene por objeto separar el agua clara de las partículas en suspensión, a través de la reacción del sulfato de aluminio; para que por medio de esta reacción se obtenga una coagulación adecuada, es decir, la formación de un flóculo grande y pesado, que sedimente fácilmente.

Como en el nuevo proceso se está aplicando solución de cal

en la entrada de agua cruda, la misma trabaja como neutralizador y ayuda al sulfato de aluminio, a formar flóculo pesado y grande.

El recubrimiento de las paredes de los decantadores, presentaban agrietamientos, y en algunas partes, carecía de él, por lo que fue necesario recubrir nuevamente con arena y cemento.

#### 2.1.7 BOMBAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS

El agua que extraen las válvulas neumáticas extractoras de lodo de los dos decantadores, es almacenada en el tanque de recuperación de lodos. Desde este lugar es enviada nuevamente a los vertederos de entrada de agua cruda, por medio de estas dos bombas para tratarla nuevamente.

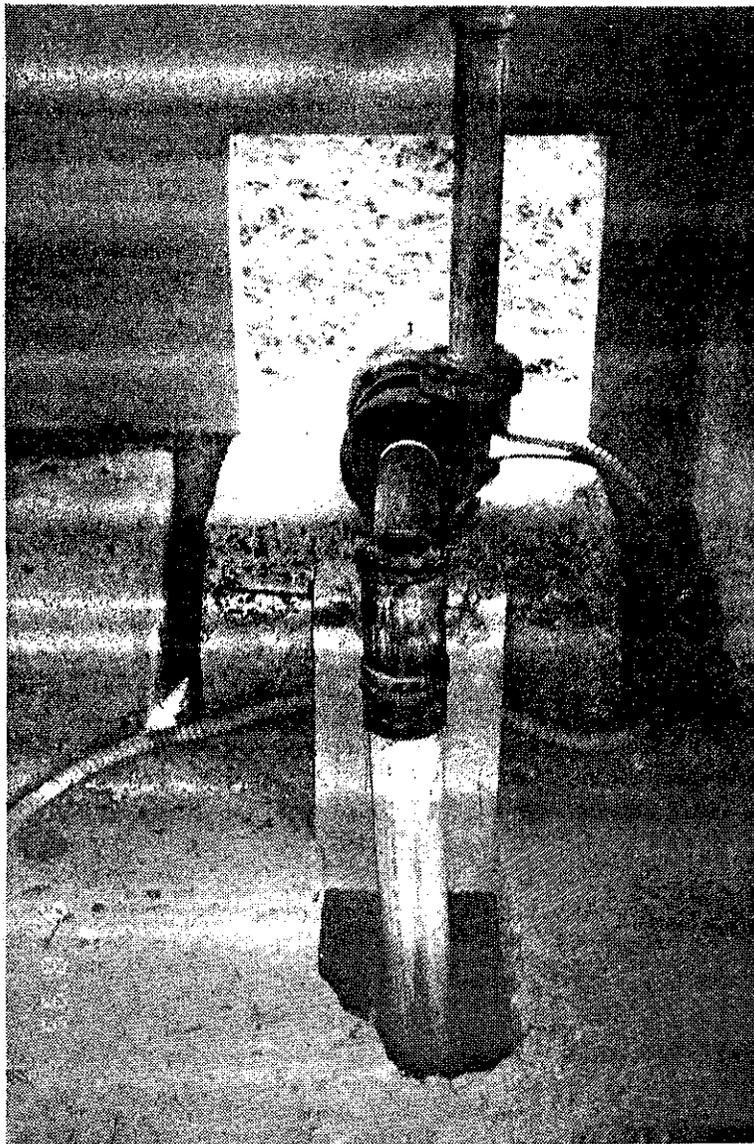
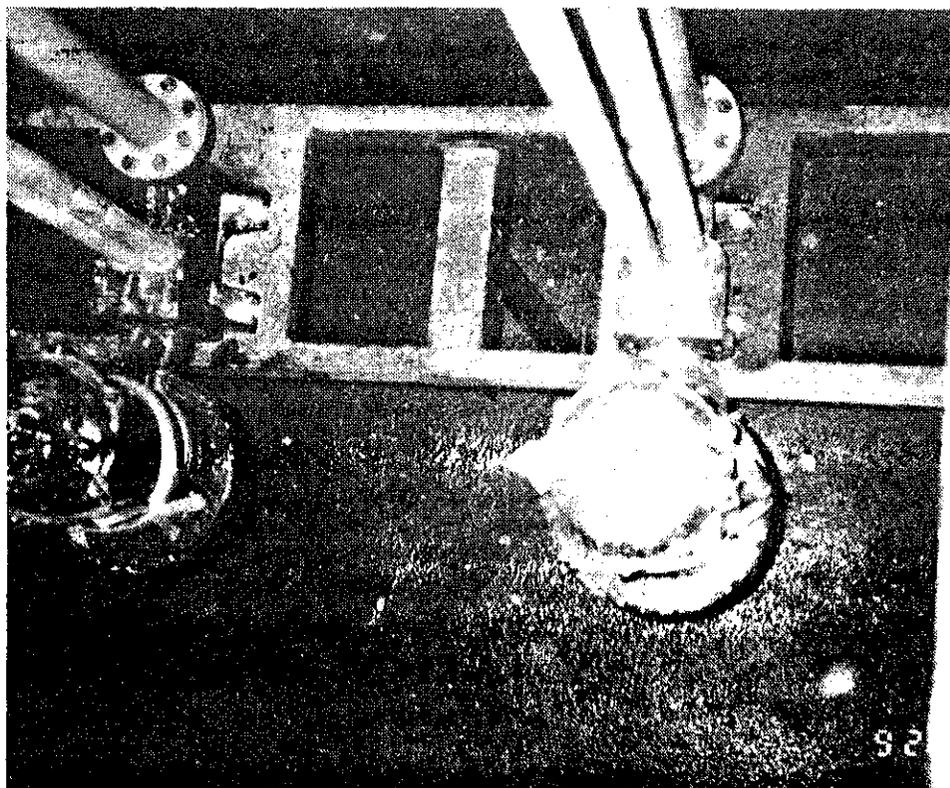


FIGURA No. 13  
BOMBA ANTIGUA DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS

Las dos bombas y motores originales de fabricación americana, fueron sustituidas por presentar deficiencia en el bombeo, por dos bombas y motores sumergibles equivalentes, de fabricación Japonesa, especiales para aguas agresivas.



**FIGURA No. 14**  
**BOMBAS NUEVAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS**

Las dos bombas operan alternadamente, para evitar el sobretrabajo de las mismas. También cuentan con un guardanivel cada una, para protegerlas de trabajo en seco (ver operación en el manual de operación capítulo IV y especificaciones técnicas en apéndice No. dos)

#### **2.1.7.1 Arrancadores de bombas de recuperación de agua de extracción de lodos**

Los arrancadores originales eran de tipo switch (flipón) y fueron cambiados por un panel remoto electrónico, en el cual se puede seleccionar la bomba que se desee operar, así como también, si se desea operar en automático o manual. El panel cuenta también con una protección para el equipo de bombeo contra cualquier falla eléctrica (sobrecargas en la línea), indicando la causa de falla en el frente del panel, por medio de una lámpara de indicación. Asimismo cuenta con un guardanivel, que protege el equipo en casos de bajo nivel.

**NOTA:** Ver especificaciones técnicas del equipo de bombeo en apéndice No. dos y la operación de los filtros y del equipo de bombeo en el capítulo IV manual de operación.

### 2.1.8 FILTROS ( ver figuras Nos. 15, 16, 16, 18, 19, 20 y 23).

La filtración en la planta es realizada por medio de cuatro filtros rápidos de gravedad, del tipo AQUAZUR, cuyas dimensiones son 10.5 metros por 4.0 metros, es decir, 42 metros cuadrados por filtro y la capacidad de filtración teórica, de cada filtro es, de 336 m<sup>3</sup>/hr.

Cada filtro cuenta con un fondo falso, constituido por 44 planchas de concreto, provistas de 49 boquillas plásticas de cola larga.

Sobre el fondo falso, se encuentra una capa de grava de 4 cm. de altura, con una talla efectiva de 4 a 5 mm., la cual sirve de capa soporte del material filtrante, constituido por una capa homogénea de arena de 80 cm. de altura, que cuenta con una talla efectiva nominal de 0.95 mm. En total se requieren de 6.72 metros cúbicos de grava y 135 de arena para toda la batería filtrante.

La altura de agua sobre la arena es de 0.50 metros y la pérdida de carga disponible o máxima es de 2.0 metros, que corresponde a la diferencia de nivel entre la superficie del agua dentro del filtro y la de la superficie del agua dentro del cisterna bajo los sifones concéntricos, utilizados conjuntamente con las válvulas de parcialización para regular el funcionamiento del filtro.

La entrada de agua decantada a los filtros se efectúa por medio de dos válvulas de batiente de 250 mm. \* 600 mm. cada una.

El batiente incluye un flotador que cierra la válvula cuando el nivel del agua sube en el filtro.

Dentro de los cambios efectuados en los filtros se tiene:

- a) **Boquillas Plásticas de cola larga:** El total que necesita cada filtro es de 2156 boquillas plásticas de cola larga, de 20 mm de diámetro; es decir que los cuatro filtros necesitan 8624 boquillas. De las 8624 boquillas se colocaron 4500 boquillas nuevas en los cuatro filtros, de las mismas especificaciones técnicas y de fabricación francesa. El resto se encontró en buenas condiciones, únicamente se les hizo limpieza.
- b) **Fondo falso:** Se encontraron levantadas ocho planchas de concreto por la falla de los pernos que las sujetan, por lo cual el piso se encontraba azolvado por la arena. Se levantó el resto de las planchas, para reparación del fondo falso, cambio de los pernos que las sujetan y limpieza del piso contaminado por la arena.
- c) **Grava y arena:** Se cambiaron 6.72 metros cúbicos de grava con talla efectiva de 4.5 mm y 135 metros cúbicos de arena,

con talla efectiva de 0.95 mm.

d) Válvulas de batiente: Se cambiaron 8 válvulas originales.

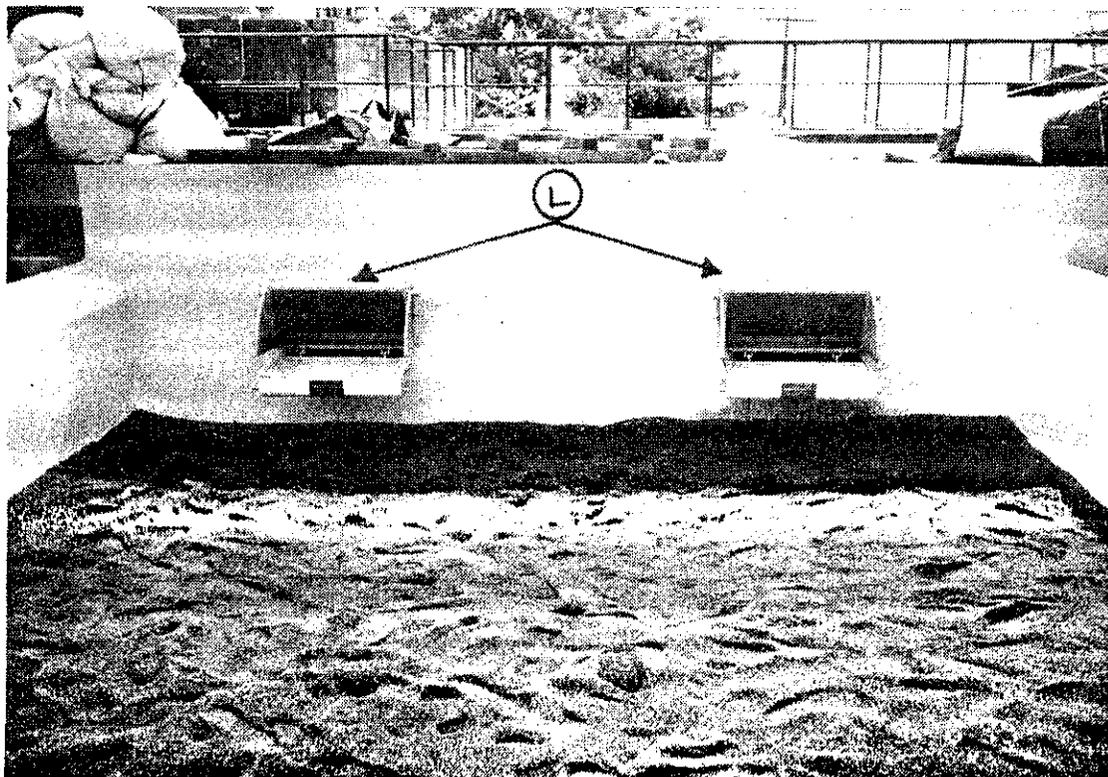


FIGURA No. 15

VÁLVULAS DE BATIENTE Y ARENA DEL LECHO FILTRANTE

e) Válvulas de parcialización: De las cuatro existentes, dos de ellas se cambiaron y las otras dos se repararon.

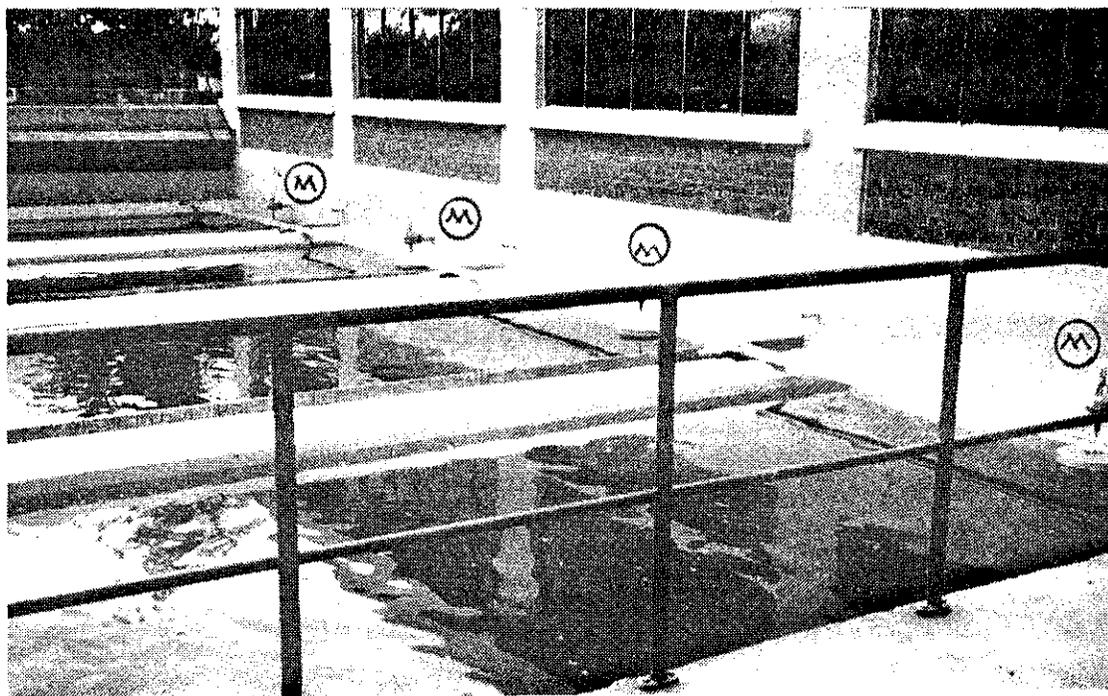


FIGURA No. 16

VÁLVULAS DE PARCIALIZACIÓN

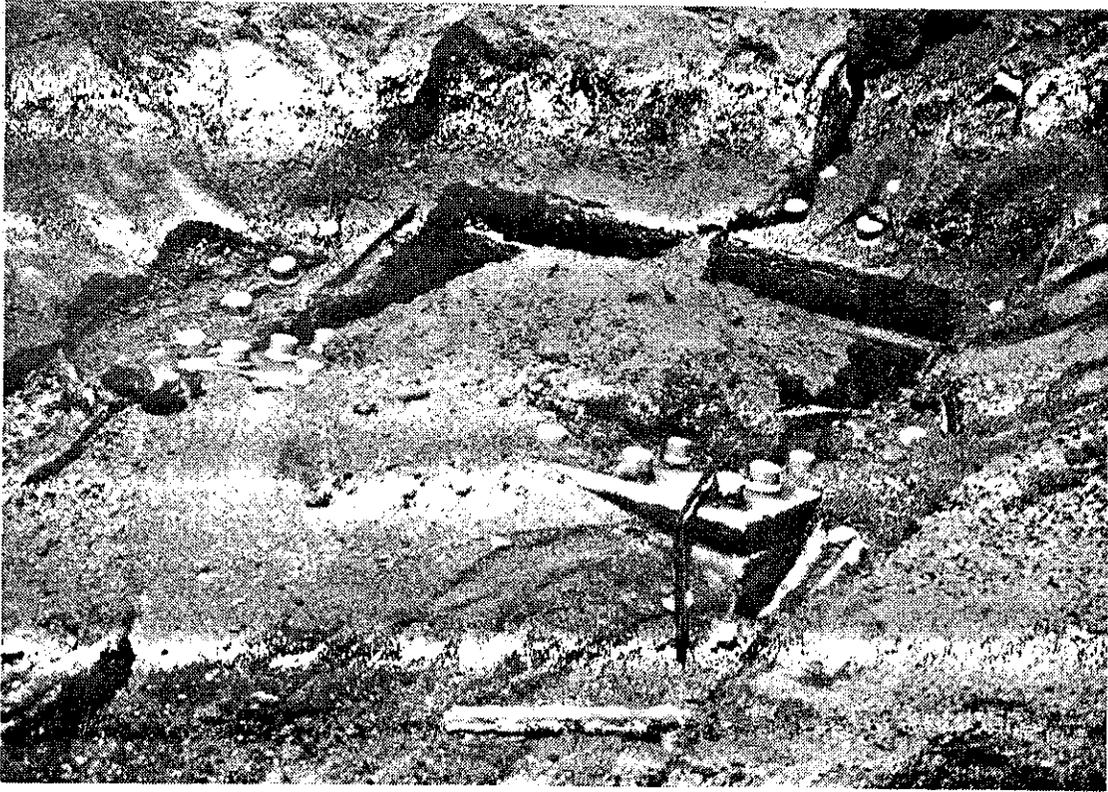


FIGURA No. 17

HUNDIMIENTO DEL LECHO FILTRANTE

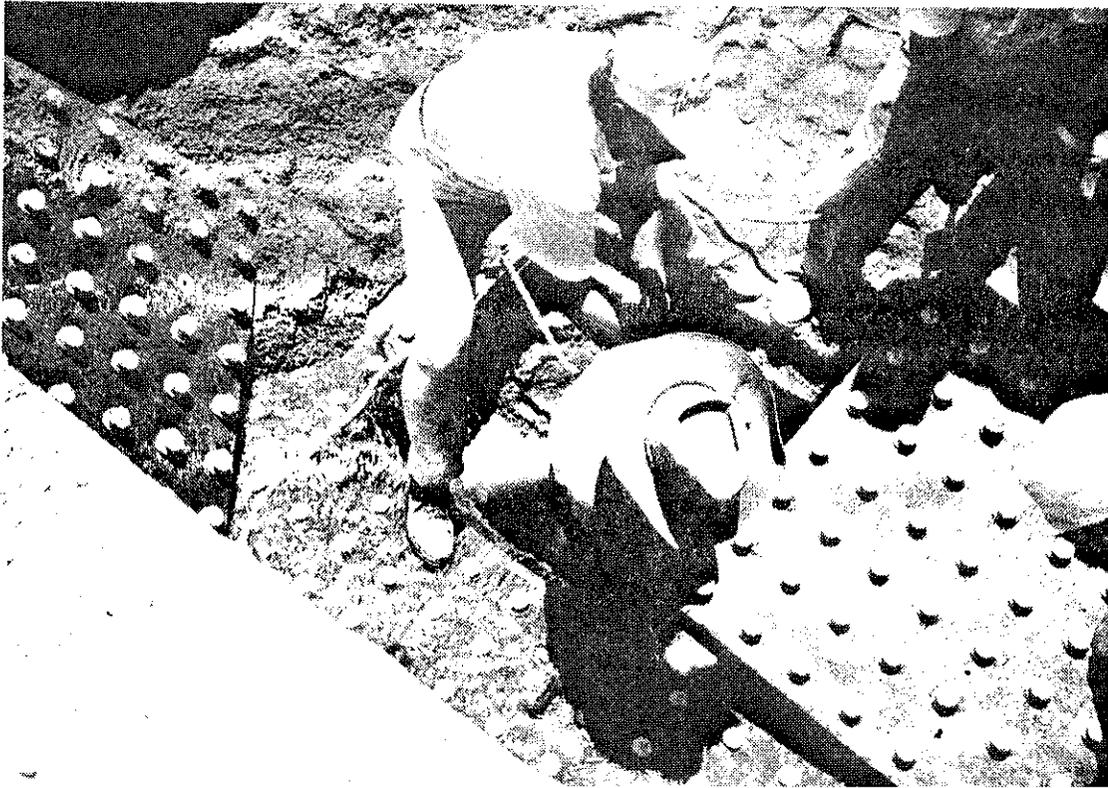


FIGURA No. 18

REPARACIÓN DEL LECHO FILTRANTE

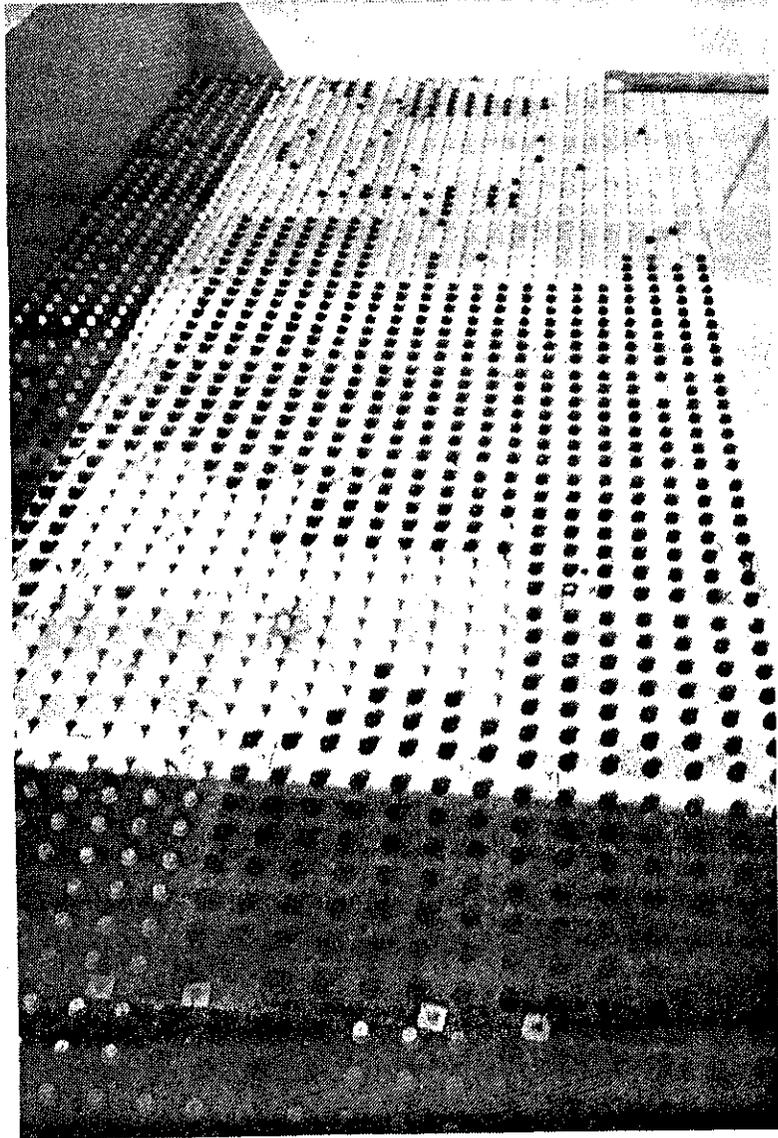


FIGURA No. 19

BOQUILLAS DE PLÁSTICO Y PLANCHAS DE CONCRETO DEL  
LECHO FILTRANTE



FIGURA No. 20  
FONDO FALSO AZOLVADO

### 2.1.8.1 Bombas de retrolavado de filtros

Estas bombas son utilizadas para el lavado de los filtros, y se cuenta con dos unidades, cada una con su respectivo motor. Para su operación se alternan, para evitar el sobretrabajo.

Se cambiaron las dos bombas existentes con sus respectivos motores, ya que presentaban deficiencias mecánicas, provocando atrasos en los lavados. Las antiguas de fabricación Francesa fueron sustituidas por otras de la misma capacidad ( 14 m<sup>3</sup>/min.) de fabricación Japonesa.

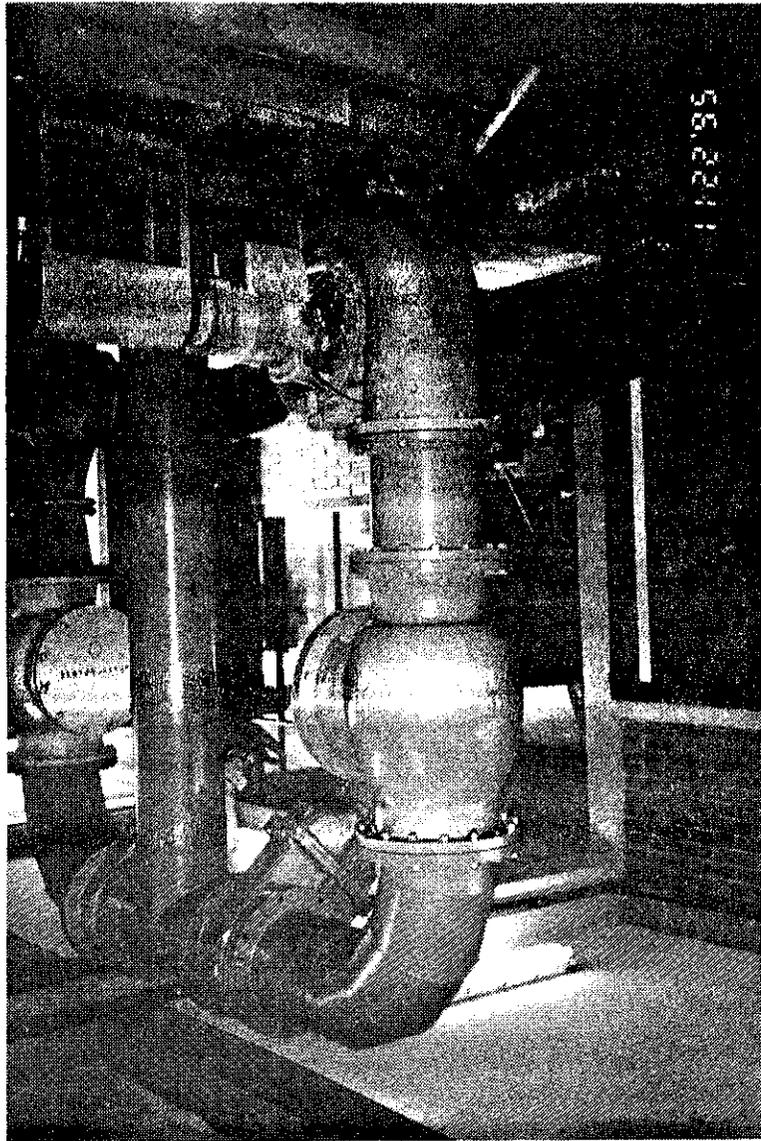


FIGURA No. 21  
BOMBAS NUEVAS DE RETROLAVADO DE FILTROS

### 2.1.8.2 Bombas de recuperación de agua de lavado de filtros

Estas bombas son dos y sirven para recuperar el agua utilizada en el lavado de los filtros, la cual es almacenada en un tanque, para que posteriormente sea bombeada al inicio del proceso.

Dichas bombas contaban con un motor cada una y de las mismas se encontró trabajando únicamente una con deficiencias en su bombeo, asimismo, no contaba con guardanivel, ni protección contra variaciones de voltaje. Las bombas que se encontraban instaladas, eran de fabricación Americana y fueron sustituidas por bombas de motor sumergible de fabricación Japonesa, de la misma capacidad ( 2.0 M3/min.).

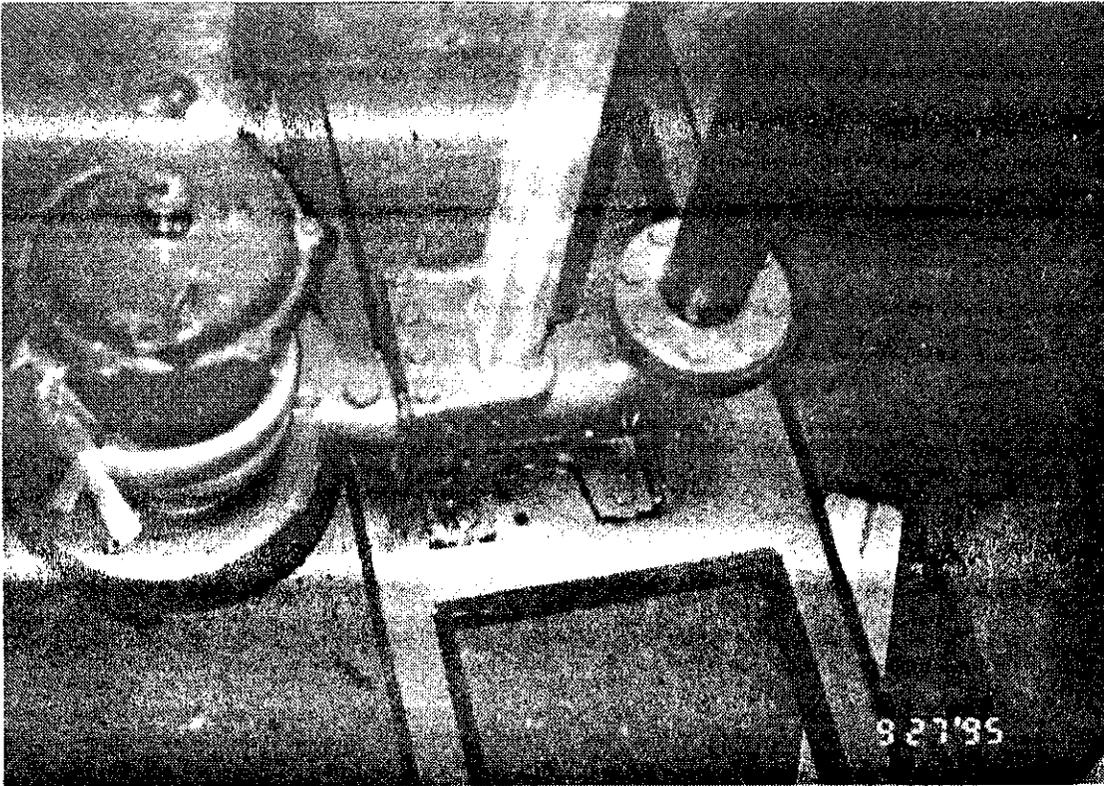


FIGURA No. 22  
BOMBAS DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS

### 2.1.8.3 Arrancadores de bombas de recuperación de agua de lavado de filtros.

Los arrancadores originales eran de tipo switch (flipón) y fueron cambiados por un panel remoto electrónico, en el cual se puede seleccionar la bomba que se desee operar, así como también, si se desea operar en automático o manual. El panel cuenta también con una protección para el equipo de bombeo contra cualquier falla eléctrica (sobrecargas en la línea), indicando la causa de falla en el frente del panel, por medio de una lámpara de indicación. Asimismo cuenta con un guardanivel, que protege el equipo en casos de bajo nivel de agua en el tanque.

NOTA: Ver especificaciones técnicas del equipo de bombeo en apéndice No. dos y la operación de los filtros y del equipo de bombeo en el capítulo IV manual de operación.

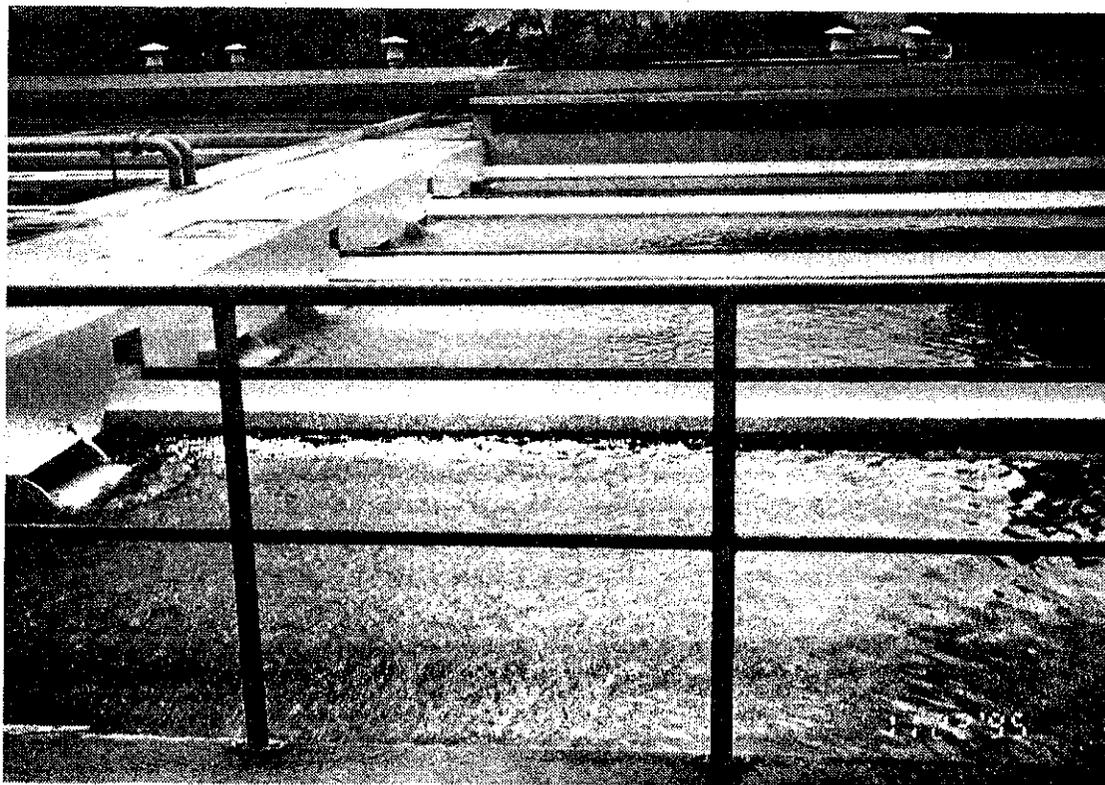


FIGURA No. 23  
FILTROS AQUAZUR CON SUS VÁLVULAS DE BATIENTE

#### 2.1.9 DOSIFICADORES DE CLORO GASEOSO

Este equipo ha sufrido cambios durante el tiempo de operación de la planta, debido a la corrosión que provoca la reacción del cloro sobre ellos. Los últimos en uso eran de fabricación Americana.

Los dos clorinadores anteriores eran utilizados para inyectar el cloro únicamente en la salida de agua filtrada, con una escala de 0 - 200 libras por día. En esta oportunidad no se estaba preclorando.

Antes de la rehabilitación solamente se encontraba operando una bomba de inyección, de las dos existentes. Además esta bomba presentaba desajustes mecánicos, debido al tiempo de servicio y a la reacción del cloro.

Su operación era llevada a cabo por medio de un flipón corriente, sin protección alguna contra sobre cargas de energía eléctrica.

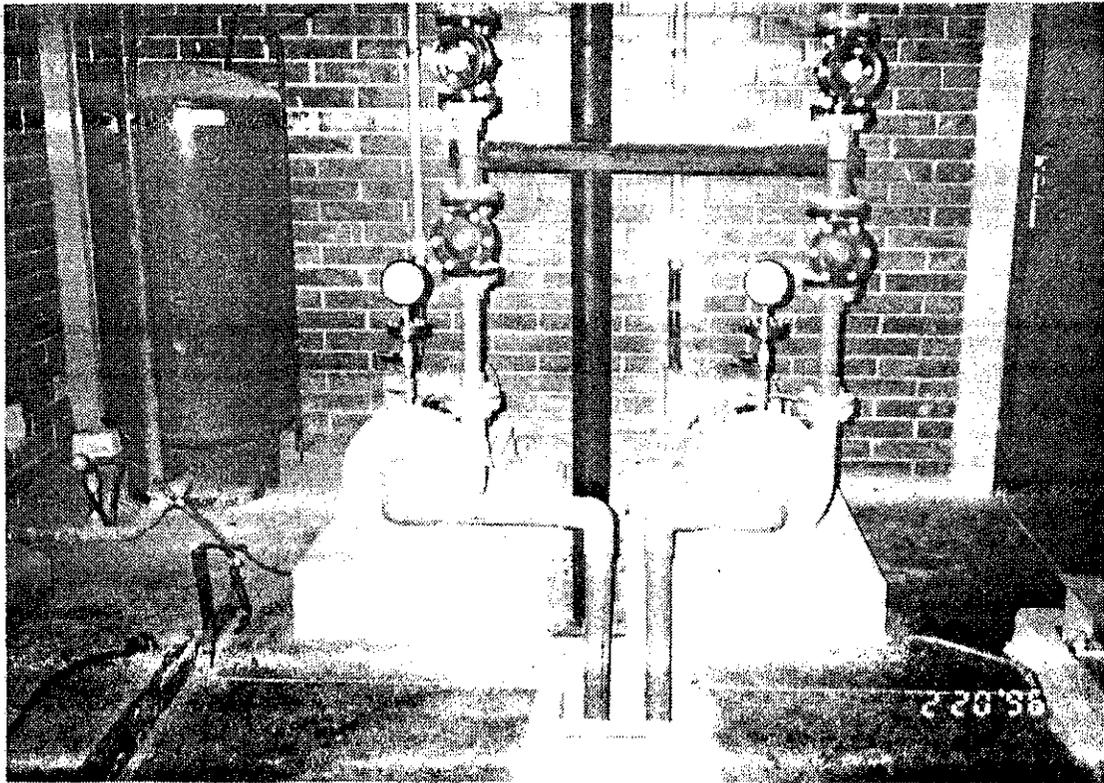


FIGURA No. 24

BOMBAS DOSIFICADORAS DE CLORO GASEOSO

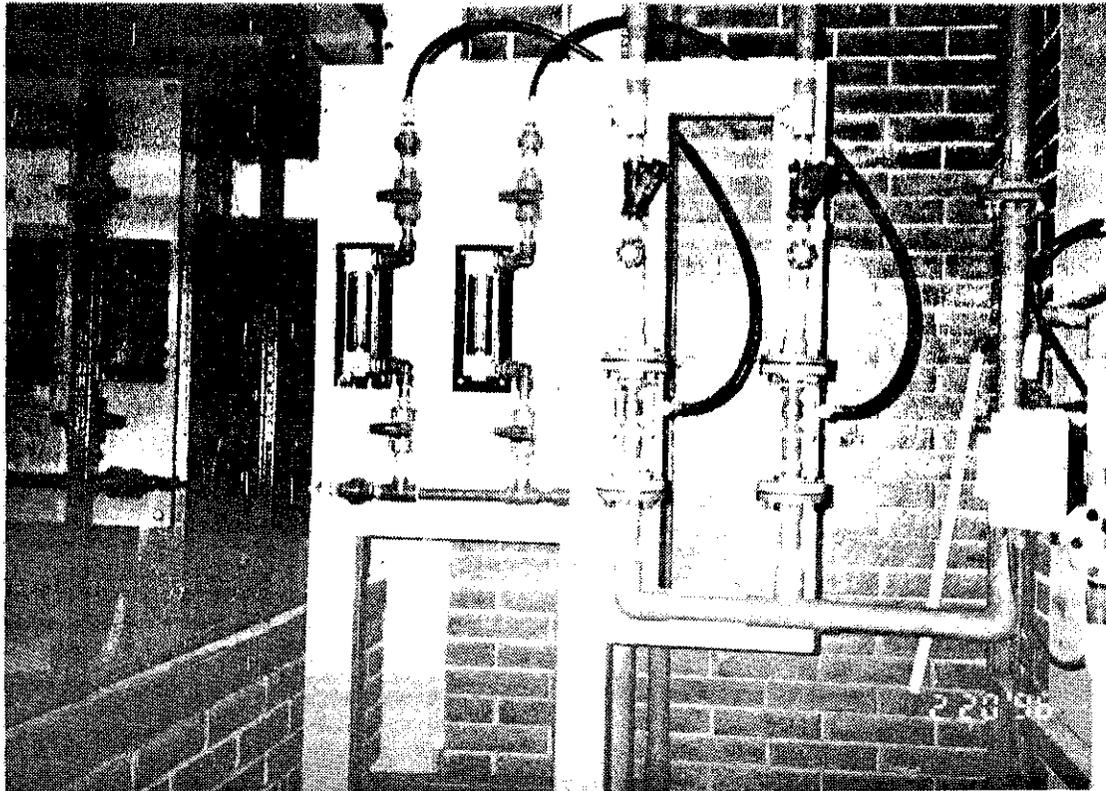


FIGURA No. 25

ROTÁMETROS DE APLICACIÓN DE GAS CLORO

Los dos clorinadores nuevos instalados tienen dos escalas de 0 - 10 kg/hora y 0 - 500 lbs/día. Uno de ellos se encarga de inyectar cloro en la entrada de agua cruda, con el fin de preclorar. El segundo se encarga de la desinfección final, en la salida del agua filtrada.

La escala que se está utilizando en los dos rotámetros es el de Kg/hora.

La cantidad de cloro gas que se está aplicando en la entrada de agua cruda, es de 3.5 Kg/hora, para obtener en la salida de los filtros, una concentración de cloro residual de 0.3 a 0.5 mg/litro.

Las dos bombas instaladas son equivalentes en capacidad a las anteriores ( 0.2 M3/min.), así como sus respectivos motores. Además este equipo está protegido por dos guardaniveles, los cuales no permiten el trabajo en seco.

También fue necesario cambiar toda la tubería existente de PVC de 1.1/4". Adicionalmente se instaló la tubería para la precloración del mismo diámetro.

#### 2.1.9.1 Arrancadores de dosificadores de cloro gas

Los arrancadores originales eran de tipo switch (flipón) y fueron cambiados por un panel remoto electrónico, en el cual se puede seleccionar la bomba que se desee operar. El panel cuenta también con una protección para el equipo de bombeo, contra cualquier falla eléctrica (sobrecargas en la línea), indicando la causa de falla en el frente del panel, por medio de una lámpara de indicación.

**NOTA:** Ver especificaciones técnicas del equipo de inyección en apéndice No. dos y su operación en el capítulo IV manual de operación.

#### 2.1.10 LABORATORIO

En el laboratorio únicamente era posible determinar dos características físico - químicas del agua, debido a la falta de equipo de laboratorio. Estas características eran: turbiedad y cloro residual.

Para determinar la cantidad de sulfato de aluminio necesaria para dosificar, se contaba con un test de jarras, una balanza en mal estado y un destilador. La cristalería de laboratorio con la que se contaba era únicamente la utilizada en la prueba de jarras.

Con la implementación del laboratorio, en este momento es posible determinar: pH, alcalinidad, turbiedad de entrada y de salida, conductividad, sólidos en suspensión, cloro residual y temperatura. Para tal efecto se cuentan con medidores electrónicos de: turbiedad, pH, temperatura, conductividad,

sólidos en suspensión y cloro residual. Además se cuenta con un test de jarras, para la determinación de la cantidad de solución a inyectar al agua cruda, así como cristalería adecuada para los ensayos.

El laboratorio también fue implementado con mobiliario para guardar la cristalería utilizada en los respectivos ensayos. (Ver inventario de equipos nuevos en el apéndice No. dos).

## **2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS ADICIONALES**

### **2.2.1 CUARTO ELÉCTRICO**

Se construyó una edificación con dos cuartos, con paredes de mampostería (super block), losa nervurada de concreto de 15 cms. de espesor; columnas reforzadas con acero de 5/8" y estribos de 3/8" de 40 \* 40 cms; y cimiento corrido de 1.20 metros de espesor, con dos camas de acero de 5/8". Uno de los cuartos fue construido para protección del transformador de 13200 V a 240 V y el otro para el generador eléctrico y los paneles principales.

#### **2.2.1.1 Generador eléctrico**

Por medio de éste es posible generar energía eléctrica, en casos de fallas por parte de la Empresa Eléctrica, sin afectar el proceso de tratamiento. El mismo suministrará de energía: al cuarto químico, dosificadores de cloro, bombas de tanque elevado, bombas de tanque de recuperación de agua de extracción de lodos y tanque de recuperación de lavado de filtros, así como el alumbrado general. (Ver especificaciones técnicas en apéndice No. dos y su operación en el capítulo IV manual de operación)

#### **2.2.1.1 Transformador**

Es el encargado de transformar el voltaje de 13200 de la línea principal de la Empresa Eléctrica a 240 voltios, el cual es utilizado por los equipos que operan en la Planta Las Ilusiones. (Ver especificaciones técnicas en apéndice No. dos).

### **2.2.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Todas las líneas eléctricas existentes, fueron cambiadas y centralizadas a un panel central en el cuarto eléctrico, para que de éste puedan controlarse los paneles remotos de los motores y bombas, y de todo el sistema eléctrico de la Planta Las Ilusiones.

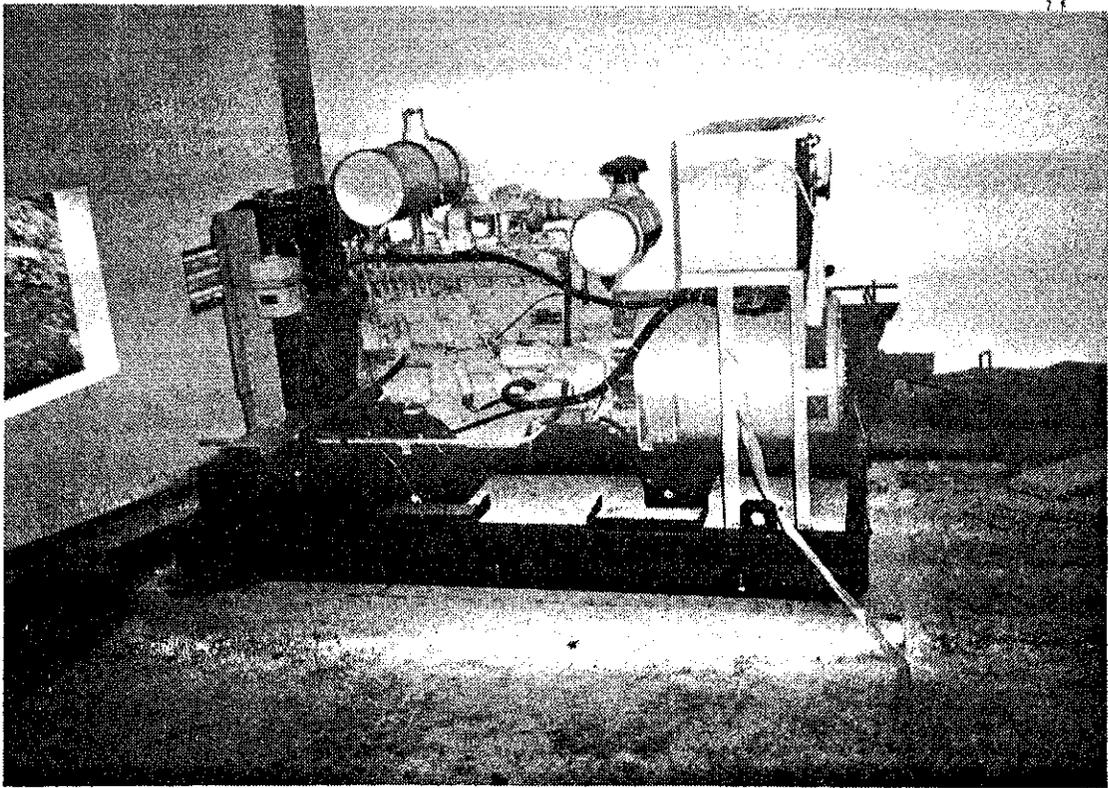


FIGURA No. 26 GENERADOR ELÉCTRICO

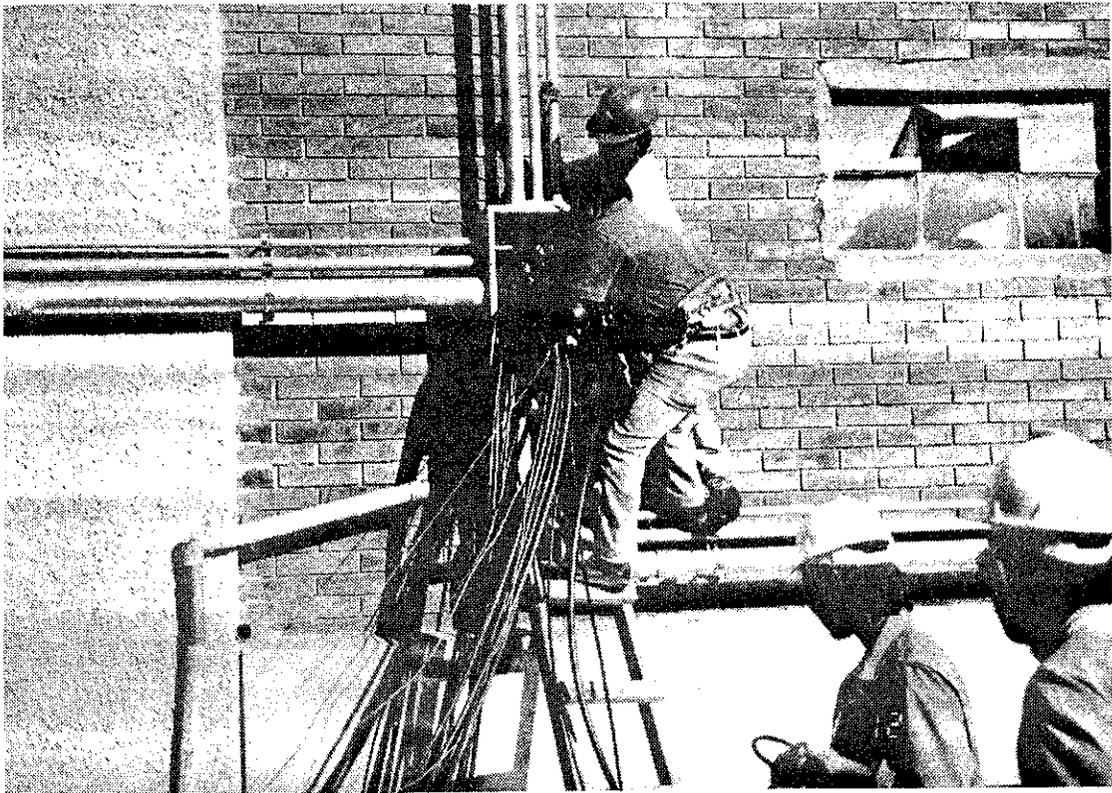


FIGURA No. 27 LÍNEAS ELÉCTRICAS

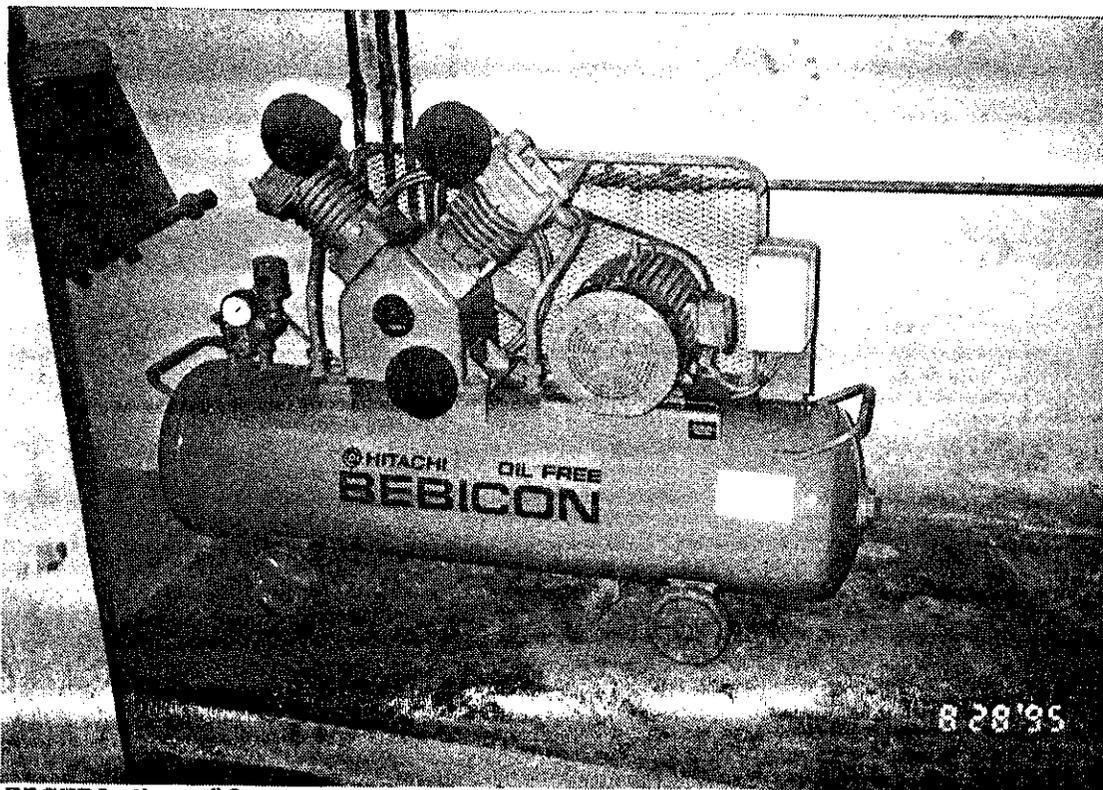


FIGURA No. 28

COMPRESOR PARA AIRE COMPRIMIDO

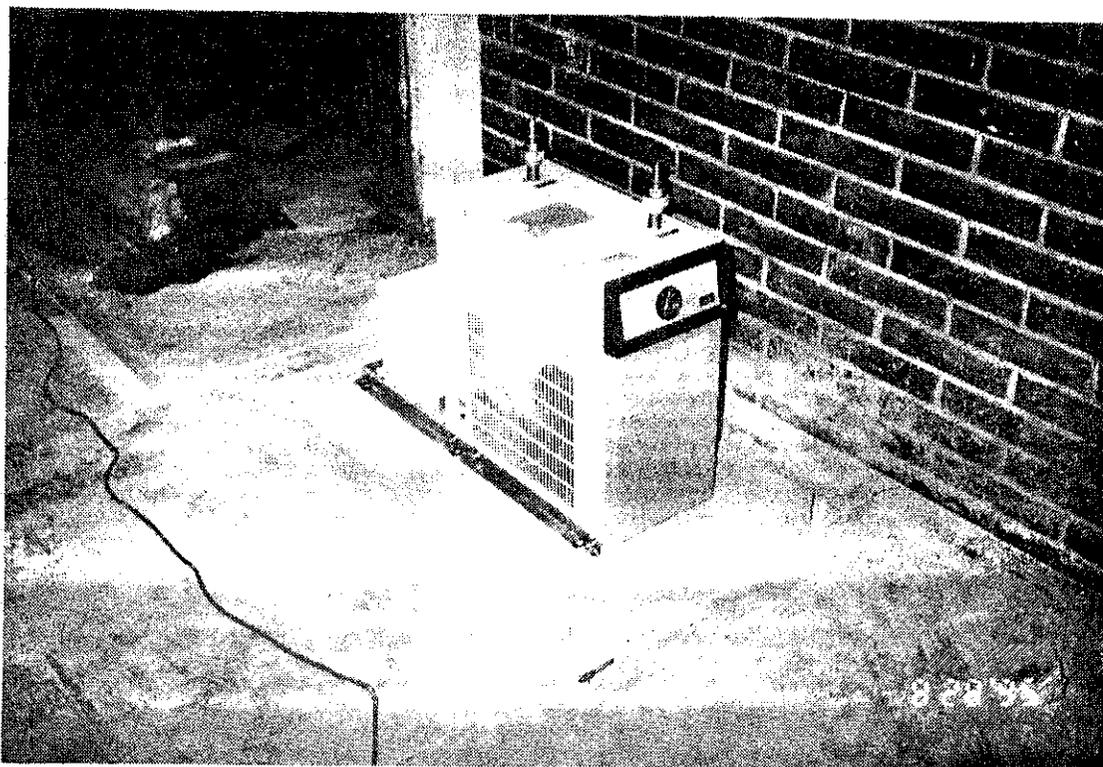


FIGURA No. 29

SECADOR DE AIRE

### 2.3 INVENTARIO DE EQUIPOS NUEVOS

Este inventario es presentado en el apéndice No. dos, con sus respectivas características técnicas.

## CAPÍTULO III

### 3.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO CON LA PLANTA REHABILITADA

#### 3.1.1 DOSIFICADORES DE SULFATO DE ALUMINIO

El método de dosificación empleado durante los 24 años de operación de la planta, había sido granular seco, aplicado por gravedad a través de dos tolvas con dosificadores de solera giratoria, los cuales estaban equipados con un tanque de disolución (ver figura No. 2).

Al inicio de su operación, este equipo era posible graduarlo con el regulador de la solera giratoria para obtener la cantidad de onzas por minuto de químico necesario para la dosificación. Con el correr de los años, fue perdiendo su exactitud, a tal grado que muchas veces se paraba sin previo aviso, provocando descontrol en el proceso de tratamiento. Asimismo era necesario auxiliarse de una balanza de alta sensibilidad y de un cronómetro, para obtener la dosificación más acertada.

Este sistema fue sustituido por un sistema volumétrico de solución diluida, con aplicación por bombeo y rotámetro de litros por minuto, lo que hace que la aplicación de la solución sea más exacta y eficiente (ver figura No. 4).

Con este sistema, es posible hacer soluciones con distintas concentraciones, ya que permite conocer con facilidad el volumen total del tanque, así como cualquier otro volumen inferior a éste, por medio de la escala volumétrica con que cuenta dicho tanque de solución. Asimismo, por medio del decímetro es posible confrontar el porcentaje de la solución en el tanque de aplicación, para luego ser usado en la determinación de la aplicación de litros por minuto de solución necesaria para la adecuada dosificación. (Ver su operación en el manual de operación en el Capítulo IV).

##### 3.1.1.1 Tablas de aplicación

La aplicación de la solución del sulfato de aluminio, se venía realizando por medio de tablas obtenidas con un caudal de entrada de 199.13 litros/segundo, con tres unidades de bombeo trabajando; 104.38 litros/segundo, con dos unidades y 21 litros/segundo con una unidad. El aforo del bombeo fue realizado por el método de vertedero, afinado con aforos efectuados por el método de micromolinete.

Este sistema fue efectivo, mientras las unidades de bombeo fueron eficientes, después de aquí, la aplicación de los reactivos era un tanto aproximada.

Con la rehabilitación de la planta, es posible determinar el caudal de entrada instantáneo, por medio de un medidor de

flujo electrónico (ver figura No. 5). Conociendo con exactitud el caudal de entrada, es posible obtener con facilidad una eficiente aplicación de los reactivos (sulfato de aluminio, cal y cloro).

Para la aplicación del sulfato de aluminio, en este momento, es necesario conocer el caudal (m<sup>3</sup>/hora) de entrada a la planta, la concentración de la solución en el tanque de aplicación y la dosificación óptima (mg/litro) de la prueba de jarras, para obtener la lectura en el rotámetro por medio de la fórmula:

$$LR = [(Q * ppm) / (600 * \%)]$$

Donde:

- LR = Lectura del rotámetro (litros/minuto).
- Q = Caudal de entrada a la planta en metros cúbicos por hora.
- ppm = Miligramos/litro de solución óptima en prueba de jarras.
- % = Porcentaje de solución en tanque de aplicación.
- 600 = Constante que se obtiene al reducir la fórmula.

#### DEDUCCIÓN Y APLICACIÓN DE LA FÓRMULA:

Como al caudal de entrada, es necesario aplicarle cierta cantidad de sulfato de aluminio, determinada ésta por medio de una prueba de jarras (mezcla de sulfato de aluminio en mililitros a cierto porcentaje, en un litro de agua cruda). Para obtener la adecuada floculación, hacemos:

$$LR = [(Q \text{ m}^3/\text{hr.} * 1000 \text{ l/m}^3 * 1 \text{ hr/} 60 \text{ min.} * \text{mg/l}) / \%]$$

Simplificando tenemos:

$$LR = [(Q * 1000 \text{ l/m}^3 * \text{litro/minuto} * \text{mg/litro}) / \%]$$

Como mg/litro = ppm, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} 1 \text{ litro} &= 1 \text{ Kg.} \\ 1 \text{ Kg.} &= 1000 \text{ gramos.} \\ 1 \text{ gramo} &= 1000 \text{ miligramos.} \\ 1 \text{ litro} &= (1000 * 1000) = 1000000 \text{ miligramos.} \\ (\text{ppm}/1000000) &= (\text{mg/litro} * \text{mg})/1000000 \text{ mg} = (1/1000000). \\ (\% /100) &= 1/100 \end{aligned}$$

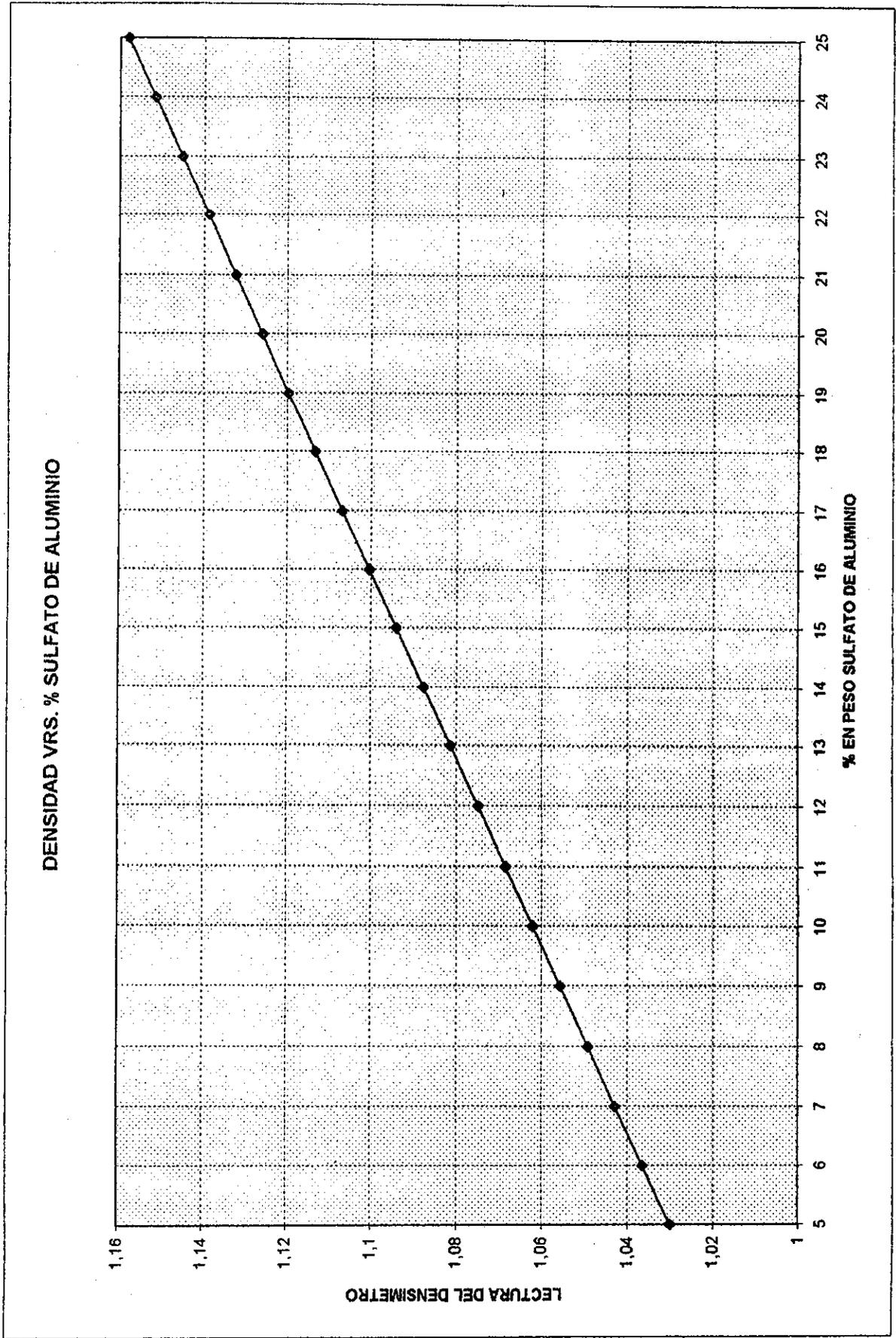
$$LR = [((Q * (1000/60) * (\text{ppm} / 1000000) * 1/\text{min.})) / (\% /100)].$$

$$LR = [((Q * (\text{ppm}/60000) * 1/\text{min.})) / (\% /100)].$$

$$LR = [(Q * ppm) / (600 * \%)] * 1/\text{min.l.}$$

**NOTA:** Ver ejemplo de aplicación en Capítulo IV sistemas de dosificación.

Para determinar el porcentaje de solución contenido en el tanque de solución, se utiliza la gráfica siguiente:



### 3.1.2 DOSIFICADORES DE CAL

Estos dosificadores quedaron fuera de servicio por el deterioro de su mecanismo, aumentando la problemática del tratamiento, debido a que era imposible controlar la acidez del agua, ya que la cal es utilizada para regular el pH.

Este sistema de dosificación, era realizado por el método granular seco, aplicado por gravedad a través de dos tolvas con dosificadores de solera giratoria, los cuales estaban equipados con un tanque de disolución con agitador y un regulador de entrada de agua para disolución.

Al inicio de su operación, este equipo era posible graduarlo con el regulador de la solera giratoria para obtener la cantidad de onzas por minuto de cal necesaria para la dosificación. Con el correr de los años, fue perdiendo su exactitud, a tal grado de ser eliminado por deterioro del equipo.

Dicho sistema, fue sustituido por un sistema volumétrico de solución diluida, con aplicación por bombeo y alimentador de cal tipo Rotodip, que consiste en un tanque en el cual el nivel de líquido se mantiene por medio de una válvula de flote o vertedero y una rueda de inmersión. La rueda de inmersión tiene 8 recipientes, con una capacidad de 0.525 litros cada uno, lo que permite que la solución de aplicación sea exacta y más eficiente.

Con este nuevo sistema, es posible hacer soluciones con distintas concentraciones, ya que permite conocer con facilidad el volumen total del tanque, así como cualquier otro volumen inferior a éste, por medio de la escala volumétrica con que cuenta dicho tanque de solución. Asimismo, por medio del densímetro es posible confrontar el porcentaje de la solución en el tanque de aplicación, para luego ser usado en la determinación de los litros por minuto de solución necesaria para la aplicación que se determine en la prueba de jarras.

#### 3.1.2.1 Tablas de aplicación

El agitador de cal cuenta con una rueda de inmersión, la cual deberá ajustarse de acuerdo a las tablas que se presentan a continuación, para convertir a litros por minuto necesarios para la aplicación de cal, ya que la lectura que proporciona dicha rueda de inmersión, está dada en el sistema inglés.

NOTA: Ver siguiente hoja.

## TABLA PARA APLICACIÓN DE CAL

LECTURA	REV/HORA	LITROS/MINUTOS	LECTURA	REV/HORA	LITROS/MINUTO
5,00	7,93	0,56	10,00	25,28	1,77
5,10	8,28	0,58	10,10	25,63	1,79
5,20	8,62	0,60	10,20	25,97	1,82
5,30	8,97	0,63	10,30	26,32	1,84
5,40	9,32	0,65	10,40	26,67	1,87
5,50	9,67	0,68	10,50	27,02	1,89
5,60	10,01	0,70	10,60	27,36	1,92
5,70	10,36	0,73	10,70	27,71	1,94
5,80	10,71	0,75	10,80	28,06	1,96
5,90	11,05	0,77	10,90	28,40	1,99
6,00	11,40	0,80	11,00	28,75	2,01
6,10	11,75	0,82	11,10	29,10	2,04
6,20	12,10	0,85	11,20	29,45	2,06
6,30	12,44	0,87	11,30	29,79	2,09
6,40	12,79	0,90	11,40	30,14	2,11
6,50	13,14	0,92	11,50	30,49	2,13
6,60	13,49	0,94	11,60	30,84	2,16
6,70	13,83	0,97	11,70	31,18	2,18
6,80	14,18	0,99	11,80	31,53	2,21
6,90	14,53	1,02	11,90	31,88	2,23
7,00	14,87	1,04	12,00	32,22	2,26
7,10	15,22	1,07	12,10	32,57	2,28
7,20	15,57	1,09	12,20	32,92	2,30
7,30	15,92	1,11	12,30	33,27	2,33
7,40	16,26	1,14	12,40	33,61	2,35
7,50	16,61	1,16	12,50	33,96	2,38
7,60	16,96	1,19	12,60	34,31	2,40
7,70	17,30	1,21	12,70	34,65	2,43
7,80	17,65	1,24	12,80	35,00	2,45
7,90	18,00	1,26	12,90	35,35	2,47
8,00	18,35	1,28	13,00	35,70	2,50
8,10	18,69	1,31	13,10	36,04	2,52
8,20	19,04	1,33	13,20	36,39	2,55
8,30	19,39	1,36	13,30	36,74	2,57
8,40	19,73	1,38	13,40	37,08	2,60
8,50	20,08	1,41	13,50	37,43	2,62
8,60	20,43	1,43	13,60	37,78	2,64
8,70	20,78	1,45	13,70	38,13	2,67
8,80	21,12	1,48	13,80	38,47	2,69
8,90	21,47	1,50	13,90	38,82	2,72
9,00	21,82	1,53	14,00	39,17	2,74
9,10	22,17	1,55	14,10	39,52	2,77
9,20	22,51	1,58	14,20	39,86	2,79
9,30	22,86	1,60	14,30	40,21	2,81
9,40	23,21	1,62	14,40	40,56	2,84
9,50	23,55	1,65	14,50	40,90	2,86
9,60	23,90	1,67	14,60	41,25	2,89
9,70	24,25	1,70	14,70	41,60	2,91
9,80	24,60	1,72	14,80	41,95	2,94
9,90	24,94	1,75	14,90	42,29	2,96

## TABLA PARA APLICACIÓN DE CAL

LECTURA	REV/HORA	LITROS/MINUTO	LECTURA	REV/HORA	LITROS/MINUTO
15,00	42,64	2,98	20,00	60,00	4,20
15,10	42,99	3,01	20,10	60,35	4,22
15,20	43,33	3,03	20,20	60,69	4,25
15,30	43,68	3,06	20,30	61,04	4,27
15,40	44,03	3,08	20,40	61,39	4,30
15,50	44,38	3,11	20,50	61,74	4,32
15,60	44,72	3,13	20,60	62,08	4,35
15,70	45,07	3,15	20,70	62,43	4,37
15,80	45,42	3,18	20,80	62,78	4,39
15,90	45,76	3,20	20,90	63,12	4,42
16,00	46,11	3,23	21,00	63,47	4,44
16,10	46,46	3,25	21,10	63,82	4,47
16,20	46,81	3,28	21,20	64,17	4,49
16,30	47,15	3,30	21,30	64,51	4,52
16,40	47,50	3,33	21,40	64,86	4,54
16,50	47,85	3,35	21,50	65,21	4,56
16,60	48,20	3,37	21,60	65,56	4,59
16,70	48,54	3,40	21,70	65,90	4,61
16,80	48,89	3,42	21,80	66,25	4,64
16,90	49,24	3,45	21,90	66,60	4,66
17,00	49,58	3,47	22,00	66,94	4,69
17,10	49,93	3,50	22,10	67,29	4,71
17,20	50,28	3,52	22,20	67,64	4,73
17,30	50,63	3,54	22,30	67,99	4,76
17,40	50,97	3,57	22,40	68,33	4,78
17,50	51,32	3,59	22,50	68,68	4,81
17,60	51,67	3,62	22,60	69,03	4,83
17,70	52,01	3,64	22,70	69,37	4,86
17,80	52,36	3,67	22,80	69,72	4,88
17,90	52,71	3,69	22,90	70,07	4,90
18,00	53,06	3,71	23,00	70,42	4,93
18,10	53,40	3,74	23,10	70,76	4,95
18,20	53,75	3,76	23,20	71,11	4,98
18,30	54,10	3,79	23,30	71,46	5,00
18,40	54,44	3,81	23,40	71,80	5,03
18,50	54,79	3,84	23,50	72,15	5,05
18,60	55,14	3,86	23,60	72,50	5,07
18,70	55,49	3,88	23,70	72,85	5,10
18,80	55,83	3,91	23,80	73,19	5,12
18,90	56,18	3,93	23,90	73,54	5,15
19,00	56,53	3,96	24,00	73,89	5,17
19,10	56,88	3,98	24,10	74,24	5,20
19,20	57,22	4,01	24,20	74,58	5,22
19,30	57,57	4,03	24,30	74,93	5,25
19,40	57,92	4,05	24,40	75,28	5,27
19,50	58,26	4,08	24,50	75,62	5,29
19,60	58,61	4,10	24,60	75,97	5,32
19,70	58,96	4,13	24,70	76,32	5,34
19,80	59,31	4,15	24,80	76,67	5,37
19,90	59,65	4,18	24,90	77,01	5,39

### 3.1.3 COAGULADORES

Estos ayudan a convertir en partículas voluminosas y pesadas, las materias coloidales muy finas contenidas en el agua, para obligarlas a que se sedimenten.

Durante los 24 años de operación, la planta Las Ilusiones, ha utilizado sulfato de aluminio como coagulante. En el proceso actual se sigue utilizando el sulfato de aluminio, así como también la cal.

La cal en pequeñas dosis favorece generalmente la floculación y actúa como un neutralizador, para la regulación del pH.

El pH del medio tiene suma importancia en la coagulación, ya que el sulfato de aluminio coagula cuando el pH es inferior a 7.4 o superior a 8.5, pero la eliminación de materia orgánica se realiza mejor en medio ácido, es decir, a pH inferior a 7.0.

El pH y la alcalinidad del agua cruda en las diferentes épocas del año, están comprendidas entre 7.8, 7.6 y 8.0 - 9.0 miligramos/litro.

De acuerdo a los ensayos realizados, se pudo determinar que la cal es perjudicial para turbiedades de entrada menores de 400 UTN, pero muy efectiva para mayores de 400 UTN.

### 3.1.4 PLANCHAS TRANQUILIZADORAS

Estas planchas cubren parcialmente las tuberías de repartición de agua cruda en los decantadores, regulan la velocidad de salida del agua de estos tubos, evitando que la turbulencia creada por las pulsaciones se propague hacia el lecho de fangos y de este modo se destruya el mismo.

Las planchas originales estaban construidas de asbesto-cemento, pero por el tiempo de servicio se destruyeron en un 80%, lo que causa serios problemas en la decantación, ya que en el momento de las pulsaciones, el agua expulsada por la tubería de repartición de agua cruda, destruye el lecho de fangos, permitiendo con ello que los flóculos lleguen hasta los filtros en grandes cantidades.

Estas planchas no fueron cambiadas, debido a que no se consideraron en el estudio de la rehabilitación; sin embargo, el agua decantada es aceptable debido a la buena mezcla que produce el pulsator.

La cantidad de planchas necesarias para cubrir la tubería de repartición, es de 144, las mismas tienen forma triangular, con una base de 0.60 metros y una altura de 0.55 metros, de las cuales, 48 son de 1.85 metros de largo y 96 de 2.50 metros.

Asimismo cuentan con 24 planchas planas de repartición, para cubrir las partes cercanas a las paredes de los sedimentadores. De estas planchas 8 son de 1.85 metros por 0.55 metros y 16 son de 2.50 metros por 0.55 metros (ver figura No. 9 y 31).

Es necesario que estas planchas sean sustituidas por otras de mayor resistencia y menos peso, para obtener un mayor tiempo de duración y garantizar una buena decantación.

### 3.1.5 PULSADORES

El pulsator está constituido por dos campanas de vacío de concreto, donde se controlan las pulsaciones. Las medidas de dicha campana son de 2.5 metros por 1.35 metros, es decir, 3.40 metros cuadrados de área, asimismo cuenta con una tubería de drenaje de 5 pulgadas de diámetro. Las campanas forman un depósito plano provisto en su base de 26 tubos de asbesto-cemento, cada uno con 27 agujeros de 32 milímetros de diámetro que reparten el agua cruda en forma uniforme por toda la superficie del decantador (ver figura No. 10, 11, 12, 30 y 31).

El agua cruda es introducida en estas campanas, en cuyo interior se aspira el aire por medio de 3 bombas de vacío, las cuales succionan 390 metros cúbicos/hora de aire cada una, a una depresión de 100 g/cm<sup>2</sup>, es decir que extraen una cantidad de aire sensiblemente igual al caudal medio de agua a tratar.

Las pulsaciones tienen tres características: altura de caída, tiempo de caída y frecuencia de las pulsaciones. Se deben ajustar estos tres parámetros para que el manto de fangos en los decantadores esté homogéneo, es decir que los porcentajes de fango en 10 minutos sean iguales para muestras tomadas a diferentes alturas de dicho manto de fangos.

El pulsator fue perdiendo su eficiencia por el tiempo de servicio, causando mayor daño en las bombas de vacío, ya que las mismas no permitían una adecuada frecuencia de las pulsaciones, debido a los atascamientos que frecuentemente sufrían por el lodo que se infiltraba en la tubería corroída, así como las fugas de succión por estas mismas. A esto se agrega la falta de las planchas tranquilizadoras, que al no existir produce un efecto de chorro que modifica la concentración del lecho de fangos e incluso llega a romperlo y arrastrarlo hacia los filtros.

Al cambiar las tres bombas de vacío, tubería de vacío, contrapesos, guías de fluctuación, relé eléctrico y válvulas neumáticas, se obtuvo lógicamente, un pulsator nuevo, permitiendo mejorar la mezcla de agua cruda y sulfato de aluminio, por medio de la acumulación correcta del volumen por encima del nivel de los decantadores, por el efecto correcto de las sincronizaciones, las cuales son de gran importancia para provocar la precipitación y agitación y luego obtener la floculación adecuada.

NOTA: ver su operación en el manual de operación Capítulo IV.

### 3.1.6 DECANTACIÓN

En la planta Las Ilusiones la sedimentación y la floculación se realiza por medio de dos tanques floculadores de lecho de fangos tipo PULSATOR, cada uno de 11.80 metros por 16.70 metros, es decir, 394 metros cuadrados entre ambos. Cada decantador cuenta con 3 concentradores de lodos de 6.4 metros cúbicos cada uno, haciendo un total de 19.2 metros cúbicos y su función es almacenar temporalmente el exceso de material en el lecho de fangos, para después de un tiempo que varía según su concentración, eliminarlos definitivamente (ver figura 31).

La separación gravitatoria del agua clara y la del flóculo formado, se realiza gracias al manto de fangos que se forma dentro del decantador, el agua retiene los flóculos y permite que el agua llegue hasta las tres canaletas de recolección del agua decantada, provista de 263 agujeros de 35 milímetros de diámetro cada uno y luego sea trasladada a los filtros.

Si la función del pulsator y de las planchas tranquilizadoras es deficiente, se provoca que constantemente se destruya el manto de fango, incrementando en este lugar la turbiedad y ocasionando atascamiento más frecuente de los filtros y turbiedad fuera de norma en la salida de los mismos. Por lo tanto es imprescindible mantener un estricto control de las pulsaciones dentro del decantador, así como de la frecuencia y duración de las extracciones de fango, ajustando ambos parámetros de acuerdo a las características físicas del agua que se está tratando y a los resultados del proceso.

Con los cambios realizados en el pulsator y en las válvulas de extracción de lodos, se puede observar que el agua decantada que se obtiene en este momento es favorable para los filtros (ver resultados anteriores y actuales de calidad de agua en apéndice No. 1). Sin embargo, dentro de la época lluviosa existen innumerables cambios en la concentración y en el volumen de fangos. Cuando en la planta se trata agua con alta turbiedad, el volumen de fangos que se genera en el manto de lodos es elevado, y si en ese momento no se aumenta la frecuencia de las extracciones de lodos, los concentradores resultan insuficientes. Cuando eso sucede, éstas deben ser graduadas de inmediato, de acuerdo al manual de operación.

Las extracciones deben ajustarse constantemente, ya que idealmente los concentradores deben trabajar entre  $2/3$  y  $3/4$  de su altura ocupada por el fango, es decir que el nivel de éste debe oscilar entre 40 y 55 centímetros abajo del nivel de los concentradores.

Cuando las turbiedades han sido mayores de 800 UTN, se ha notado que el rompimiento del manto de fangos empieza a darse, debido al exceso de acumulación de lodos en este lugar, incrementando la turbiedad en los decantadores en un 50 a un 70%.

En este momento, es necesario suspender una unidad de bombeo en la estación de bombeo el Atlántico, para mantener el equilibrio de la repartición de agua cruda y el volumen de lodo atrapado por los concentradores, para la adecuada extracción de los mismos y conservar la calidad de agua en los decantadores.

### 3.1.7 EXTRACCIÓN DE LODOS

Cada decantador cuenta con tres tuberías de 125 milímetros de diámetro para dicho fin. Un extremo de cada tubería se encuentra muy cerca del fondo del concentrador correspondiente y el otro extremo una válvula automática, normalmente cerrada y una válvula manual, normalmente abierta, para descargar en el canal de recolección de lodos (ver figura No. 30). La válvula evita que se vacíe el decantador cuando no hay aire a presión o bien permite desmontar la válvula automática en caso requiera mantenimiento.

Las válvulas neumáticas automáticas no se cambiaron, debido a que no se consideraron en el estudio de la rehabilitación, por lo que fue necesario desarmarlas, para evaluar su estado físico. Después de una buena limpieza interna, se pusieron en operación nuevamente.

Los sincronizadores de las extracciones fueron sustituidos, ya que se estableció la existencia de irregularidad en su graduación, especialmente cuando empezaba a incrementar el volumen del manto de lodos, permitiendo el paso de flóculo a las canaletas recolectoras de los decantadores.

#### 3.1.7.1 Recuperación de agua de extracción de lodos

Conociendo el costo elevado del agua cruda, dada la energía necesaria para elevarla a una altura de 430 metros hacia la planta, el objetivo principal es el de recuperar al máximo todas las posibles pérdidas de agua en los procesos de lavado de filtros y extracción de fangos.

La función del tanque de recuperación de lodos, es de almacenar el agua con lodo, evacuada por las extracciones sobre el canal de drenaje. Ya almacenada el agua con lodo, el tanque funciona como sedimentador, llevando los lodos al fondo del mismo, para luego ser extraídos por el drenaje principal. El agua semiclarificada sobre la superficie es retomada al canal de entrada por bombas sumergibles con capacidad de flujo 0.9 M<sup>3</sup>/min., para ser procesada nuevamente.

La función principal de recuperación de esta agua, la ejecutan las bombas sumergibles, al no funcionar adecuadamente este equipo, se empieza a perder el agua por las alcantarillas, debido al rebalse del tanque.

Con la implementación de las nuevas bombas sumergibles, no se tiene pérdida de agua. Además el equipo de bombeo está

diseñado para impulsar aguas turbias. También está protegido con un guardanivel y cuenta con un tablero de arranque electrónico, para que pueda operar automático o manual. (Ver operación en el manual de operación Capítulo IV y las especificaciones técnicas en apéndice No. dos).

### 3.1.8 FILTRACIÓN

(Ver figura No. 34, 35 y su operación en el manual de operación Capítulo IV; los cambios efectuados en el Capítulo II)

#### 3.1.8.1 Tiempo de Lavado

El tiempo que tarda el filtro en atascarse, siempre será variable, depende de las características físicas del agua sobre él. Debido a ello, la turbiedad de salida en el agua de los dos decantadores, no debe ser mayor de 10 UTN.

El filtro se atasca poco a poco, su caudal decrece dando lugar a una disminución de la densidad de la mezcla aire-agua en el sifón, creando vacío en el cuello del mismo, así como en el recinto de la caja de parcialización, el resorte actúa entonces, reduciendo la sección y el caudal de entrada de aire, la densidad de la mezcla aire-agua aumenta y el valor del vacío se hace superior al que tenía antes del atascamiento. Cuando el filtro está totalmente atascado, no penetra más aire, el filtro trabaja utilizando su máxima caída geométrica, si en ese momento no se lava, el caudal comenzará a disminuir.

Es aconsejable, tomar muestras cada hora en la salida de los sifones de los filtros, para determinar la turbiedad de cada uno de ellos, lo cual permitirá establecer si es tiempo de lavar o no. Como el margen de tiempo de cada muestra es de una hora, es fácil darse cuenta en cualquier momento, del incremento de turbiedad en la salida.

Aunque el filtro está diseñado para lavarse automáticamente, es preferible lavarlo manualmente, de acuerdo a las muestras tomadas; ya que se observó, que momentos antes de atascarse el filtro, las turbiedades fueron mayores de 7 UTN.

Con los cambios efectuados a cada filtro, es posible operarlos hasta 48 horas sin lavarlos, con turbiedades de 6 a 10 UTN sobre ellos, ya que después de lavarlos, se obtienen turbiedades de 0.7 a 2 UTN. Asimismo, se pudo comprobar que, a las 24 horas de servicio, los mismos permite retener de 4 a 7 UTN.

Para el lavado por retorno (retrolavado) simultáneo de agua y aire, deberán considerarse los siguientes tiempos:

Desatascamiento:	1 minuto y medio
Insuflación:	3 a 5 minutos
Enjuague:	5 a 6 minutos

### 3.1.8.2 Retención de sedimento

Esta retención está íntimamente ligada con el lavado de filtros, ya que entre mayor sea ésta, mejor será la calidad de agua en la salida de los filtros. Si se conoce la retención promedio de cada filtro, es posible conocer un tiempo aproximado de lavado para cada filtro. (ver gráficas de retención en apéndice No. uno).

### 3.1.8.3 Lechos filtrantes

Para evitar que se descubran los lechos filtrantes y mantener el nivel del plano de agua a la entrada, los filtros están equipados de un mecanismo regulador que crea una pérdida de carga auxiliar cuando el filtro está limpio, pérdida que se anula cuando el filtro se encuentra totalmente atascado, pues el regulador compensa el atascamiento del lecho filtrante (ver figura No. 34).

### 3.1.8.4 Fondo falso

El fondo falso está constituido de 44 losas de concreto, cada una provista de 49 boquillas, es decir:

$$49 * 44 = 2,156 \text{ boquillas por filtro.}$$

Con la limpieza del fondo falso, colocación e impermeabilización de las losas de concreto y el cambio del 60% de la boquillas, se ha logrado el 100% de eficiencia en la filtración y en el trabajo de equipo de retrolavado. Ya que con el fondo falso azolvado, por la falta de boquillas y por las planchas levantadas; el compresor y las bombas de lavado, trabajaban a grandes presiones, debido a que la arena almacenada en el fondo falso, se incrustaba en las boquillas por la parte inferior de las mismas, ocasionando contrapresiones internas (ver figuras Nos. 17, 18, 19 y 20).

### 3.1.8.5 Recuperación de agua de lavado de filtros

En el momento de lavar los filtros, el agua expulsada es almacenada en el tanque de recuperación de agua de lavado de filtros. Dicho tanque mide 10 metros de largo, 7 metros de ancho y 3 metros de profundidad, es decir, 210 metros cúbicos de capacidad.

De este tanque es bombeada el agua recuperada, a la entrada de agua cruda, para ser tratada nuevamente.

Si se asume que los 4 filtros se lavan una vez al día, se desperdiciarían 155 metros cúbicos de agua decantada por cada filtro, es decir:

$$155 * 4 = 620 \text{ metros cúbicos}$$

Conociendo el costo elevado del agua cruda, dada la energía

necesaria para elevarla a un altura de 430 metros hacia la planta, el objetivo principal es el de recuperar al máximo todas las posibles pérdidas de agua en los procesos de lavado de filtros y extracción de fangos.

Anteriormente, de las dos bombas disponibles, únicamente operaba una. Para su operación, era necesario arrancarla manualmente cada vez que se llenaba el tanque. Muchas veces el tanque rebalsaba y el agua era conducida al tanque de recuperación de extracción de lodos, lugar donde era imposible recuperarla, debido a la capacidad de las bombas de ese tanque, por lo que el agua tendía a rebalsar a la alcantarilla.

La implementación de las dos bombas sumergibles, con capacidad de 2.0 M3/min. cada una, contribuyen en este momento, a que el agua utilizada en el lavado sea recuperada de inmediato, debido a la protección del guarda nivel con que cuentan. (Ver su operación en el manual de operación capítulo IV y sus especificaciones técnicas en el apéndice No. dos).

### 3.1.9 LABORATORIO

En los últimos años, la planta Las Ilusiones únicamente contó con equipo para determinar cloro residual y turbiedad.

Con los cambios efectuados en la planta, se logró implementar también el laboratorio con cristalería, equipo y mobiliario, por lo que en este momento, es posible analizar adecuadamente el agua cruda que entra a la planta, para conocer la dosificación óptima a utilizar. Asimismo, conocer los efectos de dicha solución, en el agua decantada, filtrada y desinfectada. (Ver gráfica de solución óptima en apéndice No. uno y especificaciones técnicas del equipo en apéndice No. dos).

### 3.1.10 COSTOS UNITARIOS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

El mes de febrero de 1,996 fue el último mes que se trabajó con el sistema de dosificación antiguo, después de dicho mes, dio inicio la operación de la planta con el nuevo sistema (aplicación por solución diluida), así como también el bombeo con dos unidades nuevas de 800 caballos de fuerza, desde la estación de bombeo el Atlántico. Por tal razón, son tomados los costos del proceso de tratamiento del mes de febrero, los cuales muestran el consumo de energía eléctrica de la estación de bombeo el Atlántico y de la planta Las Ilusiones, así como consumo de químicos, combustibles y lubricantes y salarios ordinarios y extraordinarios del último mes de operación con equipo antiguo y los del mes de junio de 1,996, son considerados como los nuevos costos de operación, con la planta rehabilitada.

3.1.10.1 Costos del proceso de tratamiento del mes de febrero de 1,996

Estos costos se presentan en las siguientes tablas:

CONSUMO DE QUÍMICOS DURANTE EL MES DE FEBRERO 1996

NOMBRE QUÍMICO	CONSUMO LIBRAS	VALOR UNIT. X LIBRA	TOTAL Q.
SULFATO ALUMINIO	69,190	0.57	39,438.30
CORO GAS	3,462	1.12	3,877.44
SULFATO COBRE	00	4.69	000.00
HIPOCLORITO	237	5.25	1,244.25
CAL HIDRATADA	0	.1121	0.00
TOTAL EN Q.			44,559.99

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA FEBRERO

LUGAR	CONSUMO KW/H	VALOR UNIT. KW/H	TOTAL
ILUSIONES	4,720	0.61	2,879.20
ATLÁNTICO	1,013,600	0.61	618,216.00
TOTAL			621,095.20

LECTURA DE CONTADOR ATLÁNTICO AL 31/01/96 5756  
 LECTURA DE CONTADOR ATLÁNTICO AL 29/02/96 6118  
 FACTOR DE CONVERSIÓN =  $2800 \times (6118 - 5756) = 1013600$  KW/H

LECTURA DE CONTADOR ILUSIONES 31/01/96 3143  
 LECTURA DE CONTADOR ILUSIONES 28/02/96 3202  
 FACTOR DE CONVERSIÓN =  $80 \times (3202 - 3143) = 4,720$  KW/H

SUELDOS ORDINARIOS PAGADOS EN EL MES DE FEBRERO DE 1996 EN SISTEMA ILUSIONES ATLÁNTICO

PUESTO	No.PERSONAS	SUELDO INDIVI.	TOTAL
AUXILIAR	1	1,875.00	1,875.00
JEFES DE TURNO II	3	1,820.00	5,460.00
JEFES DE TURNO I	3	1,720.00	5,160.00
OPERADORES III	7	1,560.00	10,920.00
OPERADORES I	6	1,420.00	8,520.00
TRABAJ. OPERAT. II	4	1,140.00	4,560.00
BODEGUERO	1	1,420.00	1,420.00
TOTAL			37,915.00

**SUELDOS EXTRAORDINARIOS PAGADOS EN EL MES DE FEBRERO  
1996 EN EL SISTEMA ILUSIONES ATLÁNTICO**

<b>PUESTO</b>	<b>No. PERSONA</b>	<b>SUELDO HORA</b>	<b>No. HORAS</b>	<b>TOTAL</b>
JEFE DE TURNO II	3	15.17	24	2,184.48
JEFE DE TURNO I	3	14.33	24	2,063.52
OPERADOR III	5	13.00	24	3,120.00
OPERADOR I	3	11.83	24	1,703.52
OPERADOR I	1	11.83	8	189.28
TRABAJADOR OP. II	2	9.50	32	1,216.00
BODEGUERO	0	00.00	00	000.00
<b>TOTAL</b>				<b>10,476.80</b>

**CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES FEBRERO 1996**

GASOLINA	21*6.74296*4=	Q. 566.41
ACEITE	2*5.35=	10.68
<b>TOTAL EN QUETZALES</b>		<b>577.09</b>

<b>RESUMEN DE LOS GASTOS</b>	
SUELDOS ORDINARIOS	Q. 37,915.00
SUELDOS EXTRAORDINARIOS	10,476.80
CONSUMO DE QUÍMICOS	44,559.99
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	621,095.20
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	577.09
<b>TOTAL DE GASTOS MES DE FEBRERO</b>	<b>714,624.08</b>

PRODUCCIÓN EN METROS CUBICAS =316,545.71

COSTO UNITARIO =714,624.08/316,545.71  
= Q.2.2576

3.1.10.2 Costos del proceso de tratamiento del mes de junio.

Estos costos se presentan en las siguientes tablas:

CONSUMO DE QUÍMICOS DURANTE EL MES DE JUNIO 1996

NOMBRE QUÍMICO	CONSUMO LIBRAS	VALOR UNID. X LIBRA	TOTAL Q.
SULFATO ALUMINIO	150,370	0.57	85,710.90
CLORO GAS	5,140	1.12	5,756.80
SULFATO COBRE	30	4.69	140.70
HIPOCLORITO	32	5.25	168.00
CAL HIDRATADA	1,000	.1121	112.10
TOTAL EN Q.			91,888.50

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA JUNIO

LUGAR	CONSUMO KW/H	VALOR UNID. KW/H	TOTAL
ILUSIONES	4,400	0.61	2,684.00
ATLÁNTICO	1,100,400	0.61	671,244.00
TOTAL			673,928.00

LECTURA DE CONTADOR ATLÁNTICO AL 31/05/96	7349
LECTURA DE CONTADOR ATLÁNTICO AL 30/06/96	7742
FACTOR DE CONVERSIÓN = $2800 * (7742 - 7349) = 1400400$ KW/H	
LECTURA DE CONTADOR ILUSIONES 31/05/96	3377
LECTURA DE CONTADOR ILUSIONES 30/06/96	3432
FACTOR DE CONVERSIÓN = $80 * (3432 - 3377) = 4,400$ KW/H	

**SUELDOS ORDINARIOS PAGADOS EN EL MES DE JUNIO  
DE 1996 EN SISTEMA ILUSIONES ATLÁNTICO**

PUESTO	No. PERSONAS	SUELDO INDIVI.	TOTAL
AUXILIAR	1	1,875.00	1,875.00
JEFES DE TURNO II	3	1,820.00	5,460.00
JEFES DE TURNO I	3	1,760.00	5,280.00
OPERADORES III	7	1,560.00	10,920.00
OPERADORES I	6	1,420.00	8,520.00
TRABAJ. OPERAT. II	4	1,140.00	4,560.00
BODEGUERO	1	1,420.00	1,420.00
<b>TOTAL</b>			<b>38,035.00</b>

**SUELDOS EXTRAORDINARIOS PAGADOS EN EL MES DE JUNIO  
1996 EN EL SISTEMA ILUSIONES ATLÁNTICO**

PUESTO	No. PERSONA	SUELDO HORA	No. HORAS	TOTAL
JEFE DE TURNO II	2	15.17	24	728.16
JEFE DE TURNO I	3	14.33	24	1,031.76
OPERADOR III	5	13.00	24	1,560.00
OPERADOR I	4	11.83	24	1,135.68
OPERADOR I	1	11.83	24	283.92
TRABAJADOR OP. II	4	9.50	32	2,432.00
BODEGUERO	0	00.00	00	000.00
<b>TOTAL</b>				<b>7,171.52</b>

**CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES JUNIO 1996**

GASOLINA	20*9.15151*4= Q.	732.12
ACEITE	2*5.91 =	11.82
<b>TOTAL EN QUETZALES</b>		<b>743.94</b>

RESUMEN DE LOS GASTOS	
SUELDOS ORDINARIOS	Q. 38,035.00
SUELDOS EXTRAORDINARIOS	7,171.52
CONSUMO DE QUÍMICOS	91,888.50
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	673,928.00
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	743.94
<b>TOTAL DE GASTOS MES JUNIO</b>	<b>811,766.96</b>

PRODUCCIÓN EN METROS CÚBICOS =675,000

COSTO UNITARIO =811,766.96/675,000  
= Q.1.203

Como se puede observar, los gastos del mes de febrero son menores a los del mes de junio, pero la producción de agua en metros cúbicos, es mayor en el mes de junio, debido a los cambios realizados, lo que viene a disminuir el costo unitario por metro cúbico del mes de junio.

### 3.1.10.3 Costos de la rehabilitación

El costo de la rehabilitación en yenes es de quinientos treinta millones seis cientos noventa y nueve mil (Y530.699,000), aproximadamente cinco millones seis mil quinientos noventa y cuatro dólares ( \$.5.006,594), si el cambio actual es de 106 yenes por dolar.

Si se considera el cambio actual de seis quetzales por dolar, se tiene el total en quetzales, el cual asciende a treinta millones treinta y nueve mil quinientos sesenta y seis (Q.30.039,566.00). (Ver detalle de costos en apéndice No. uno).

# CAPÍTULO IV

## 4.1 MANUAL DE OPERACIÓN

La necesidad de operar correctamente los equipos, con que actualmente cuenta la planta de tratamiento de agua Las Ilusiones, es de vital importancia, ya que de ello depende la conservación y por ende, un largo período de servicio de los mismos. Por tal motivo, es necesario que se cuente con un manual de operación, para que sea utilizado como un instrumento de trabajo por las personas responsables de la operación de la planta y les permita operar y cuidar adecuadamente los equipos nuevos instalados en la rehabilitación, así como los ya existentes.

La información para la elaboración del presente manual, fue obtenida del manual de operación original de la planta, ya que la operación de la misma se realiza en un 60% igual a la operación anterior a la rehabilitación. Otra parte de la información, en un 30 % fue proporcionada por la compañía encargada de la rehabilitación Hitachi Plant, de donde se obtuvo la operación y mantenimiento de los equipos nuevos. La información restante, es decir el 10% fue generada en el presente trabajo, debido a que la preparación de solución de sulfato de aluminio y cal, así como su aplicación, fue cambiado de un sistema granular seco a un sistema volumétrico de inyección de solución.

### 4.1.1 PULSATOR

#### 4.1.1.1 Operaciones preliminares previas al arranque

- a) Revisar que todas las operaciones de limpieza que sean necesarias, se han efectuado. Esto se aplica en particular a los fondos de los concentradores de lodo, al fondo del clarificador, al interior de la cámara de vacío del pulsator y los canales de distribución general. Esta limpieza debe hacerse regularmente, con el fin de evitar taponamientos en los orificios de las tuberías de distribución o taponamientos en las tuberías de drenaje o extracción de lodos (ver figura No.30 y 31).
- b) Revisar que los switches de nivel (C) en la cámara de vacío estén operando correctamente (ver figura No. 11). Revisar los cables de control del flotador (excesiva fricción, posibles lugares en que se pudiera trabar, etc.).

c) Comprimir el aire en las válvulas automáticas de extracción de lodos y revisar que estén operando correctamente. Parar el equipo de control automático de estas válvulas (ver figura No. 30).

d) Abrir completamente las siguientes válvulas:  
válvula de drenaje general,  
válvulas manuales de extracción de lodos,  
válvulas de drenaje del concentrador de lodos,  
válvula de muestreo,  
válvulas en la tubería de succión de vacío.  
Estas válvulas se encuentran en el pasillo que comunica al cuarto de compresores.

#### 4.1.1.2 Llenado con agua

a) Previo a todo, arrancar los dosificadores de químicos (figura No. 6).

b) Alimentar el clarificador con agua cruda, la cual caerá en forma de cascada para que haya aireación (ver figura No. 33).

c) Cerrar la válvula de drenaje general del clarificador, una vez se ha confirmado que el flujo de alimentación de agua cruda está cerrado. Esta válvula se encuentra en el pasillo que comunica al cuarto de compresores.

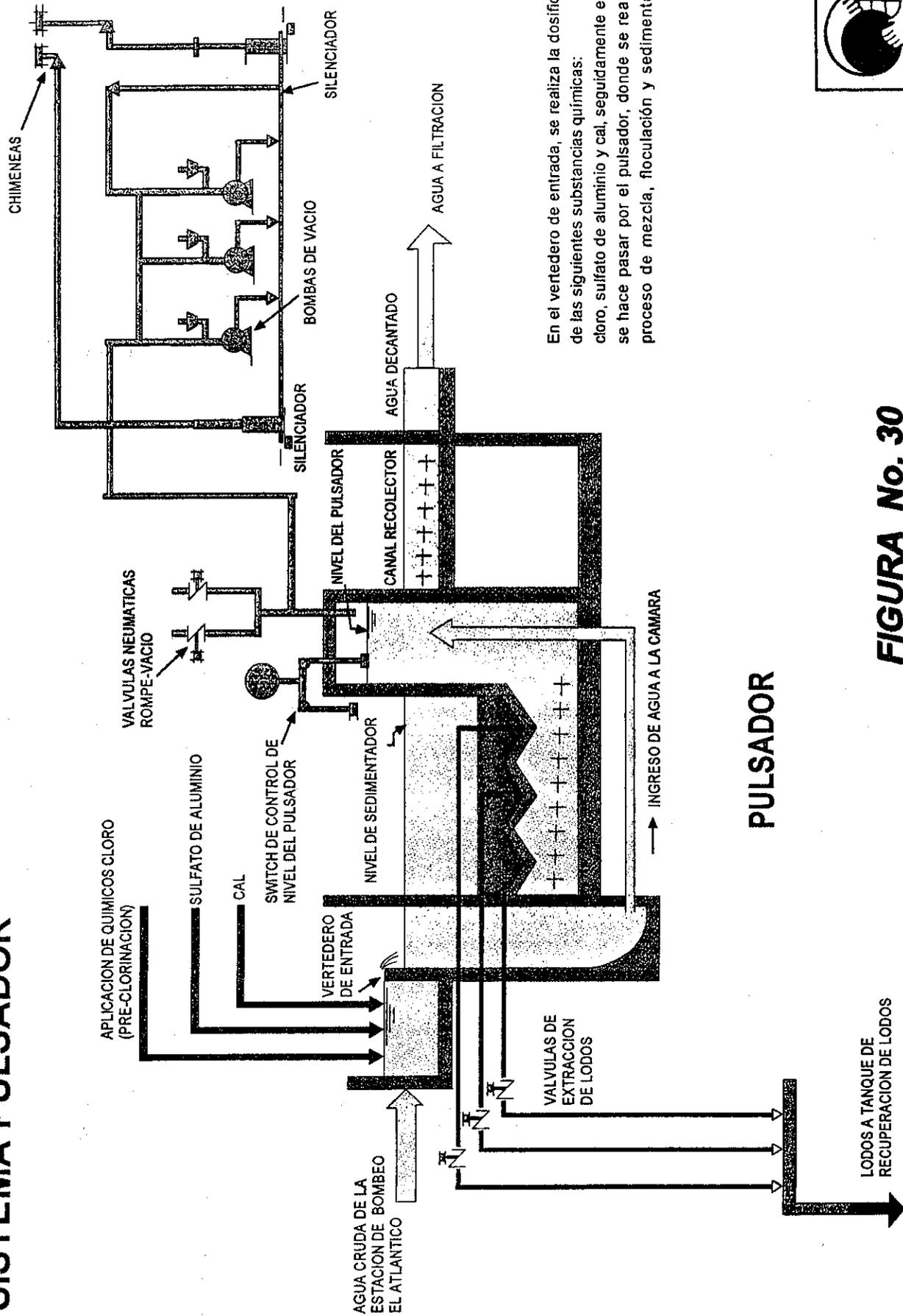
d) Dejar que el nivel de agua suba hasta el nivel de operación, revisar válvulas de drenaje (ver figura No.30).

e) Cerrar las válvulas manuales de muestreo de lodos, cuando comience a salir continuamente agua de ellas al drenaje que conduce al tanque de recuperación de agua de lodos. Estas válvulas se encuentran en el pasillo que comunica al cuarto de compresores.

f) Cerrar las válvulas de drenaje de los concentradores cuando comience a salir continuamente agua de ellas al drenaje que conduce al tanque de recuperación de agua de lodos.

g) Cerrar las válvulas manuales de extracción de lodos, cuando comience a salir continuamente agua de ellas al drenaje que conduce al tanque de recuperación de agua de lodos.

# SISTEMA PULSADOR



En el vertedero de entrada, se realiza la dosificación de las siguientes sustancias químicas: cloro, sulfato de aluminio y cal, seguidamente el agua se hace pasar por el pulsador, donde se realiza el proceso de mezcla, floculación y sedimentación.

**FIGURA No. 30**



#### 4.1.1.3 Calibración del flujo de agua cruda

Cuando el nivel de agua se encuentra aproximadamente 20 centímetros arriba de la orilla de los concentradores, comenzar a revisar el flujo de agua cruda, midiendo el tiempo que se tarda el nivel de agua en subir en etapas de 20 centímetros. La medición final deberá realizarse antes de que el nivel llegue al nivel de los canales colectores (ver figura No. 30).

#### 4.1.1.4 Cálculo de flujo

sea:

t= tiempo en segundos para que el nivel del agua suba 20 centímetros.

S= área total del pulsator en metros cuadrados:  
 $2.5 \text{ m} * 1.35 \text{ m} = 3.40 \text{ metros cuadrados}$

Q= flujo de agua cruda en metros cúbicos por hora.

La fórmula para calcular el flujo es:

$$Q = [( S * 0.2 * 3600 ) / t ]$$

$$Q = [( 3.40 * 0.2 * 3600 ) / t ] ; Q = 2448/t$$

Este cálculo del flujo de agua cruda, se comparará con las lecturas de flujo que muestre el medidor de flujo.

#### 4.1.1.5 Ajustes básicos del equipo de control de pulsación

- a) Revisar que, a flujos mínimo y máximo de alimentación, el nivel del agua clarificada que se recolecta en los orificios del canal colector, está por debajo del nivel de agua en el tanque pulsator. Si no, incrementar el nivel de agua clarificada, y bajar el nivel de agua en los filtros.
- b) Ajustar el switch (C) del flote (figura No. 11) de manera que, en la cámara de vacío pueda ajustarse al nivel máximo del agua durante la pulsación, a 70 centímetros del nivel estático máximo. El nivel mínimo de agua durante la pulsación se debe ajustar a 10 centímetros arriba del nivel estático máximo. Durante el arranque, la diferencia entre la altura máxima y mínima deberá ser 60 centímetros (ver figura No.30).
- c) Arrancar la bomba de vacío (figura No. 12) y lentamente cerrar las válvulas neumáticas rompe-vacío (A) (figura No. 11, 30 y 31), contar el número de vueltas si es necesario. Chequear el tiempo que se requiere para que el agua obtenga su máximo nivel. La duración de llenado es de 15 a 30 segundos.

- d) En el momento que se realice la primera prueba y se nota que el nivel de agua continua subiendo (por ejemplo que el equipo de control de pulsaciones no esté funcionando correctamente), rápidamente abrir las válvulas neumáticas rompe-vacío para evitar que se inunde la bomba de vacío. También revisar que el sifón de seguridad (B) (figura No. 11) esté operando bien. Cerrar completamente la válvula de venteo manual, chequear el nivel en la cámara de vacío y estar presto para abrir las válvulas manuales en caso de que el sifón de seguridad (B) no esté operando correctamente.
- e) Revisar que el tiempo de desagüe (período de tiempo que transcurre entre el nivel alto y bajo) de 5 a 7 segundos sea suficiente para proceder al vaciado de la campana del decantador.

#### 4.1.1.6 Distribución de concentración del lodo en el manto

Investigar cómo es la operación y la distribución de la concentración en el manto de lodos, así como también las condiciones de operación del pulsator cuando el flujo de entrada de agua a los sedimentadores se mantiene constante.

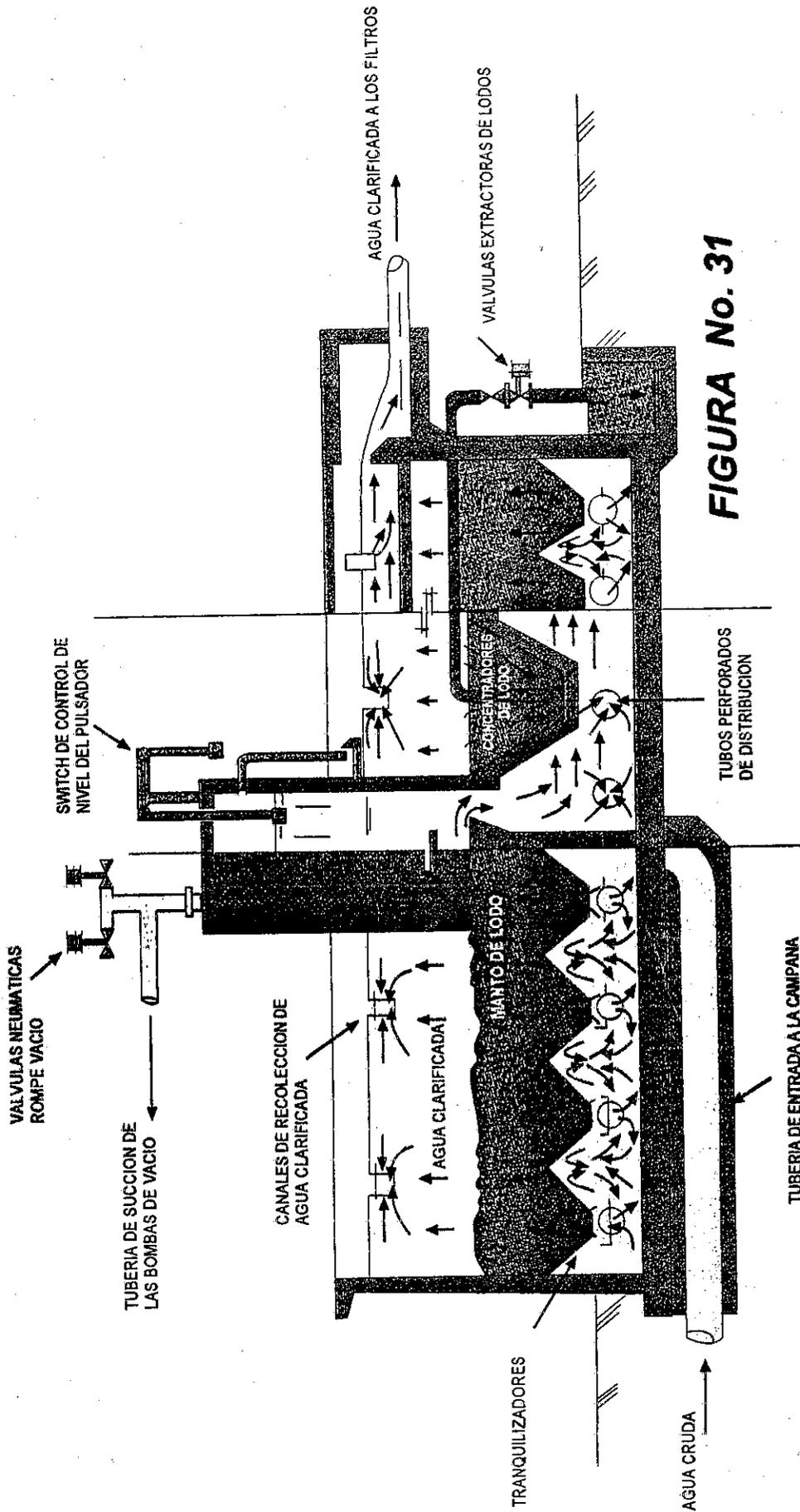
- a) Operación del pulsator a diferentes flujos de entrada de agua.
- b) Las condiciones de operación del pulsator se establecen en basen a los siguientes puntos:
  1. Levantando la altura (mm) de la columna de agua en el pulsator a 800, 750, 700 y 600.
  2. Incrementando el tiempo (seg.) de aplicación de vacío en el pulsator: 20, 25, 30 y 45.
  3. Tiempo de inyección (seg.) 5, 7, 10, y 15.
- c) Puntos de muestreo de lodos: se realizará a nivel del rebalse del concentrador de lodos (ver figura No. 31).
- d) Se tomarán seis diferentes muestras: 0, -300 mm, -600 mm, -900 mm, -1200mm y -1600 mm.

#### 4.1.1.7 Tiempo de formación del manto de lodos

El tiempo de formación del manto de lodo depende del tipo de agua y de la cantidad de reactivos que se requieren para la clarificación.

El manto de lodos se puede formar en 3 horas con agua cruda con mucha turbidez y utilizando cantidades muy elevadas de reactivos. O el manto de lodo puede tomar más de 24 horas en formarse cuando el agua que se está tratando es relativamente

# CLARIFICADOR - SEDIMENTADOR



**FIGURA No. 31**

## PULSADOR

Después de haber dosificado los productos químicos al agua, esta es forzada a entrar a la cámara del pulsador, por medio de la aplicación de vacío. Seguidamente se rompe el vacío por medio de válvulas neumáticas, las cuales causan que el agua caiga súbitamente, produciéndose el fenómeno de pulsación, que es la forma por medio de la cual se mezcla el producto químico con el agua y forme los flocúlos. El fenómeno de pulsación también sirve para mantener la altura y el espesor del manto de lodo.



clara y se estén utilizando bajas cantidades de reactivos.

El pH del agua clarificada deberá ser aproximadamente igual al pH que se obtiene en la Prueba de Jarras, con cantidades equivalentes de reactivo.

Durante las primeras tres horas, se debe anotar la siguiente información, la cual se debe realizar cada 30 minutos

TIEMPO DE FORMACIÓN DEL MANTO DE LODOS

Tiempo (min)	30	60	90	120	150	180
Flujo de agua cruda (m <sup>3</sup> /h)						
Altura de desagüe (m)						
Tiempo de desagüe (seg)						
Tiempo de succión (seg)						
Cantidad de reactivos (g/m <sup>3</sup> )						
Cloro						
Sulfato de aluminio						
Cal						
pH del agua cruda						
pH del agua clarificada						

Después de 3 horas de operación, analizar y llevar control cada hora de lo siguiente:

CONTROL DE MANTO DE LODOS

FECHA:

Tiempo (horas)				
Agua cruda (m <sup>3</sup> /hr.)				
Altura de desagüe (m.)				
Tiempo de desagüe (seg)				
Tiempo de succión (seg.)				
% de lodo de manto				
Después de 5 min. en fondo				
Después de 5 min. arriba				
Después de 10 min. en fondo				
Después de 10 min. arriba				
Frecuencia de extracciones				
Tiempo de extracciones				
Porcentaje de extracciones				
pH de agua cruda				
pH de agua clarificada				
Reactivos (g/m <sup>3</sup> )				
Cloro				
Sulfato de aluminio				
Cal				

#### 4.1.1.8 Ajuste final de la razón de pulsación y altura de desagüe.

El resultado del porcentaje de lodo en la parte superior e inferior del manto de lodo da los parámetros de ajuste de la razón de pulsación de la altura de desagüe. Dejar transcurrir tres horas entre el primero y segundo ajuste. No realizar ningún ajuste sin antes se hayan realizado análisis en el manto de lodo.

Si el porcentaje de lodo en la parte inferior del manto de lodos excede en más del 7% a la parte superior, la razón de pulsación está muy baja. Primero reducir el tiempo de desagüe (puede ser reducido a 5 segundos).

Si el porcentaje sigue siendo mayor del 7% entre la parte inferior y la superior del manto de lodo, incrementar la altura de desagüe en 5 centímetros, manteniendo la misma frecuencia entre las pulsaciones (tiempo de desagüe 5 segundos, tiempo de succión 45 segundos). La altura de desagüe puede ser incrementada hasta un máximo de 80 centímetros.

Si la diferencia se mantiene mayor del 7% ajustar el tiempo de succión, reduciendo en 5 segundos por cada prueba (no reducir el tiempo de succión de 20 segundos).

Si el porcentaje de lodo es mayor en la parte superior que en la parte inferior del manto de lodo, la razón de pulsación es muy rápida o la altura de descarga es excesiva. Primero reducir la altura de descarga a razón de 5 centímetros cada prueba. Si esto resulta insuficiente, incrementar el tiempo de succión en rangos de 1 segundo (el tiempo de succión no deberá incrementarse más de 15 segundos).

Si el problema persiste, revisar el tratamiento (puede ser insuficiente cantidad de agente coagulante).

##### Nota 1:

Solamente es permitido un porcentaje de lodo mayor del 5 al 7% en el fondo con respecto a la superficie del manto de lodo. Por otro lado, el porcentaje de lodo en la parte superior debe ser menor que en el fondo.

##### Nota 2:

Los ajustes anteriores solamente son aplicables si y solo si el pulsador está trabajando a los flujos de agua de entrada y salida nominales. Si los flujos son menores, revisar que la capacidad de succión de bombas de vacío permanezca menor que el flujo de entrada de agua cruda.

Por esta razón es necesario medir el flujo de llenado de la cámara de vacío, parando la entrada de agua cruda y de reactivos.

#### 4.1.1.9 Medición del tiempo de llenado a una altura de 30 centímetros.

Donde:

q = flujo de entrada (m<sup>3</sup>/hr.)

S4 = superficie interna de la cámara de vacío= 3.40 m<sup>2</sup>.

t = tiempo de llenado en segundos.

$$q = [(S4 * 0.30 * 3600) / t]$$

$$q = [(3.40 * 0.30 * 3600) / t]$$

$$q = 3672/t$$

Para prevenir que succione lodo en las partes inferiores y laterales del pulsator, durante el llenado de la cámara de vacío, ajustar la válvula de succión de la bomba de vacío, para que todo el tiempo se obtenga lo siguiente: q menor que flujo de agua cruda.

#### Nota 3:

En el pulsator los diferentes parámetros cambian generalmente a diferentes calidades de agua cruda y son los siguientes:

#### Baja turbidez del agua cruda

Tiempo de descarga 7 a 10 segundos

Tiempo de succión 20 a 24 segundos

Altura de descarga 60 centímetros

#### Mediana turbidez del agua cruda

Tiempo de descarga 5 a 7 segundos

Tiempo de succión 20 a 25 segundos

Altura de descarga 60 centímetros

#### Alta turbidez del agua cruda

Tiempo de descarga 7 a 9 segundos

Tiempo de succión 25 a 30 segundos

Altura de descarga 75 centímetros

#### 4.1.1.10 Órganos de pulsación

- Seguir las consignas de mantenimiento de las bombas de vacío (cada tres meses).
- Engrasar y conservar en buen estado los órganos de pulsación (cada tres meses).
- Pintar las tuberías de vez en cuando, para evitar posibles picaduras por exposición a la intemperie.

#### 4.1.1.11 Bombas rotativas de vacío (figura No.12)

- Antes de arrancar la bomba, revisar el nivel de aceite (I). Si está abajo de lo especificado, agregarle aceite.

### CUADRO DE FALLAS

POSIBLES CAUSAS	MARCA DEL SÍNTOMA
Desalineamiento	B, D, E, F
Base no está rígida	E
Mala instalación	B, D, E, F
Bajo nivel de lubricante	B, D, E, F
Alto nivel de lubricante	B, F
Diferencia de presión alta	A, C
Material extraño en el ventilador	G, H
Partes de la bomba dañadas	C, G, H
Filtro tapado	A, B, C, D, G
Cojinete dañado	C, G, H

### CUADRO DE SINTOMAS

MARCA	SÍNTOMA
A	Temperatura alta
B	Temperatura aceite alta
C	Motor sobrecargado
D	Ruido en partes del motor
E	La bomba vibra
F	Problema con cojinetes
G	Bomba no arranca
H	Bomba parada

- Chequear la tensión de la fajas todos los días. Una faja floja puede producir movimientos ondulares y rotura por fricción.
- Chequear y anotar diariamente las lecturas del nivel de amperios, cuando la bomba está operando en condiciones normales de carga.
- Revisar los manómetros de vacío regularmente y revisar

las lecturas.

#### **4.1.1.12 Extracción de fangos**

- Proceder a una extracción manual prolongada en cada concentrador cada 8 días, y limpiar las paredes de los concentradores con un cepillo de raíz.
- En caso de deterioro de una membrana, cerrar la válvula manual que precede a la automática (ubicada en el pasillo que comunica al cuarto de compresores) y efectuar purgas manuales si no se dispone de una membrana de repuesto.

#### **4.1.1.13 Vaciado**

- Una o dos veces al año, vaciar el pulsator y lavar el interior con chorros de agua a presión. Cada vez que se proceda al vaciado del decantador, también se vaciarán los concentradores y se limpiarán las cubas, campanas y canales de fangos. La ausencia de acumulación de fangos en el tanque, indicará el adecuado funcionamiento de este sector.

#### **4.1.1.14 Calibración de los flujos de extracción de lodos**

- a) Tan pronto como el flujo de entrada de agua cruda haya sido calibrado, ajustar el equipo automático de extracción de lodos para que cada una de las válvulas de extracción permanezcan abiertas 45 segundos, cada 5 minutos, el cual se encuentra dentro de los paneles del cuarto de bombas de retrolavado.
- b) Abrir las válvulas manuales de extracción de lodo y ajustar la cantidad de líquido que se extrae de tal manera que se obtenga una buena operación (abrir y cerrar) de las válvulas de diafragma (ubicadas en el pasillo que comunica al cuarto de compresores).
- c) Parar el equipo de control automático de extracción de lodos.
- d) Cuando el nivel del agua en el pulsator está abajo del nivel del canal colector, parar los alimentadores de reactivos en la entrada principal de agua cruda.
- e) Arrancar el control automático de extracción de lodos, si el nivel de agua está al nivel de operación (a nivel de los orificios del canal colector).
- f) Chequear cuánto tiempo es necesario para que el nivel de agua baje 5 centímetros, después repetir este proceso, por lo menos 3 veces.

- g) Anotar cuántas veces se abren las válvulas automáticas.

#### 4.1.1.15 Cálculo de flujo de extracción por válvula

Sea:

- T = tiempo en minutos para que el nivel de agua baje 5 centímetros.  
S = Área total de superficie en metros cuadrados del pulsator = 2.50 m \* 1.35 m = 3.40 metros cuadrados.  
n = Número de válvulas que están abiertas simultáneamente durante cada extracción.  
q = Flujo de extracción por válvula expresado en m/hr.

La fórmula está dada por:

$$q = [( S * 0.05 * 3600 * 5 ) / ( T * 45 * n )]$$
$$q = [( 3.40 * 0.05 * 3600 * 5 ) / ( T * 45 * n )]$$
$$q = 68 / ( T * n )$$

#### 4.1.1.16 Ajuste de las extracciones

Cuando la altura del manto de lodo alcanza el nivel de los vertederos de los concentradores:

- a) Arrancar con el sistema de control de extracción automática, hacer los siguientes ajustes:

Tiempo de extracción            15 segundos  
Frecuencia de extracción    30 minutos

- b) Obtener dos muestras (en probetas) del agua con lodo que sale de la tubería de extracciones, de la siguiente manera: Una muestra después de 2 segundos que se ha abierto la válvula y la segunda 3 segundos antes de que se cierre la válvula.
- c) Tapar con la palma de la mano cada una de las probetas y agitarlas unas 5 veces el contenido de la misma.
- d) Poner las probetas en un lugar donde la temperatura se mantenga constante.
- e) Anotar el volumen ( en ml.) del lodo que se ha depositado después de transcurridos 5, 10 y 30 minutos.
- f) El porcentaje de lodos será igual a:

% = ml. de lodo depositado \* 0.4 ( Fórmula obtenida del folleto DEGREMONT, para cálculo de formación del manto de lodo).

g) Los siguientes valores se deben obtener:

Después de 5 minutos	99 % (aprox.)
Después de 10 minutos	99 % (aprox.)
Después de 30 minutos	90 % (aprox.)

h) Si después de 30 minutos, la diferencia excede del 10%, reducir el tiempo de las extracciones, y si esto no es suficiente, reducir la frecuencia de extracciones.

i) La mejor calibración se obtiene cuando el manto de lodo se encuentra 10 centímetros arriba de los vertederos de los concentradores de lodo y además el nivel de lodo dentro de los concentradores está entre 20 y 30 centímetros, por debajo de los vertederos.

#### 4.1.1.17 Hoja de reporte para después del arranque

Fecha:

Número de pulsadores:

Dimensiones:

Área total (S1):

Área de posición (S1 - S2 - S3):

Área de la cámara de vacío ( S4 ):

Flujos de la unidad:

Máximo (m<sup>3</sup>/hr.)

Mínimo (m<sup>3</sup>/hr.)

Altura de desagüe:

Tiempo de desagüe:

Altura de succión:

Porcentaje de lodo en el manto de lodo después de 5 minutos:

En la superficie:

En el fondo:

Porcentaje de lodo en el manto de lodo después de 10 minutos:

En la superficie:

En el fondo:

Cantidad de reactivos:

Cloro:

Sulfato de aluminio:

Cal:

pH del agua cruda:

pH del agua tratada:

#### 4.1.1.18 Mediciones que deberán efectuarse

- a) Índice de volumen de lodo concentrado a los 30 minutos (SV 30).
- b) Concentración y temperatura del agua cruda y del agua limpia.
- c) Condiciones del tiempo y temperatura

- a) Procedimiento de medición del SV 30: Después de 3 horas de que las condiciones de operación del pulsator han sido establecidas, muestrear el agua y realizar las mediciones siguientes:

Utilizando una manguera de hule, tomar una muestra a cada una de las diferentes profundidades y ponerla en una probeta de 250 ml.

Agitar el cilindro aproximadamente 5 veces teniendo cuidado de tapar con la mano la abertura. Dejar el cilindro en reposo.

Medir el SV después de 30 minutos.

- b) Test de expansión de lodos: Utilizar las muestras que se han sacado cuando se ha medido la distribución de la concentración de lodos, y calcular el coeficiente de expansión.

- c) Materiales que se deben preparar
  - Bombas de vacío (1) de laboratorio con capacidad de 10 m<sup>3</sup>/min.\* -1000 mmAq.
  - Tubería SGP 80 A y 100 A. ( 1 set de cada una)
  - Manguera de hule de 8 mm. de diámetro. (10 metros).
  - Probeta de 250 ml. (10)
  - Probeta de 500 ml. (5)
  - Embudo (2)
  - Cronómetro (2)
  - Termómetro (3)

#### 4.1.1.19 Examen de expansión del lodo

El examen de expansión de lodo se debe realizar con el propósito de determinar la razón de ascenso del agua comparada con el diseño original. Los resultados obtenidos nos determinan la calidad de los flóculos.

**Principio:** Conforme el lodo se expande, el agua asciende intermitentemente desde el fondo, luego la relación entre la expansión del lodo y la razón promedio del aumento del

nivel del agua clara, es directamente proporcional.

**Operación:** Medir exactamente 50 centímetros cúbicos de lodo y ponerlos en una probeta de 250 centímetros cúbicos y dejar reposar el lodo durante cinco minutos. Poner el embudo en

el centro, con el final del embudo lo más cercano al fondo de la probeta, llevar el nivel a la marca de 250 centímetros cúbicos, agregando agua limpia poco a poco a través del embudo.

Calcular la razón de ascenso del agua (Vm/hr.) en el cilindro, basado en el promedio de agua que se está metiendo en la probeta. Medir la cantidad (Acc) de lodo que queda después de transcurridas 2 horas. La razón de expansión "E" que corresponde a Vm/hr es igual  $A^2/A$  donde "A" es la cantidad de agua cruda en la probeta. Utilizar  $K = V/(E - 1)$  como coeficiente. La capacidad de la probeta no tiene que ser necesariamente de 250 cc. Entre mejor sea la calidad del flóculo y las condiciones del lodo, el valor de "K" es más grande; los valores de K oscilan entre 0.5 - 0.6 en los casos que se tiene buena floculación y disminuyen a valores inferiores a 0.1 cuando se tienen bajas temperaturas en invierno.

El valor de "K" depende de la calidad de agua y del tipo, calidad y cantidad de productos químicos que se estén utilizando. El uso del valor "K" es muy efectivo para el diseño de equipo que sea económico, ya que generalmente es importante determinar las dimensiones apropiadas del equipo de tratamiento que se utiliza.

#### 4.1.1.20 Revisión del porcentaje de lodo

- Utilizar una probeta de 250 ml.
- Remover los tapones durante 2 minutos aproximadamente, para muestrear la parte superior del manto de lodos y repetir la misma operación con la parte inferior del manto de lodos.
- Remover aproximadamente 250 ml. de muestra de cada uno de los muestreadores, y ponerlo en cada una de las probetas.
- Tapar con la palma de la mano el extremo abierto de la probeta y voltearlo cinco veces, con el fin de mezclar bien el contenido.
- Poner ambas probetas en un área en donde la temperatura se mantenga constante.
- Anotar el volumen (ml.) de lodo que se deposita, después de transcurridos 5 y 10 minutos.

- El porcentaje de lodo será igual a:

$$\% = \text{ml de lodo depositado} * 0.4$$

#### 4.1.2 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN

##### IV.1.2.1 Tanque de preparación de solución de sulfato de aluminio (ver figuras Nos. 4, 6, 7, 8 y 32).

Este tanque tiene dos compartimientos, con una capacidad de almacenamiento de 7.71 metros cúbicos de solución en cada uno.

La solución en el tanque deberá ser al 10% de concentración.

Si se disuelven 100 gramos de sulfato de aluminio en 1000 ml. de agua pura (1 litro), se determina que esa solución se encuentra al 10%, de la siguiente manera:

$$100 \text{ grms. sulfato} / 1000 \text{ grms. agua} = 0.1$$

Si cada tanque tiene un volumen de aceptación de 7.71 metros cúbicos netos, es decir, agua más sulfato de aluminio:

Si:

h1 = altura total interna del tanque ( nivel del piso al cielo).

h2 = Altura interna del piso al rebalse.

h3 = Altura de colchón de solución, para protección del equipo.

h4 = Altura que ocupa el sulfato de aluminio.

h5 = Altura de agua sobre el nivel de colchón de protección

S = Area de cada compartimiento.

V1 = Volumen máximo de capacidad del tanque (nivel de piso al rebalse).

V2 = Volumen de agua total

V3 = Volumen de sulfato de aluminio

V4 = Volumen de agua arriba del colchón de protección

V5 = Volumen del colchón de protección

W = Peso en kilogramos de sulfato de aluminio

$$h1 = 2.48 \text{ metros}$$

$$h2 = 2.38 \text{ metros}$$

$$h3 = 0.75 \text{ metros}$$

$$S = 1.80 \text{ m.} * 1.80 = 3.24 \text{ m}^2$$

$$V1 = S * h2 = 2.38 * 3.24 = 7.71 \text{ m}^3$$

$$V2 = S * h2$$

$$V3 = S * h4$$

$$V4 = S * h5$$

$$V5 = S * h3 = 2.43 \text{ M}^3$$

Tomando en cuenta el volumen del sulfato de aluminio se tiene:

100 grms. de sulfato de aluminio, más 1000 ml. de agua,

incrementa 50 ml. en la solución al 10%, es decir, la solución tendrá un volumen de 1050 ml.

Como: 1 litro de agua = 100 grms. de sulfato  
7710 litros de agua = X grms. de sulfato

$$X = 7710 * 100; \quad X = 771000 \text{ grms.}$$
$$W = X/1000 = 771000/1000 = 771 \text{ Kg.}$$

Si 100 grms. de sulfato aumenta 50 ml.  
771000 grms. de sulfato aumenta X ml.

$$X = [(771000 * 50)/100] = 385500 \text{ ml.} = 385.5 \text{ litros}$$
$$V3 = X/1000 = 385.5/1000 = 0.3855 \text{ M3}$$

Para conocer la altura que necesitan los 0.3855 M3, hacemos:

$$(S * h4) = 0.3855; \text{ despejando se tiene:}$$

$$h4 = (0.3855/3.24) = 0.11898 \text{ metros.}$$

Por lo tanto restamos 12 centímetros a la h2 ( 2.38 m.), y se obtiene: 2.26 m. = h5

$$V2 = (S * h5) = (3.24 * 2.26) = 7.3224 \text{ M3}$$

1 Litro de agua = 100 grms. de sulfato  
7322 litros de agua = X grms. de sulfato

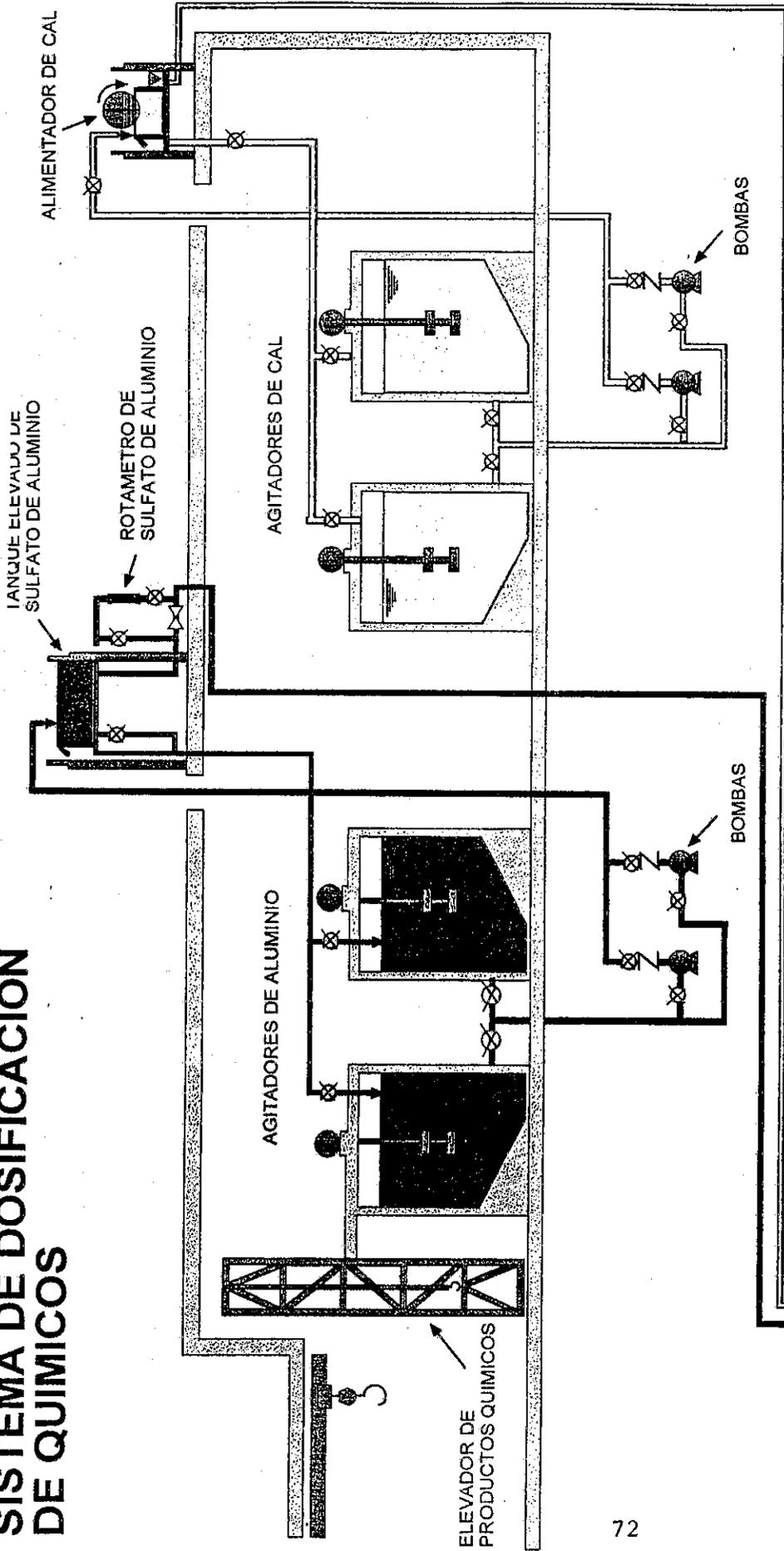
$$X = 7322 * 100 ; \quad X = 732200 \text{ grms.}$$
$$W = (X/1000) = (732200/1000) = 732.2 \text{ kg.}$$

Por lo tanto, se tiene que llenar con agua los dos tanques, ( 1 y 2 ) hasta una altura de 2.26 m., luego agregar 732.2 Kg. de sulfato de aluminio en cada uno.

Después de cumplido lo anterior, se deben seguir los siguientes pasos:

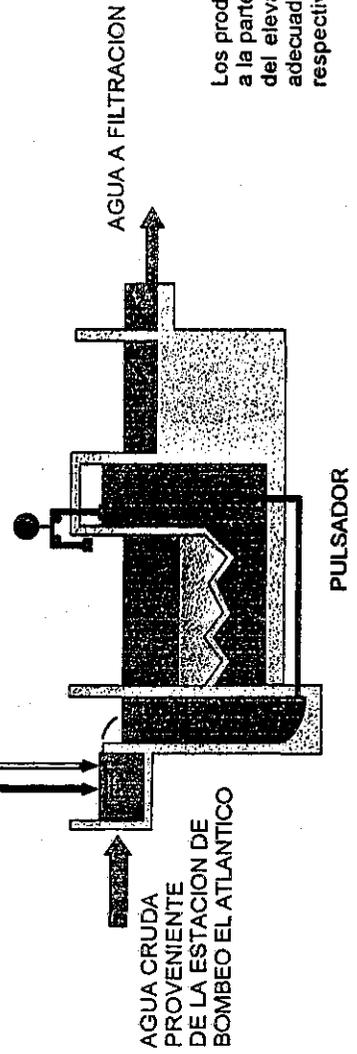
1. En el momento de su operación, tener cuidado de dejar un colchón de solución, de 0.75 metros, ( 2.43 M3) para protección de los agitadores.
2. Cuando el nivel de la solución se aproxima a 0.75 metros,( 2.43 M3) sonará la alarma en el panel de control ubicado en el laboratorio. En ese momento, se debe arrancar la bomba de impulsión del tanque lleno y parar la del tanque vacío.
3. No apagar los motores de los agitadores, de lo contrario, creará sedimento en el fondo de los tanques, provocando daño a los mismos.
4. Preparar la solución en el tanque vacío:  
Llenar con agua hasta la altura de 2.29 m., es decir,

# SISTEMA DE DOSIFICACION DE QUIMICOS

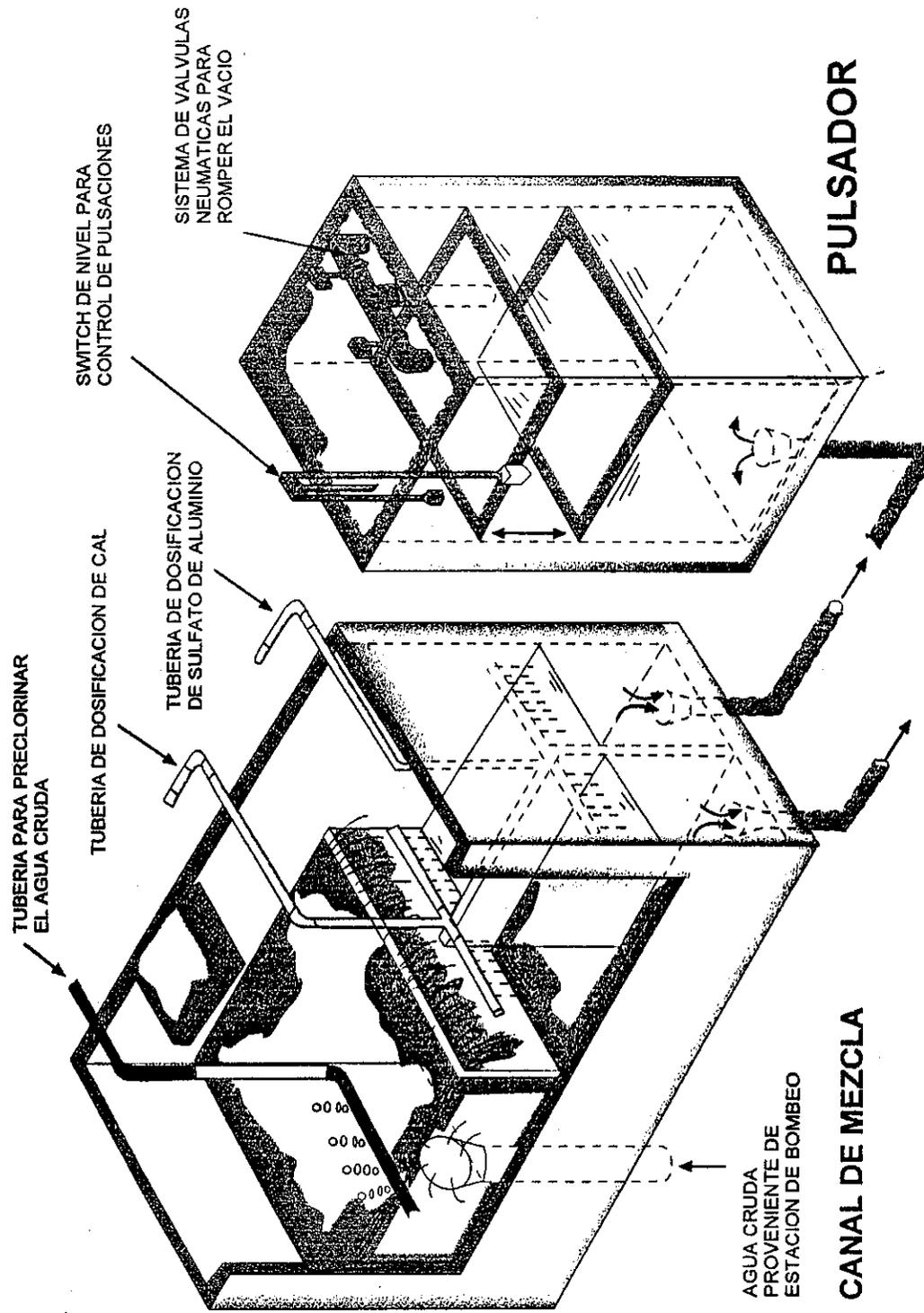


**FIGURA No. 32**

Los productos químicos (sulfato de aluminio y cal) se suben a la parte superior de los tanques de preparación por medio del elevador eléctrico. Se preparan soluciones químicas adecuadas para posteriormente bombearlas a través de sus respectivos sistemas, hasta los puntos de alimentación.



# SISTEMA DE DOSIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS



**FIGURA No. 33**

El agua proveniente de la estación de bombeo llega al tanque de recepción de agua cruda en donde se realiza la precloración, y posteriormente ingresa por los vertederos, donde se le aplica una solución preparada de cal y sulfato de aluminio. El sulfato de aluminio es el agente coagulante, cuya función es unir las partículas muy pequeñas formando otras de mayor tamaño para que por su propio peso, se depositen en el fondo del sedimentador, mientras que la cal se utiliza para corregir la acidez que pueda tener el agua.



hasta un volumen de 7.42 M3.

Como:

1 litro de agua = 100 grms. de sulfato  
X litro de agua = 50000 grms. de sulfato

$$X = (500000 / 100) ; \quad X = 5000 \text{ litros.}$$

$$V2 = (X/1000) = (5000/1000) = 5.0 \text{ M3}$$

$$h5 = (V2/S) = (5.0/3.24) = 1.54 \text{ m.}$$

Si 100 grms. de sulfato aumenta 50 ml.

500000 grms. de sulfato aumenta X ml.

$$X = [(500000 * 50)/100] = 250000 \text{ ml.} = 250 \text{ litros}$$

$$V3 = (X/1000) = (250/1000) = 0.25 \text{ M3}$$

Para conocer la altura que necesitan los 0.25 M3:

$$(S * h4) = 0.25; \text{ despejando se tiene:}$$

$$h4 = (0.25/3.24) = 0.08 \text{ metros.}$$

Sumando los volúmenes se tiene:

$$V1 = (V2 + V3 + V5) = (5.0 + 0.25 + 2.43) = 7.68 \text{ M3}$$

5. En caso de que el nivel sobre el colchón de protección, no sea el indicado, es decir, mayor o menor que éste, se debe:

a) Leer lectura en la escala del tanque, la cual está dada en metros cúbicos ( $V6$ ), la cual está pegada en el frente del tanque de solución.

b) Restar a 7.68 M3, que es el volumen de almacenamiento del tanque, la lectura leída ( $V6$ ), para obtener el volumen faltante de solución en el tanque ( $Vf$ ).

$$Vf = (7.68 - V6)$$

c) Multiplicar  $Vf$  por 95

$$W = (95 * Vf) = \text{kg. de sulfato de aluminio}$$

6. verificar con el densímetro el porcentaje de solución y usar esta lectura, para determinar la lectura del rotámetro.

#### 4.1.2.2 Rotámetro tipo área

- Durante la operación, abrir o cerrar la válvula que se encuentra abajo de él lentamente. No hacer ninguna lectura, hasta que la indicación del rotámetro esté

estable.

- Tener cuidado de que no se depositen burbujas de aire dentro del medidor, ya que ocasionará error de lectura.
- Lectura del rotámetro:

$$LR = [( Q * ppm ) / ( 600 * \% )]$$

LR = Lectura de rotámetro  
Q = Caudal de entrada a la planta en M3/hr.  
ppm = Solución óptima obtenida en la prueba de jarra.  
% = Porcentaje de solución en el tanque de dosificación de sulfato de aluminio.

#### PROCEDIMIENTO:

1. Determinar mediante la prueba de jarras correspondiente, la dosificación óptima a aplicar, la cual está dada en mg/litro.
2. Tomar una muestra de un litro de solución en el tanque de distribución de solución y colocarla en una probeta de vidrio de 1000 mililitros, luego introducir dentro de él, el densímetro. Dejar que se estabilice para tomar la lectura que registra el mismo, la cual debe coincidir con el nivel dentro de la probeta. Luego de tomada la lectura, consultar la tabla de densidad vrs. % de sulfato de aluminio en la página 39 del capítulo III.
3. Tomar la lectura de entrada de agua cruda en metros cúbicos hora, en el panel ubicado en el laboratorio.

#### EJEMPLO:

Suponiendo que el medidor electrónico de flujo de entrada registra 960 m3/hora y que la lectura del densímetro es de 1.1 (ver gráfica en página 36), ésta da una lectura de 16 % en peso de sulfato de aluminio. Además, la solución óptima obtenida en la prueba de jarras es de 60 mg/litro, se tiene:

$$LR = (( 960 * 60 ) / ( 600 * 16 ))$$
$$LR = 6 \text{ LITROS/MINUTO}$$

#### 4.1.2.3 Bombas dosificadoras de sulfato de aluminio

- No operar la bomba en seco o con la válvula de succión (F) (figura No. 6) cerrada, de lo contrario se dañará dicha bomba.
- En caso de cavitación, parar la bomba inmediatamente.

$$V1 = (S * h2) = (2.38 * 3.24) = 7.71 \text{ m}^3$$

$$V2 = (S * h2)$$

$$V3 = (S * h4)$$

$$V4 = (S * h3) = 2.43 \text{ M}^3$$

Debido a que el volumen de la cal es muy pequeño, no se toma en consideración.

Como: 1 litro de agua = 10 grms. de cal  
 7710 litros de agua = X grms. de cal

$$X = (7710 * 10) ; \quad X = 77100 \text{ grms.}$$

$$W = (X/1000) = (77100/1000) = 77.1 \text{ Kg.}$$

Por lo tanto, se tiene que llenar con agua los dos tanques, ( 1 y 2 ) hasta una altura de 2.37 m., ( 7.68 M<sup>3</sup>) luego agregar 77.1 Kg. de sulfato de cal en cada uno. Después de cumplido lo anterior, se deben seguir los siguientes pasos:

1. En el momento de su operación, tener cuidado de dejar un colchón de solución, de 0.75 metros, ( 2.43 M<sup>3</sup>) para protección de los agitadores.
2. Cuando el nivel de la solución se aproxima a 0.75 metros, ( 2.43 M<sup>3</sup>) sonará la alarma en el panel de control ubicado en el laboratorio. En ese momento, se debe arrancar la bomba del tanque lleno y parar la del tanque vacío.
3. No apagar los motores de los agitadores, de lo contrario, creará sedimento en el fondo de los tanques, provocando daño a los mismos.
4. Preparar la solución en el tanque vacío:
  - Llenar con agua hasta la altura de 2.37 m., es decir, hasta un volumen de 7.68 M<sup>3</sup>. y restarle a esta cantidad, el volumen del colchón de protección, para obtener el volumen de solución faltante (Vf).

$$Vf = (7.68 - 2.43) = 5.25 \text{ M}^3$$

$$W = (5.25 * 100 * 0.1) = 52.5 \text{ Kg.}$$

5. En caso de que el nivel sobre el colchón de protección, no sea el indicado, es decir, mayor o menor que éste, se debe hacer lo siguiente:
  - a) Leer lectura en la escala del tanque, la cual está dada en metros cúbicos ( V6 ).
  - b) Restar a 7.68 M<sup>3</sup> que es el volumen de almacenamiento del tanque, la lectura leída (V6),

para obtener el volumen faltante de solución en el tanque ( Vf).

$$Vf = (7.68 - V6)$$

c) Multiplicar Vf por 95

$$W = (10 * Vf) = \text{kg. de cal}$$

6. verificar con el densímetro el porcentaje de solución y usar esta lectura, para determinar la lectura del alimentador de cal.

#### 4.1.2.7 Alimentadores de cal

El alimentador de cal tipo Rotodip, consiste en un tanque en el cual el nivel de líquido se mantiene por medio de una válvula de flote o un vertedero y una rueda de inmersión para alimentar el líquido. La rueda de inmersión tiene 8 recipientes y cada uno de ellos tiene una capacidad, aproximada de 0.525 litros. Cada uno de estos recipientes esta diseñado para que el exceso de líquido se caiga antes de que alcance la salida del alimentador (ver figura No. 32).

Debido a que el alimentador opera bajo principio de alimentación volumétrica, tiene un rango de alimentación teórica la cual se presenta en las páginas Nos. 41 y 42 y del capítulo III. La calibración se realizó en dos etapas:

- 1.- Se determinaron las revoluciones por hora para cada dígito de la rueda de inmersión.
- 2.- Se determinó el tiempo que tarda en dar una revolución, con distintos dígitos, para ello se empezó por evaluar los dígitos de 5 en 5, comenzando con el número 5 y finalizando con el 35. Como los 8 recipientes tienen un volumen de 0.525 litros cada uno; en cada revolución se obtienen 4.2 litros. Si el tiempo que se tarda el alimentador en dar una vuelta es conocido, es posible conocer las revoluciones hora para cada dígito, y como se conocen los litros por cada revolución, se puede obtener un factor para convertir a litros por minuto.

$$\text{factor} = (4.2 \text{ litros} / 60 \text{ minutos}) = 0.07 \text{ l/min.}$$

#### IV.1.2.8 Bombas dosificadoras de cal (ver figura No. 6)

- Engrasar los cojinetes periódicamente con 1/8 de libra de grasa. No echar grasa en exceso, ya que esto puede producir sobrecalentamiento. No mezclar diferentes tipos de grasa.

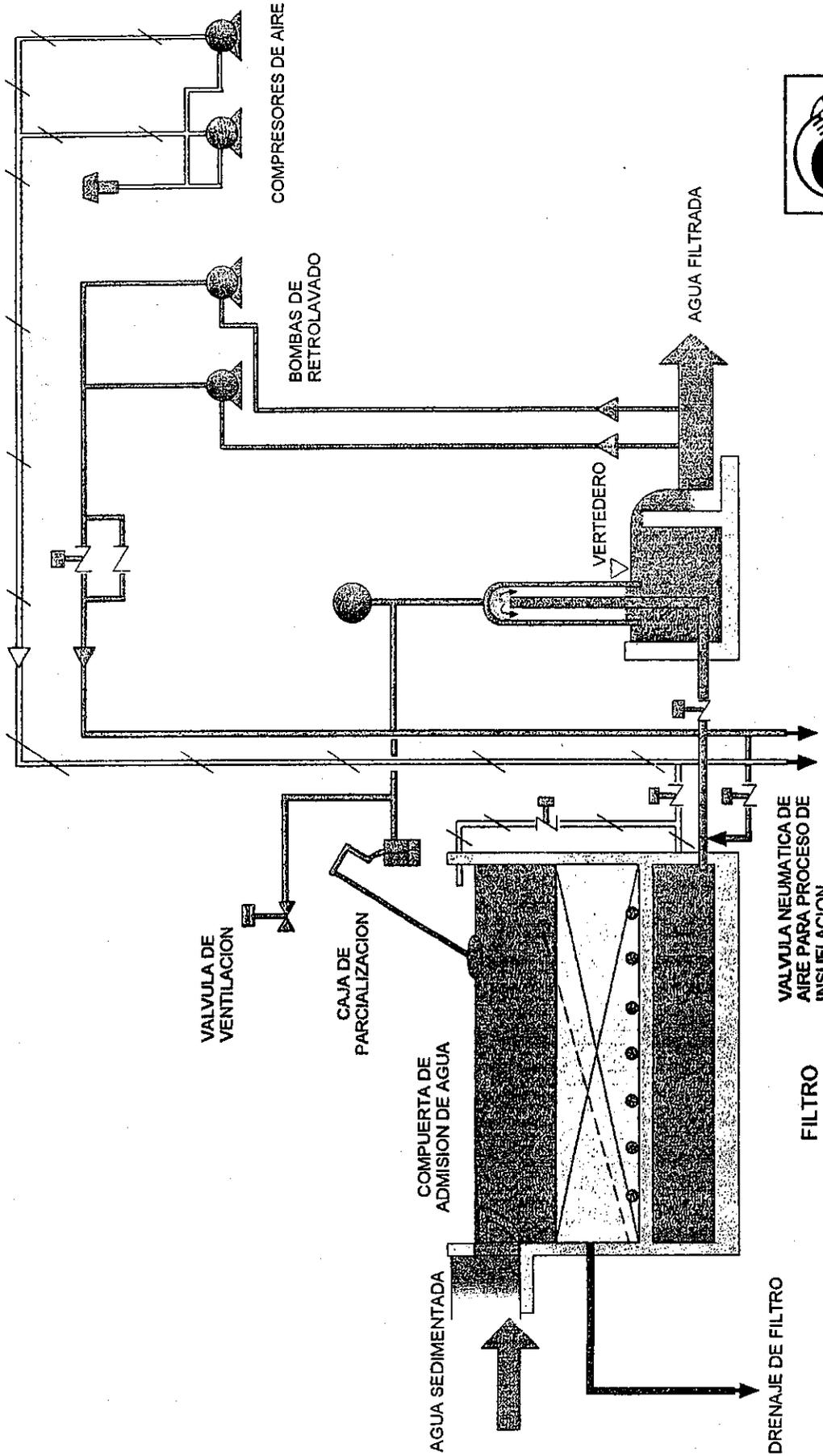
- Tensar y alinear las fajas de las poleas.
- Después de que la bomba se haya arrancado, ajustar presión y el flujo del sello del agua del eje en la válvula (G).
- Revisar después de que se haya arrancado la bomba, la presión del manómetro (K) y el consumo de cada una de las líneas, con el fin de confirmar que no existe cavitación, sobrecarga del motor excesivo o bien insuficiente flujo del líquido.
- Revisar los cojinetes constantemente, para determinar si existe calentamiento fuera de lo normal.
- Revisar que no tenga vibraciones o ruidos anormales. Generalmente los mismos son generados por efecto de las tuberías.
- Revisar la bomba por lo menos una vez al año. Esta revisión incluye ejes, interior de la bomba, tuberías, sellos de ejes e instrumentos.
- Parte de la vida de la bomba depende de la naturaleza o características del líquido que se está bombeando, revisar el grado de desgaste de la condición de deterioro de las partes de la bomba.
- Cuando los sellos están gastados, comienza a fugarse el líquido, en ese caso, todos los sellos deben cambiarse. Cada vez que dichos sellos se cambien, revisar el grado de desgaste de la camisa del eje y cambiarla si es necesario.

#### 4.1.3 SISTEMA DE FILTRACIÓN (ver figura No. 34 y 35)

##### 4.1.3.1 Puesta en servicio de los filtros

- Tan pronto como el agua llegue a la canaleta decantada, limpiar ésta y evacuar la suciedad por medio de la válvula de vaciado, ubicada en el pasillo que comunica al cuarto de compresores.
- Cerrar la válvula de vaciado de la canaleta decantada y abrir las válvulas de vaciado de filtros, ubicadas en el pasillo que comunica el cuarto de compresores.
- Después de funcionar unos momentos, los cuatro filtros podrán admitir agua; cerrar entonces todas las válvulas de vaciado de filtros.
- Poner en marcha el grupo compresor de aire (ver fig No.28), abrir los tableros de lavado, la válvula de llegada del aire comprimido y comprobar el funcionamiento de las válvulas.

# SISTEMA FILTRACION



VALVULA NEUMATICA DE AIRE PARA PROCESO DE INSUFLACION.  
VALVULA NEUMATICA DE CONTROL DE FLUJO DE RETROLAVADO.

**FIGURA No. 34**



# SISTEMA DE FILTRACION

El agua proveniente de los sedimentadores ingresa a los filtros, en donde a través de las diferentes capas de material del lecho filtrante, se retienen las particulas que no han sido removidas en el proceso de sedimentación. Posteriormente, el agua se conduce a los tanques de distribución, regulando su salida por medio del sifón.

Debido a que el material removido se acumula en las diferentes capas de filtración, aplicando para esto agua y aire, en forma ascendente, proceso que se realiza en tres etapas: desatascamiento, insuflación y enjuague.

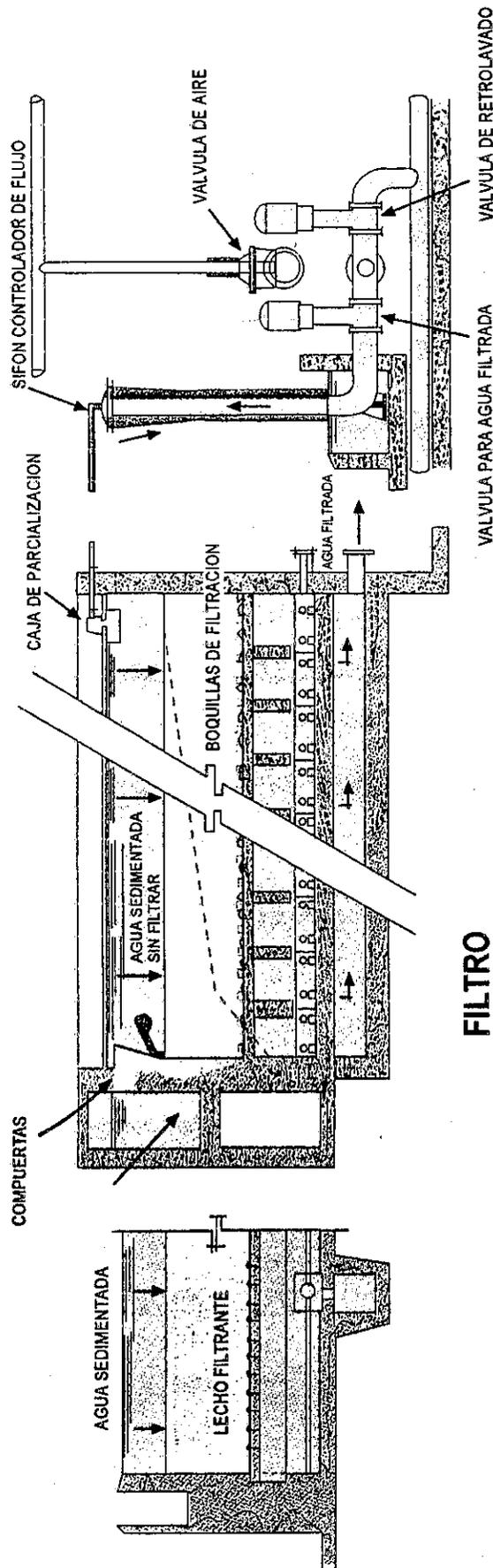


FIGURA No. 35

- Cuando los flotadores de las cajas de parcialización (M) (figura 16) entran en contacto con el agua decantada, abrir las válvulas de salida de agua filtrada, ubicadas sobre los sifones de salida (ver figura No. 35).

#### 4.1.3.2 Lavado de los filtros

El lavado de un filtro está controlado desde un pupitre (ver figura No. 35B). En dicho pupitre el control de las operaciones sucesivas están centralizadas en el "ciclomatic". El "ciclomatic" puede mandar 2 tipos de ordenes o señales: neumáticas o eléctricas.

Las señales neumáticas son enviadas por el ciclomatic mismo y las señales eléctricas por el repetidor eléctrico, colocado en



FIGURA No. 35 A  
SIFONES DE SALIDA DE LOS FILTROS

la parte inferior del ciclomatic.

El ciclomatic propiamente dicho recibe aire a presión de una tubería que puede aislarse por medio de una válvula manual dentro del pupitre (figura No.35B), y reparte según su posición, el aire a presión hacia un lado de los cilindros de las válvulas de agua filtrada, agua de lavado, aire de lavado (figura No.35); pone al escape las otras 3 tuberías que llegan al otro lado de estos cilindros y pone a presión o al escape, la tubería que va a la válvula de purga del colchón de aire (R)(figura No. 35). También en la posición "parada" conecta el pulsator neumático con el aire a presión.

El repetidor eléctrico cierra un contacto en la posición "filtración" que permite el arranque del combinador, prende o apaga los focos de "filtración", "parada" sobre el pupitre y los focos "abierto" y "cerrado" de la válvula de purga del colchón de aire (R) (figura No. 35) en el panel gráfico, manda las señales necesarias hacia la válvula del by-pass y hacia la válvula del filtro.

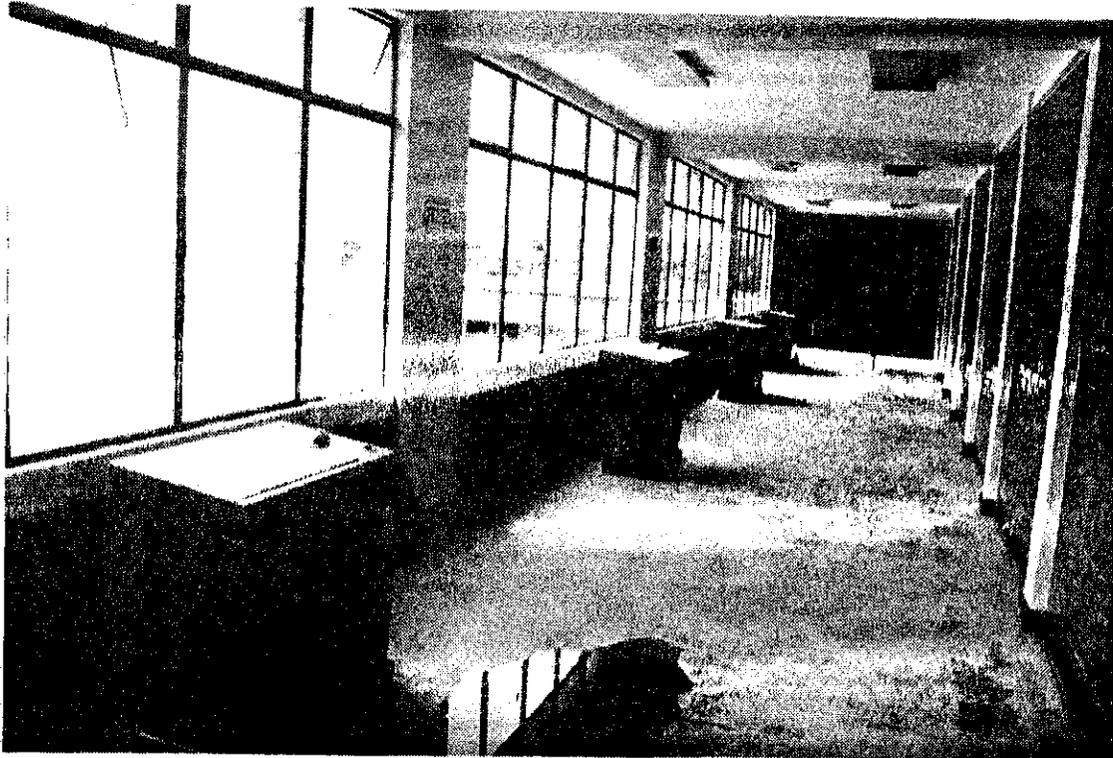


FIGURA No. 35 B  
PUPITRES (CICLOMATIC) DE CONTROL DE MANDOS DE LOS FILTROS

Antes del primer lavado de filtros, comprobar el nivel de aceite del compresor, así como el engrase y cebado de las bombas de lavado de filtros (ver figura No. 21 y 35). Luego seguir los siguientes pasos:

- Abrir el armario combinador
- Abrir el cofre de seguridad y tomar la palanca de maniobra que se encuentra dentro de él.
- Poner el conmutador del armario combinador en la posición "manual".
- En el pupitre de mando, (cyclomatic) colocar la palanca de maniobra, para que éste se accione.
- Accionar la bomba de lavado, oprimiendo el botón "marcha" de dicha bomba en el armario combinador. Luego en el pupitre de mando (ciclomatic), mover la palanca de maniobra y colocarla en la posición "desatascamiento".
- La válvula de salida de agua filtrada se cierra.
- Abrir la válvula de llegada del agua de lavado; comprobar el funcionamiento de la válvula de mariposa de desatascamiento. El nivel del filtro debe descender 7 centímetros en 36 segundos.
- Después de este ajuste y pasado 40 segundos, poner el compresor, accionando el botón "marcha" del compresor, en el armario combinador.
- Al alcanzar la velocidad normal el compresor, poner el ciclomatic en posición "insuflación".
- Se abre la válvula de entrada del aire de lavado.
- Cuatro o cinco minutos más tarde, poner el ciclomatic en la posición "enjuague".
- La válvula de aire de lavado se cierra, el by-pass se abre, la válvula de evacuación del colchón de aire se abre.
- Parar el compresor accionando el botón "parada" del compresor.
- En cuanto el agua que sale de los filtros esté clara, poner el ciclomatic en la posición "parada", la válvula de agua de lavado se cierra.
- Parar la bomba de lavado, pulsando el botón "parada" de la bomba de lavado.

- Para poner de nuevo el filtro en servicio, pulsar el botón "filtración".
- La válvula de salida de agua se abre automáticamente.
- La válvula de purga del colchón de aire se cierra automáticamente.
- Lavar los cuatro filtros lo más pronto posible y regular las cajas de parcialización (M) (figura No. 16).

#### 4.1.3.3 Bombas horizontales para lavado de filtros

- Alimentar la línea de enfriamiento con agua.
- Abrir totalmente la válvula en la tubería de succión.
- Llenar con agua el cuerpo de la bomba. (No arrancar la bomba si no se ha cumplido esa condición).
- Abrir la válvula de la tubería de descarga a la mitad (el aire que pudiera haber estado en el cuerpo de la bomba, saldrá automáticamente).
- Revisar el nivel de aceite. La bomba tiene un visor en la parte lateral del cuerpo de la misma.
- En caso de que la presión no alcance la especificada, los cojinetes se sobrecalienten, el motor o la bomba vibren anormalmente o que se oigan sonidos anormales después de que la bomba alcance la velocidad de trabajo, parar inmediatamente la bomba, y revisar.
- Revisar la presión en la tubería de descarga, voltaje y amperaje, compararlos con los que están indicados en la placa del motor.
- No permitir que los motores giren a la inversa, ya que esto causará daños fatales al motor y a la bomba (si el motor gira al revés, la cabeza y la descarga de la bomba decrecen anormalmente, mientras el caballaje al eje del motor se incrementa anormalmente).
- Cerrar la válvula de succión en caso de que la bomba no se piense trabajar por largo período de tiempo.
- Drenar totalmente el cuerpo de la bomba de líquido para prevenir oxidación, en caso de paro largo de la bomba.
- No acercarse al motor y a la bomba muy seguido, ya que se puede correr el riesgo de accidente.

- Cambiar el aceite cada 500 horas de operación o cada 6 meses.

**Mantenimiento:**

**Diario:** Medir y anotar la siguiente información: Presión de descarga, capacidad, amperaje, temperatura de cojinetes y temperatura ambiente.

**Semanal:** Revisar la estopa del eje de la bomba (revisar si existe fuga).

**Semestral:** Cambiar el lubricante de los cojinetes.

**Anual:** Revisar y/o cambiar partes defectuosas.

**4.1.3.4 Regulación de las cajas de parcialización**

- Separar los flotadores de su barra.
- Interrumpir la llegada de agua cruda, así como los reactivos. Cuando se hayan estabilizado los planos de agua:
  - a) Elevar a mano la barra del flotador de modo que la copela alcance su asiento.
  - b) Apretar el tornillo de bloqueo del flotador sobre la barra.
  - c) Lastrar el flotador con dos litros de agua o dos Kg. de arena seca y esparcirlos por todo el flotador.
  - d) Engrasar los resortes de acoplamiento entre las dos partes de la barra del flotador, así como donde se produce el roce.
- Después de lavadas, se le quitará a las cajas de parcialización la arena que se encontraba en el flotador, así como las impurezas que pudieran haberse sedimentado.

**4.1.3.5 Regulación de flujo por medio de sifón**

El sifón está constituido por dos tubos concéntricos, efectuándose la circulación del agua desde el tubo interior hacia el exterior. Su funcionamiento es idéntico al de un sifón ordinario (ver figura No. 34 y 35A), pero su estabilidad es mucho mejor. Si se introduce aire en su parte superior, el mismo es arrastrado por el agua en el conducto de salida, donde la densidad de la mezcla aire-agua decrece, disminuyendo así el vacío que se produce en el cuello.

Por otra parte, la caja de parcialización es el órgano que

regula el caudal de aire que se introduce en la parte superior del sifón. Puede idealizarse como una válvula suspendida en un resorte fijo en un punto.

Sin la introducción del aire de parcialización, el vacío en el cuello es igual a la pérdida de carga en el ramal de salida, es decir, la altura de caída entre el nivel de agua en el filtro y el plano de agua en el canal recolector de agua filtrada. El flujo de agua depende de la presión de aire que sea admitida en la sección superior del mismo. La presión de aire como también el flujo de agua proviene del filtro y se regula por medio de la válvula de parcialización la cual tiene una función reguladora de aire, que está íntimamente relacionada con el nivel de agua del filtro.

El sifón es un coeficiente regulador de flujo de agua, capaz de ser controlado a distancia por entrada constante de aire, por medio de tubería, la cual no tiene partes mecánicas que se muevan, lo que proporciona una operación muy confiable.

#### **4.1.3.6 Lavado automático de los filtros**

- Tomar la llave de maniobra en el armario combinador, colocar el indicador de los conmutadores de funcionamiento en la posición "auto".
- Comprobar la cebadura y el engrase de la bomba de servicio.
- Comprobar en el tablero general que el conmutador seleccionado se encuentra en el aparato que se quiere utilizar.
- Comprobar el nivel de aceite en el compresor.
- Poner la llave en el cerrojo del pupitre del filtro que se quiere lavar y darle la vuelta en el sentido de las agujas del reloj; el combinador se pone en marcha y accionará el arranque y las paradas de las bombas y del compresor, así como las diferentes maniobras de las válvulas.

#### **4.1.3.7 Mantenimiento de los filtros**

- Hacer periódicamente los prensaestopas de las válvulas.
- Comprobar el estado de la goma elástica, la estanqueidad de la caja de parcialización y cambiarla si es necesario.
- Engrasar las partes metálicas en contacto.
- Limpiar las paredes de los filtros de vez en cuando.

- Mantener limpias las compuertas de entrada a los filtros, para evitar corrosión en las mismas.
- Mantener limpias las compuertas de entrada.
- Reemplazar los resortes de acoplamiento de las barras de la caja de parcialización, siempre que sea necesario.
- Si después de lavar los filtros, aparecen pequeños cráteres en la superficie de la arena, eso significa que una boquilla se rompió. En cuyo caso se tendrá que reemplazar inmediatamente, de lo contrario se empezará a azolvar el fondo falso, ocasionando problemas mecánicos en los compresores y las bombas de lavado.
- Controlar periódicamente el nivel de la arena de los filtros, ya que en cada lavado, es posible que se pierda cierta cantidad. Cuando eso sucede, se debe nivelar nuevamente, con la misma arena (con las mismas características físicas: peso específico y granulometría).

#### 4.1.3.8 Bombas sumergibles

Estas bombas se encuentran instaladas en el tanque de recuperación de agua de lavado de filtros y en el tanque de recuperación de agua de extracción de lodos. (ver figura No. 22 y especificaciones técnicas en apéndice No. dos).

##### Precauciones de operación:

- Tener cuidado de no operar la bomba abajo de la cabeza de succión efectiva (dimensión Y). Si el nivel de agua está por debajo de la dimensión Y, el aire podría entrar a la bomba y causar problemas a la misma, tales como reducción de descarga y ruidos.
- Tener cuidado de no operar la bomba abajo del nivel de agua de operación continua (dimensión W), ya que esto ocasionará que el motor se sobrecaliente, cuando se opere continuamente por más de 30 minutos.
- Revisar que el voltaje de operación esté dentro del 10% de lo especificado en la placa.
- Tener cuidado con el agua que se está bombeando, de que no contenga mucha arena, lodo, materiales viscosos o sólidos, ya que eso ocasiona que el motor se sobrecargue.
- La bomba sumergible está construida con un protector de motor incorporado. Este consiste en un protector tipo bimetálico el cual cortará la corriente cuando la

temperatura se incrementa, debido a sobrecalentamientos del motor o a problemas con el embobinado. Una vez el protector haya actuado, no se puede arrancar de nuevo, hasta que el protector tipo bimetalico se enfríe (puede tomar varios minutos). Es importante determinar cual fue la causa por la cual se sobrecalentó.

#### Mantenimiento e inspección:

- Inspeccionar y remover el lodo o la suciedad que se haya adherido al cobertor de succión, o cuerpo de la bomba cada 10 días.
- Revisar la resistencia de aislamiento del motor cada 2 meses. El valor de la resistencia tiene que ser mayor de 1 megohm. Pero esta medida cambia después de que el motor haya sido reparado, y debe ser de 25 megohms (5 megohms o más si la temperatura es alta).
- Revisar el aceite lubricante en el depósito. Si ya se degradó, cambiarlo.
- Es recomendable hacerle un mantenimiento completo a la bomba cada 3000 horas o cada 6 meses, dependiendo de las condiciones de operación.

#### 4.1.4 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico está centralizado en un cuarto eléctrico, en el cual existe un generador eléctrico (ver figura No. 26) y los paneles de control manual y automático de los distintos motores y bombas del sistema.

##### 4.1.4.1 Generador Eléctrico

Si existe cualquier tipo de falla eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica, la alarma del panel principal sonará y el generador eléctrico arrancará en los siguientes 40 segundos y suministrará de energía eléctrica al cuarto químico, dosificadores de cloro, compresores de extracciones y alumbrado general. Sin embargo, si la energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica se restablece, la misma tardará 30 segundos en suministrar nuevamente a la planta, ya que el generador eléctrico, tardará 3 minutos en apagarse. Esta condición se dará si el switch generador está colocado en el modo de transferencia automática (operación automática).

Dentro de los cuidados que deben tenerse diariamente en la operación del generador eléctrico se tiene:

- a) Velar por que el nivel del tanque de combustible (diesel), no baje de la mitad del mismo, para evitar que el motor succione aire.

- b) Revisar el agua de enfriamiento.
- c) Revisar el agua del acumulador.
- d) Revisar el nivel de aceite.
- e) Arrancarlo cada siete días, en caso que durante ese período de tiempo no haya arrancado automáticamente.

#### 4.1.4.2 Procedimiento operacional de los paneles de control automático y manual

El panel de control general, está ubicado en las instalaciones del cuarto eléctrico. Asimismo, cada equipo tiene su propio panel de control automático y manual, para su operación individual.

Cualquier problema dentro de los paneles del cuarto eléctrico o cuarto químico, hará sonar la alarma en los paneles del cuarto de control, así como en el panel de vigilancia, el cual está localizado en la oficina de los operadores. El panel de vigilancia indicará en cual de los paneles existe problema (cuarto eléctrico o cuarto químico).

Los paneles instalados en el cuarto eléctrico, tienen las siglas AW - 01 Y AW -04, y se deben operar de la siguiente manera:

1. Confirmar fuente de alimentación eléctrica: Revisar el voltaje en el medidor de voltaje, éste debe venir del nuevo transformador de 150 kVA o el generador de emergencia.
2. Operaciones manuales/automáticas:
  - 2.1 Pasar a la posición "ON" los siguientes flipones:
    - El interruptor principal.
    - Bombas de alimentación de agua de servicio A y B (tanque elevado).
    - Bombas de recuperación de agua en contracorriente A y B (recuperación de lavado de filtros).
    - Compresores de aire A y B.
    - Fuente de control.
    - Fuente del transformador.
  - 2.2 En los paneles remotos del tanque de recuperación de lodos, de recuperación de filtros y tanque elevado:
    - Seleccionar cualquiera de las bombas A o B.
    - Pasar a la posición operación (color rojo), para arrancar el motor. Switch de operación/parada.
    - Poner el switch de manual/automático en automático.

- Revisar que los motores estén en operación.

### 3. Parada de los motores:

#### 3.1 Parada manual (en panel remoto).

- Pasar el switch a la posición de parada.

#### 3.2 Parada automática.

- Será controlado por el switch de nivel de cada uno de los tanques.

### 4.1.4.3 Botoneras de alarmas

Las alarmas se activan en el momento de sobrecarga en los motores, esto provoca que la lámparas de indicación se enciendan y que suene la alarma. En ese momento presionar el botón de parada por alarma, para desactivar el sonido y seguir los siguientes pasos:

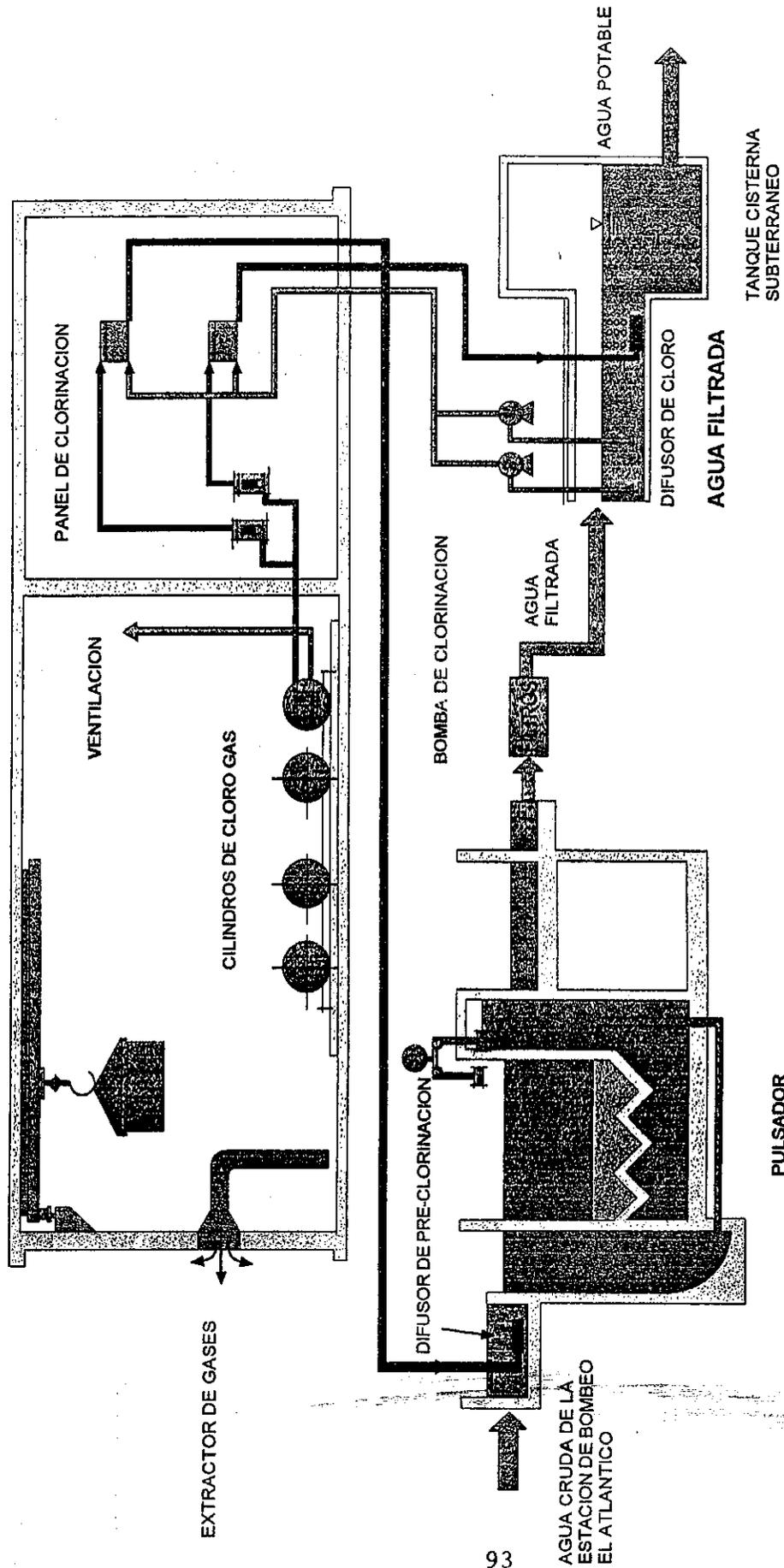
1. Presionar el botón reposición por falla. Si el problema persiste, la lámpara de indicación permanecerá encendida. En dicho caso, es necesario eliminar la causa de la falla, para que se apague la lámpara.
2. Presionar el botón de lámpara, para revisar que las lámparas de los indicadores están en buen estado.
3. Si existe una sobrecarga en cualquier otro motor que no tenga su respectiva indicación en el panel de control, éste se parará de inmediato. Proceder a eliminar la causa de la falla, colocando en posición ON el interruptor respectivo.
4. Cuando se presente una falla eléctrica, a todas las bombas se tendrá que arrancar nuevamente. Esto significa que se debe revisar cada uno de los interruptores dentro de los paneles.
5. En caso de fluctuación de voltaje de parte de la Empresa Eléctrica, el interruptor principal del panel del cuarto eléctrico, se disparará. Esperar que el voltaje se estabilice y luego subir el interruptor (flipón principal).

### 4.1.5 SISTEMAS DE CLORINACIÓN (ver figura No. 36)

#### 4.1.5.1 Bombas de Clorinación (ver figura No. 24 y 25).

- En el momento de arranque de la bomba, tomar en cuenta lo siguiente:
  - a) Llenar de agua la tubería del sistema de enfriamiento.
  - b) Cerrar totalmente la válvula de descarga y abrir totalmente la tubería de succión.

# CLORINACION



93

AGUA CRUDA DE LA ESTACION DE BOMBEO EL ATLANTICO

La última etapa de tratamiento de agua en la planta Las Ilusiones es la desinfección final de la misma, esta se realiza aplicando cloro al agua que proviene del sistema de filtración. La aplicación de cloro es controlada por medio de rotámetros, en donde se mide la cantidad aplicada para que tanto en los tanques de distribución como en la red se tengan las dosis adecuadas de cloro residual y en esa forma garantiza que el agua es potable.

**FIGURA No. 36**



- c) Arrancar el motor.
- En caso de que la presión de descarga no llegue a la nominal, los cojinetes se sobrecalienten o exista vibración o ruidos anormales, parar inmediatamente la bomba e inspeccionarla.
- Cuando la presión de descarga de la bomba alcance la presión normal de diseño, empezar a abrir la válvula de descarga.
- Una vez la bomba haya arrancado, jamás haga que la bomba rote en dirección opuesta. Si por alguna razón se tiene que hacer girar el motor en dirección opuesta, desconectar el motor de la bomba.
- En el momento de parar la bomba, seguir los siguientes pasos:
  - a) Cerrar la válvula de descarga e inmediatamente parar el motor. Seguidamente cerrar la válvula de succión.
  - b) Después de que la bomba haya parado, cerrar el agua de enfriamiento.
  - c) En caso de que la bomba va a permanecer parada durante un período largo de tiempo, descargar toda el agua de la bomba y de la tubería de succión.

#### 4.1.5.2 Rotámetros tipo área para clorinación

El sistema de clorinación, cuenta con dos rotámetros tipo área, con escala en kilogramos/hora y libras/día. Uno de ellos (A) (figura No. 25) es utilizado para pos-clorinación y el otro (B) para preclorinación.

Como la aplicación del cloro gas está en función del caudal de agua que ingresa a la planta, es necesario revisar constantemente dicho caudal, en el medidor electrónico de flujo de entrada.

El cloro residual en la salida de los filtros deberá estar entre 0.3 a 0.4 mg/litro y el cloro residual en el tanque de distribución, entre 1.8 y 2.0 respectivamente.

Si se toma 1.6 mg/litro para efectuar el cálculo de la pos-cloración, ya que en la salida de los filtros se tiene 0.3 mg/litro, se espera que en el tanque se tenga 1.9 mg/litro, se puede hacer:

1 kilogramo = 1,000,000 de miligramos

1 metro cúbico = 1,000 litros

1 litro de agua ----- 1.6 mg.  
1000 litros de agua ---- X

$$X = 1000 * 1.6 = 1,600 \text{ mg/ M3}$$

si se pasa a kilogramos se tiene:

$$( 1 \text{ Kg}/1000000 \text{ mg.}) * 1600 \text{ mg/M3} = 0.0016 \text{ kg/M3}$$

Como el caudal de entrada de agua cruda puede variar, debido a la suspensión de una unidad de bombeo en la estación de bombeo el Atlántico, es necesario leer cada hora el medidor de flujo de entrada de agua cruda. La lectura que proporciona el medidor, es en metros cúbicos por hora. Obteniendo dicha lectura se hace:

$$LR = (Q \text{ m3/hora}) * 0.0016 \text{ kg/m3}$$

Donde:

LR = lectura del rotámetro de pos-cloración (A)  
Q = caudal de entrada de agua cruda a la planta  
0.0016 = constante para obtener 1.6 mg/litro

La lectura del rotámetro de pre-cloración, deberá permanecer entre 3.5 a 4.0 kilogramos/hora, para obtener salidas de cloro residual en los filtros de 0.3 a 0.4 mg/litro. Para ello es necesario también, sacar muestras cada hora en la salida de dichos filtros, ya que el cambio de las características físicas y químicas del agua, pueden cambiar la reacción del gas cloro.

Si existe cambio fuera de lo establecido en la salida de los filtros, se debe ajustar el rotámetro (B), hasta obtener el cloro residual establecido anteriormente.

**EJEMPLO:** Se tiene un caudal de entrada de 960 metros cúbicos/hora, y se tiene 0.3 mg/litro de cloro residual, en la salida de los filtros. Determinar la lectura del rotámetros de pos-cloración y el cloro residual que se obtendrá en el tanque de distribución.

**SOLUCIÓN:**

$$\begin{aligned} LR &= Q * 0.0016 \\ LR &= ( 960 \text{ M3/HORA}) * ( 0.0016 \text{ KG/M3}) \\ LR &= 1.536 \text{ KG/HORA} \\ \text{CLORO RESIDUAL EN EL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN} &= \text{CTD} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ metro cúbico} &= 1000 \text{ litros} \\ 1 \text{ kilogramo} &= 1,000,000 \text{ mg.} \\ 0.0016 \text{ Kg/m3} &= 0.0016 * 1,000,000\text{mg}/1,000 \text{ litros} \\ 0.0016 \text{ Kg/m3} &= 1.6 \text{ mg/litro} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CTD} &= 1.6 \text{ mg/litro} + 0.3 \text{ mg/litro} \\ \text{CTD} &= 1.9 \text{ mg/litro} \end{aligned}$$

#### 4.1.6 BOMBA DEL TANQUE ELEVADO

- Antes de su operación, llenar la bomba con agua, así como también la tubería de succión.
- Arrancar la bomba y abrir poco a poco la válvula de descarga.
- Cerrar la válvula del manómetro y abrirla solamente cuando se realice una lectura.
- Nunca operar la bomba con bajos niveles de agua.

##### 4.1.6.1 Mantenimiento

- Los cojinetes del eje deben ser reemplazados si se han gastados más de 1 mm. en cualquiera de sus lados.
- El empaque de la estopera, debe ser ajustado de tal manera que no ocasione sobrecalentamiento al eje y que gotee 30 gotas por minuto. Cortar el empaque para que ajuste al diámetro del eje.
- El aceite de lubricación debe ser cambiado cada seis meses. Después de la primera operación es muy posible que el aceite se ensucie antes de tiempo.

## CONCLUSIONES

1. La rehabilitación de la planta Las Ilusiones, vino a mejorar los procesos del tratamiento del agua, permitiendo obtener mayor producción diaria y mejor calidad de la misma; cambiando las deficiencias de los equipos anteriores, que provocaban reducción de calidad en el proceso de tratamiento. También proporciona un mejor desenvolvimiento técnico a las personas que operan la Planta, ya que con la implementación del equipo electrónico y el uso del laboratorio, se facilita el tomar las decisiones adecuadas para cada proceso.
2. La eficiencia de la Planta en este momento, puede considerarse de un nivel igual al que presentaba al término de su construcción, ya que la misma fue diseñada para producir diariamente 25,000 metros cúbicos y en este momento, la planta está produciendo un promedio de 23,000 metros cúbicos diarios. La diferencia existente, se debe a que en la tubería de conducción, existen instalaciones ilícitas fuera de control.
3. Los análisis de calidad de agua obtenidos en los distintos procesos de tratamiento, llenan las expectativas, tanto de los que cuidan de la planta, como de las normas de calidad establecidas para el consumo humano.
4. La calidad de agua producida antes de la rehabilitación, cumplía las normas de calidad para el consumo humano, pero su producción era precaria, debido a que se perdía mucha agua en el proceso de tratamiento, además, no se contaba con el equipo de laboratorio idóneo, para determinar las características fisicoquímicas más importantes del agua en los distintos procesos de purificación.
5. La rehabilitación de la planta Las Ilusiones, mejoró la calidad del agua producida, debido a la implementación del laboratorio y la buena mezcla que realiza el pulsator, lo que permite obtener mejor decantación y esta última ayuda a un mejor desenvolvimiento de los filtros.
6. En los nuevos dosificadores de aluminio y cal, es posible hacer soluciones con distintas concentraciones, ya que permiten conocer con facilidad el volumen total de los tanques, así como cualquier otro volumen inferior a éste, por medio de la escala volumétrica con que cuentan dichos tanques, permitiendo que la solución a aplicar sea más exacta y eficiente.

7. De acuerdo a los ensayos realizados, se pudo determinar que la cal es perjudicial como coagulante y neutralizador para turbiedades de entrada de agua cruda menores a 400 UTN, pero muy efectiva para mayores de 400 UTN.
8. Aún sin el cambio de los tranquilizadores, la mezcla rápida producida por el pulsator es satisfactoria y esto se debe a la reparación del mismo, lo cual permite que el agua decantada sea de mejor calidad, beneficiando al resto del proceso, en especial a los filtros.
9. Con la reparación de los filtros, es posible que los mismos tengan una retención promedio de 10 unidades de turbiedad cada uno, lo que permite producir agua de mejor calidad al final del proceso.
10. Con el sistema nuevo de bombeo instalado en el tanque de recuperación de las aguas de extracciones de lodos y en el tanque de recuperación de agua de lavado de filtros, es posible recuperar en un 98 % el agua utilizada en estos procesos, ya que el 2 % faltante es lodo, y se tiene que evacuar a las alcantarillas.
11. Con la elaboración del manual de operación, se logró obtener un documento de apoyo que le permite conocer al jefe de turno de una manera amplia y práctica, el manejo y cuidado de los equipos con que cuenta la Planta, así como también conocer los parámetros con los que debe trabajar en los distintos procesos de tratamiento del agua.
12. La elaboración del inventario del equipo nuevo, ha proporcionado a la Planta Las Ilusiones, un documento de consulta, en el cual se pueda conocer con facilidad las características técnicas, para el control operacional y del mantenimiento requerido para su adecuada operación, así como para cualquier cambio de repuesto en mal estado, o sustitución completa del equipo.
13. Los costos de operación después de la rehabilitación de la planta, disminuyeron en un 50%, debido al incremento de agua producida diariamente.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar un curso de capacitación dedicado al personal que opera la planta, sobre el funcionamiento actual, para que los equipos nuevos en función, sean operados adecuadamente y puedan preservarse en buenas condiciones por largo tiempo. Asimismo se debe adiestrar al personal en mención, en el tratamiento del agua, con cursos teóricos y prácticos, que les permitan adquirir criterios amplios en el momento de la operación de la Planta, a través de la buena utilización del laboratorio.
2. EMPAGUA deberá generar renglones presupuestarios cada año, con el fin de cubrir gastos por mantenimiento y repuestos de los equipos, así como para reparación de daños en las instalaciones.
3. Crear un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para toda la planta, que permita tener un control permanente del funcionamiento de cada uno de sus componentes.
4. Debido a que el pH de agua cruda que ingresa a la Planta, en las diferentes épocas del año están comprendidas entre 6.9 y 7.8, el mismo se mantiene dentro de las normas COGUANOR NGO 29001 en el tanque de distribución, por lo que no es necesario muchas veces, agregar cal. Los ensayos realizados, demuestran que para turbiedades menores de 400 unidades, la aplicación de la cal como coagulante y neutralizador, es desastroso, ya que la turbiedad en los decantadores, tiende a aumentar. Debido a lo anterior, es mejor que la cal sea utilizada únicamente como neutralizador, después de la salida de los sifones de los filtros, en caso que se tenga que regular el pH.
5. Hacer evaluaciones del lecho filtrante de los filtros por lo menos una vez al año, ya que el fondo falso puede azolverse de arena por la pérdida de boquillas.
6. Adquirir válvulas neumáticas del sistema de retrolavado, para contar con stock, en caso de que fallen las originales, ya que las mismas, si bien es cierto no han dado problema, es posible que muy pronto lo den, debido a los 25 años de servicio que han prestado. Además, debe contar con un stock de boquillas plásticas de cola larga, ya que las mismas, son las que con más frecuencia se deterioran.

7. Es necesario que las planchas tranquilizadoras sean sustituidas para garantizar la adecuada decantación, sin recargar los filtros. Asimismo, es necesario que las mismas sean cambiadas por otras de mayor resistencia y menos peso, para su fácil manipuleo, así como larga duración.
8. Cada jefe de turno deberá contar con un manual de operación, para que el mismo le sirva de apoyo en sus actividades diarias, para la adecuada operación y mantenimiento del equipo y las instalaciones.
9. Implementar un programa de vigilancia, que proteja la tubería de conducción, a efecto de evitar instalaciones ilícitas en la misma, ya que éstas ocasionan grandes pérdidas a EMPAGUA, pero lo más importante es evitar la proliferación de enfermedades en la población que consume esta agua, debido a que la misma está contaminada.

# BIBLIOGRAFÍA

1. DEGREMONT. Manual de operaciones de plantas de tratamiento tipo DEGREMONT. DEGREMONT, mayo de 1,971.
2. DEGREMONT (Buenos Aires). Manual Técnico del agua. 4a. edición Buenos Aires. Argentina. DEGREMONT, mayo de 1,971.
3. JUAREZ HERNANDEZ, OSCAR GIOVANNI. Rehabilitación de La Planta Las Ilusiones para su óptimo funcionamiento. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1,995.
4. KIOWA ENGINEERING CONSULTANTS CO. LTD. Informe del estudio del diseño básico del Proyecto de Rehabilitación de las Plantas de Tratamiento de agua potable en la Ciudad de Guatemala, diciembre de 1,993.
5. VENTURA ROLDAN, MARCO TULIO. Planta de Tratamiento Las Ilusiones, EMPAGUA, Estudio del Agua, Guatemala, 1,986.



# APÉNDICE



# APÉNDICE No. 1

## TABLAS DE VALORES ANTERIORES Y ACTUALES

	PAG. No
EVALUACIÓN DE LOS FILTROS ANTES DE LA REHABILITACIÓN.....	104
TABLA DE CALIDAD DE AGUA DESPUÉS DE LA REHABILITACIÓN (TURBIEDAD Y pH).....	106
GRÁFICA No. 1 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, ENTRE AGUA CRUDA VRS. DECANTADOR No. 1.....	107
GRÁFICA No. 2 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, ENTRE AGUA CRUDA VRS. DECANTADOR No. 2.....	108
GRÁFICA No. 3 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, SOBRE EL FILTRO No. 1 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN.....	109
GRÁFICA No. 4 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, SOBRE EL FILTRO No. 2 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN.....	110
GRÁFICA No. 5 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, SOBRE EL FILTRO No. 3 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN.....	111
GRÁFICA No. 6 RELACIÓN DE TURBIEDAD EN UTN, SOBRE EL FILTRO No. 4 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN.....	112
RETENCIÓN DEL FILTRO No. 1.....	113
RETENCIÓN DEL FILTRO No. 2.....	114
RETENCIÓN DEL FILTRO No. 3.....	115
RETENCIÓN DEL FILTRO No. 4.....	116
GRÁFICA DE DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.....	117

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS

**EVALUACIÓN DE LOS FILTROS ANTES DE LA REHABILITACIÓN**  
( 04 de agosto de 1995)

Los cuatro filtros están numerados en una secuencia de 1 a 4, de sur a norte y los mismos no cuentan con las compuertas que comunican el canal general de agua decantada con ellos.

Al efectuar el lavado de cualquiera de los cuatro filtros existentes, la contaminación que se provoca en el retrolavado, se transmite a los filtros vecinos.

Para su evaluación se lavó en la misma secuencia ( 1, 2, 3 y 4 respectivamente), provocando los siguientes efectos:

TURBIEDADES EN LA SALIDA DE LOS SIFONES ANTES DE LAVAR	
LUGAR	UNIDADES DE TURBIEDAD
FILTRO No.1	14.0
FILTRO No.2	7.5
FILTRO No.3	17.0
FILTRO No.4	9.5
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	7.0

TURBIEDADES EN LA SALIDA DE LOS SIFONES DESPUÉS DE LAVAR FILTRO 1	
LUGAR	UNIDADES DE TURBIEDAD
FILTRO No.1	18.0
FILTRO No.2	20.5
FILTRO No.3	21.0
FILTRO No.4	17.0
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	8.67

TURBIEDADES EN LA SALIDA DE LOS SIFONES DESPUÉS DE LAVAR FILTRO 2	
LUGAR	UNIDADES DE TURBIEDAD
FILTRO No.1	16.0
FILTRO No.2	35.0
FILTRO No.3	33.0
FILTRO No.4	26.0
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	9.6

TURBIEDADES EN LA SALIDA DE LOS SIFONES DESPUÉS DE LAVAR FILTRO 3	
LUGAR	UNIDADES DE TURBIEDAD
FILTRO No.1	16.0
FILTRO No.2	35.0
FILTRO No.3	32.0
FILTRO No.4	32.0
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	19.0

TURBIEDADES EN LA SALIDA DE LOS SIFONES DESPUÉS DE LAVAR FILTRO 4	
LUGAR	UNIDADES DE TURBIEDAD
FILTRO No.1	13.0
FILTRO No.2	20.0
FILTRO No.3	30.0
FILTRO No.4	18.0
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	17.0

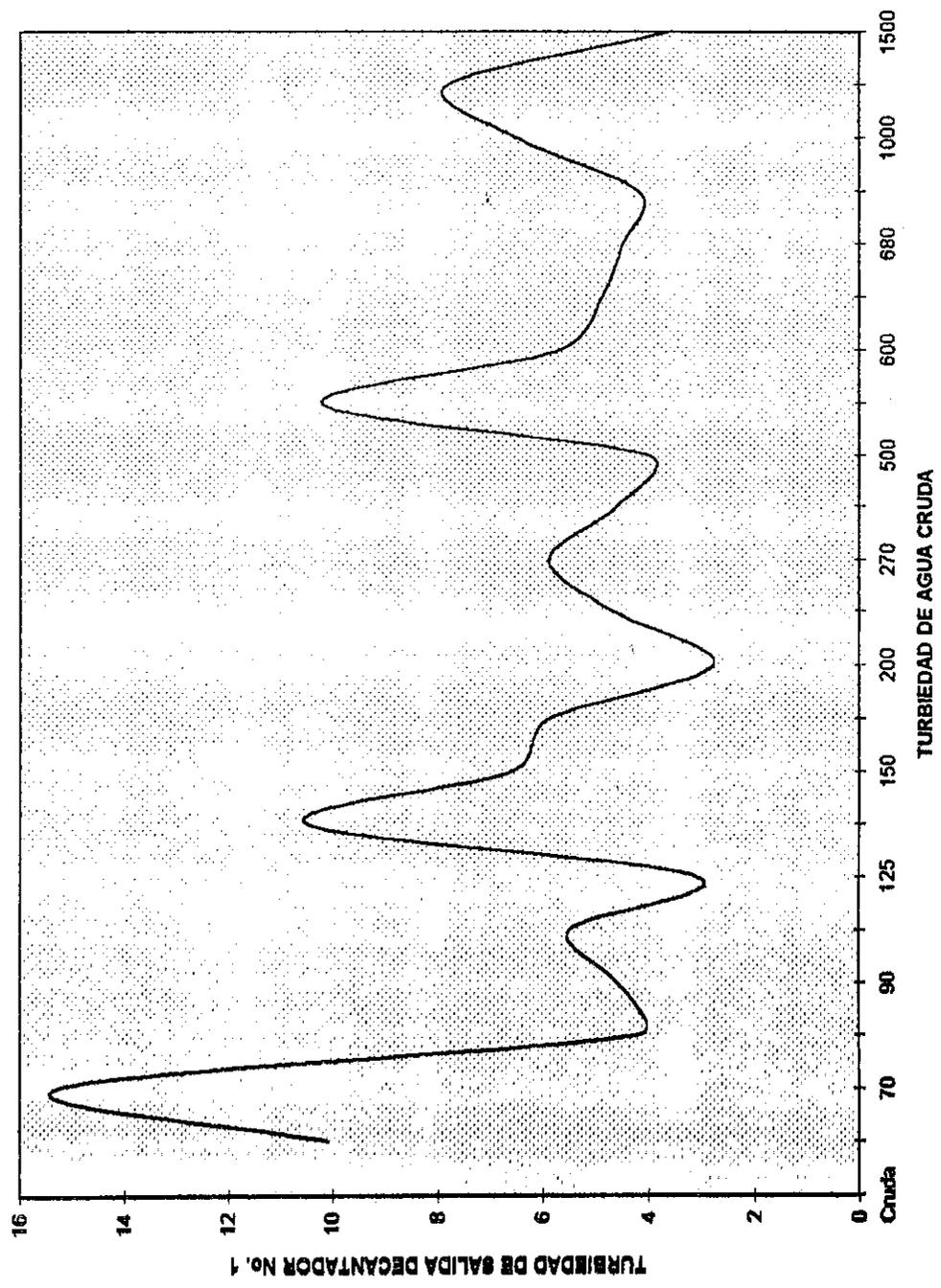
La evaluación dió inicio a 8:15 AM y finalizó a las 10:00 AM

**CALIDAD DE AGUA DESPUÉS DE LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA ILUSIONES  
TURBIEDADES Y pH**

AGUA CRUDA turbiedad	pH	DECANTADORES				FILTROS										TANQUE DE AGUA TRATADA	
		DECANT. 1		DECANT. 2		TURBIEDADES SIFILTRO		TURBIEDADES SIFILTRO		TURBIEDADES SALIDA		TURBIEDADES SALIDA		AGUA TRATADA	pH		
		turbiedad	pH	turbiedad	pH	FILT.1	FILT.2	FILT.3	FILT.4	SIF.1	SIF.2	SIF.3	SIF.4	turbiedad	pH		
63	7,2	10,07	4,8	8,6	4,8	13,3	12,9	8,9	7,4	3,4	2	1,2	1,5	3,8	6,4		
70	7,1	15,3	6,9	3,8	6,8	11,7	10,5	4,3	5,5	5,1	3,6	1,5	1,4	2,5	6,7		
80	6,9	4,2	6,5	11,7	6,4	5,6	6,7		7,7	3,2	3,6		3,7	4,2	6,4		
90	7,2	4,6	6,9	6,9	6,7	5,2	5,4	4,7	4,8	1,6	1,3	0,9	1,1	2	6,4		
110	7,1	5,5	6,9	4,5	6,8	5,3	6,1	5,5	6,2	1,3	1,4	1,1	1,3	1,8	6,6		
125	7,1	3,1	6,4	2,3	6,4	5,2	2,5	3,7	3,1	2,1	1	1,1	1	1,5	6,6		
135	7,7	10,5	7	7,1	6,9	5,5	4,5	4,4	3,5	1	0,7	0,7	0,7	2	6,9		
150	7,7	6,6	6,7	4,2	6,8	4	4,4	3,7	3,4	2,9	1,8	1,1	1,1	4,3	6,7		
180	7,6	5,9	6,7	4,3	6,3	3,7	3	2,8	2,5	1,4	1,5	1,6	0,9	2,5	6,9		
200	7,2	2,8	6,2	3	5,7	2,6	3,1	3,2	3	0,7	0,5	0,4	0,4	2,6	6,4		
250	7	4,7	6,2	5,2	5,8	3,8	6,9	6,5	6	1,2	1	1,6	0,9	3,8	6,4		
270	7	5,9	5,5	3,5	5,5		9,3	7,5	6,6		3,6	2,5	2	4,3	6,4		
310	7,1	4,6	5,9	8,1	5,7	8,2	8,5	6,9	5,1	2	4,9	1	1	3	6,4		
500	6,9	4	5	4,5	4,7	3,4	4	3,4	3,6	0,9	1,1	1,2	1,1	3	6,4		
520	7,1	10,2	5,3	10,9	4,8	10,8	9,5	6,3	9,5	3,5	1,1	3,5	2,4	4,5	6,4		
600	7,2	5,7	5,3	8,3	5	9,3	7,4	5,5	5	5,1	3,3	1,3	1,6	4,4	6,4		
650	7	4,9	6	5,3	5,3	4,8	4,8		4,4	1	2,2		1,8	3,6	6,4		
680	7,1	4,5	6,1	4,3	5,5	4,7	4,8	3,7	4,5	1,2	0,8	1	0,9	3	6,4		
750	7,2	4,2	5,8	5,6	5	4,6	5,2	4,9	5,1	1,2	0,9	0,8	0,8	4,4	6,4		
1000	7	6,5	4,7	6,1	4,5	6,4	10,7	7	7,2	4	2,2	0,8	0,8	4,1	6,4		
1250	7,2	7,8	5,1	8,2	4,8	4,7	7,7	4,9	6,1	1,6	1	0,8	0,7	4,5	6,4		
1500	7	3,6	5,1	2,4	4,9	6,9	4,8	3	3,5	3	1,1	0,6	0,6	4,2	6,4		

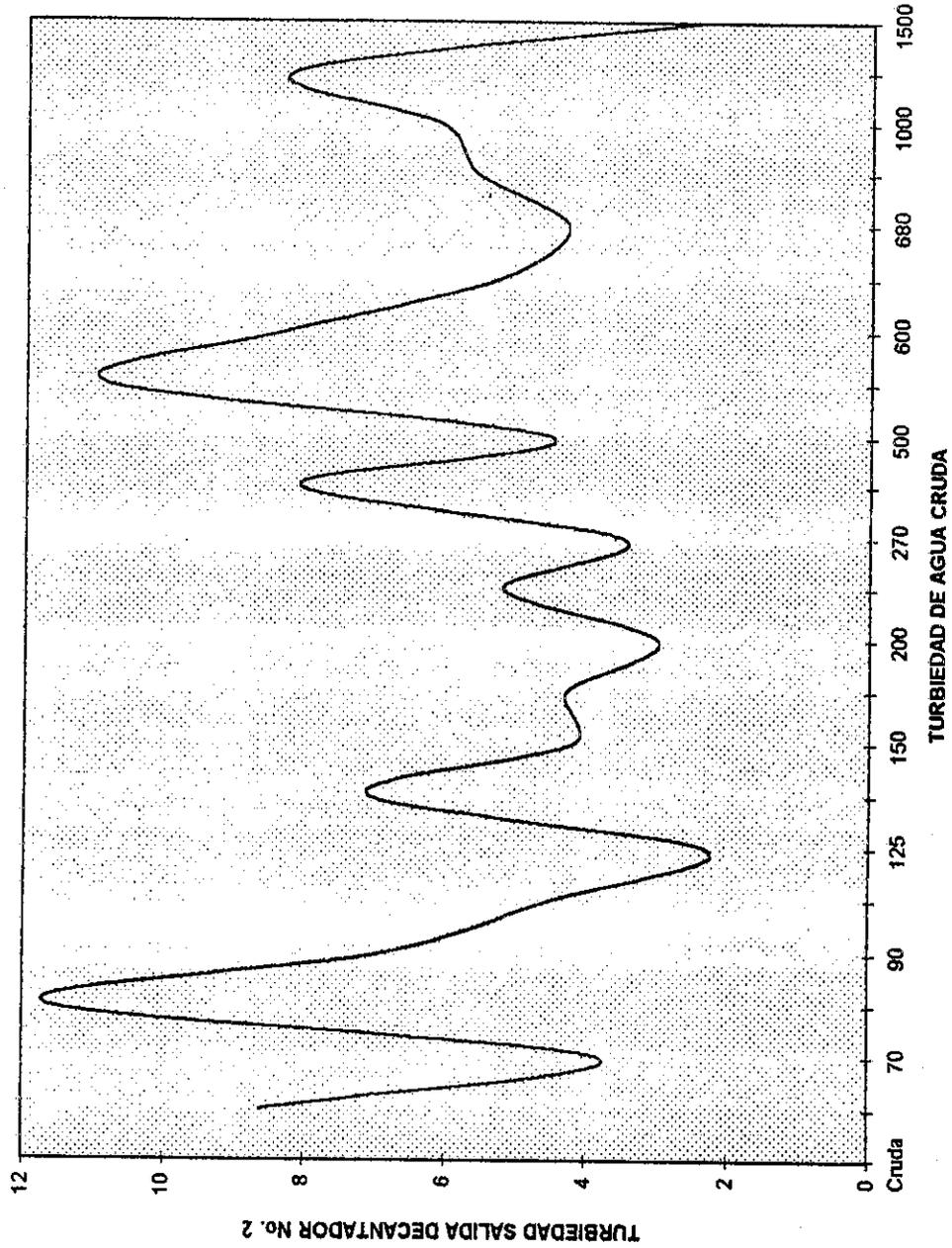
TURBIEDAD	
Agua Cruda	Decantador 1
63	10,07
70	15,3
80	4,2
90	4,6
110	5,5
125	3,1
135	10,5
150	6,6
180	5,9
200	2,8
250	4,7
270	5,9
310	4,6
500	4
520	10,2
600	5,7
650	4,9
680	4,5
750	4,2
1000	6,5
1250	7,8
1500	3,6

GRÁFICA No. 1  
RELACION DE TURBIEDAD ENTRE AGUA CRUDA VRS. DECANTADOR No. 1



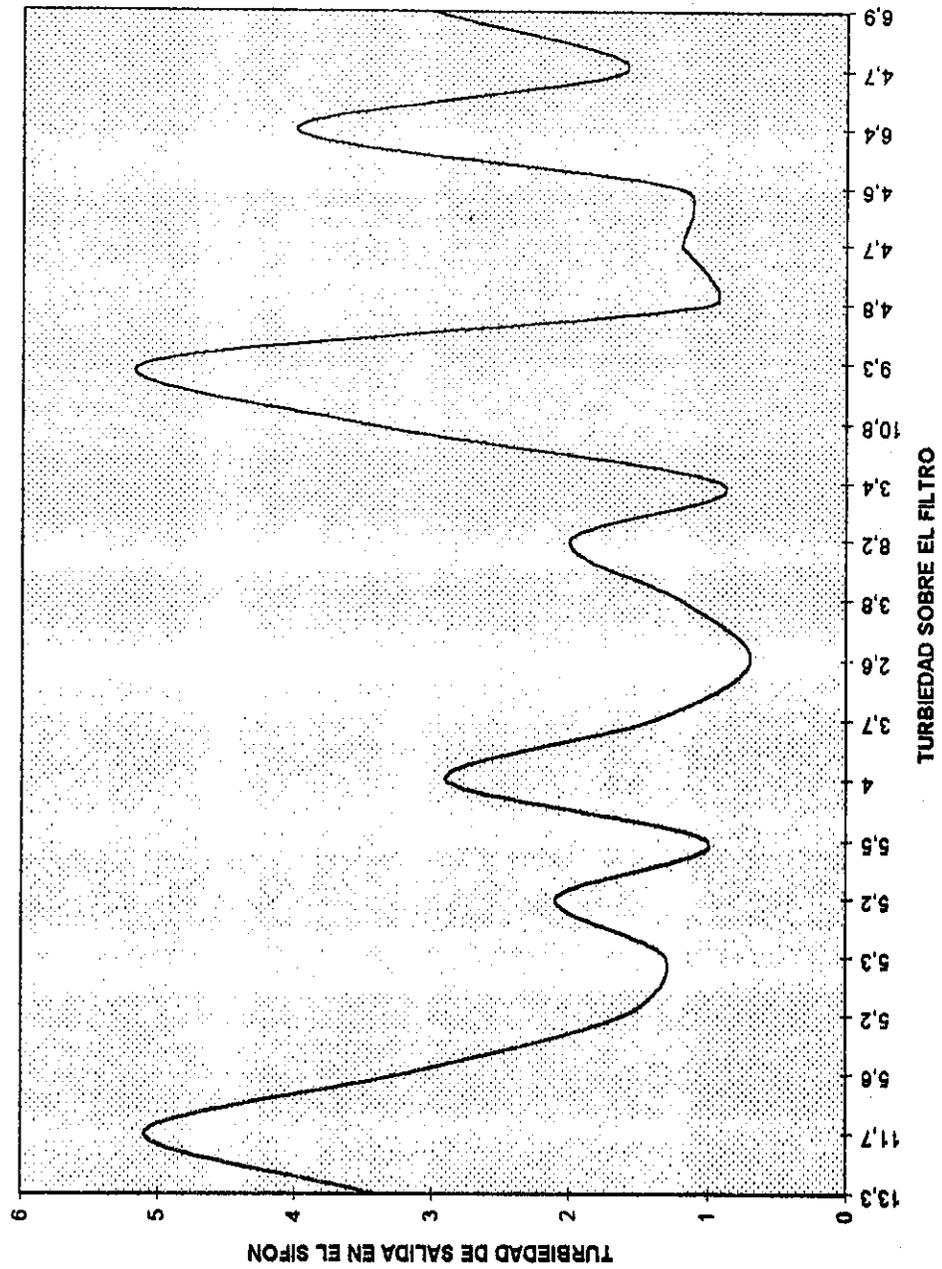
TURBIEDAD	
Agua Cruda	Decantador 2
63	8,6
70	3,8
80	11,7
90	6,9
110	4,5
125	2,3
135	7,1
150	4,2
180	4,3
200	3
250	5,2
270	3,5
310	8,1
500	4,5
520	10,9
600	8,3
650	5,3
680	4,3
750	5,6
1000	6,1
1250	8,2
1500	2,4

GRÁFICA No. 2  
RELACIÓN DE TURBIEDAD ENTRE AGUA CRUDA VRS. DECANTADOR No. 2



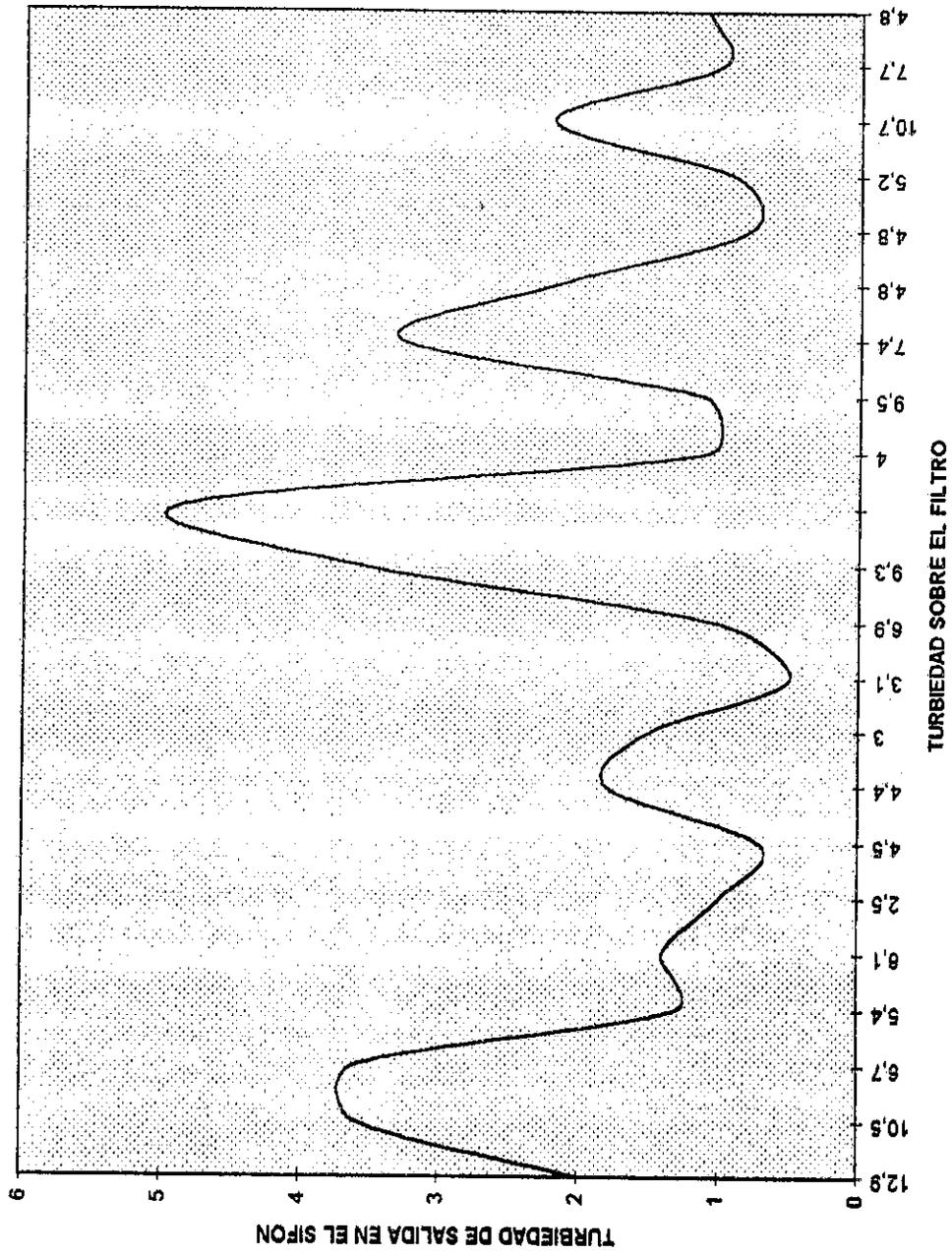
TURBIEDAD	TURBIEDAD EN SALIDA DE SIFÓN No.1	TURBIEDAD EN SALIDA DE SIFÓN No.1
13,3	3,4	3,4
11,7	5,1	5,1
5,6	3,2	3,2
5,2	1,6	1,6
5,3	1,3	1,3
5,2	2,1	2,1
5,5	1	1
4	2,9	2,9
3,7	1,4	1,4
2,6	0,7	0,7
3,8	1,2	1,2
8,2	2	2
3,4	0,9	0,9
10,8	3,5	3,5
9,3	5,1	5,1
4,8	1	1
4,7	1,2	1,2
4,6	1,2	1,2
6,4	4	4
4,7	1,6	1,6
6,9	3	3

GRÁFICA No.3  
RELACIÓN DE TURBIEDADES SOBRE  
EL FILTRO No.1 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN



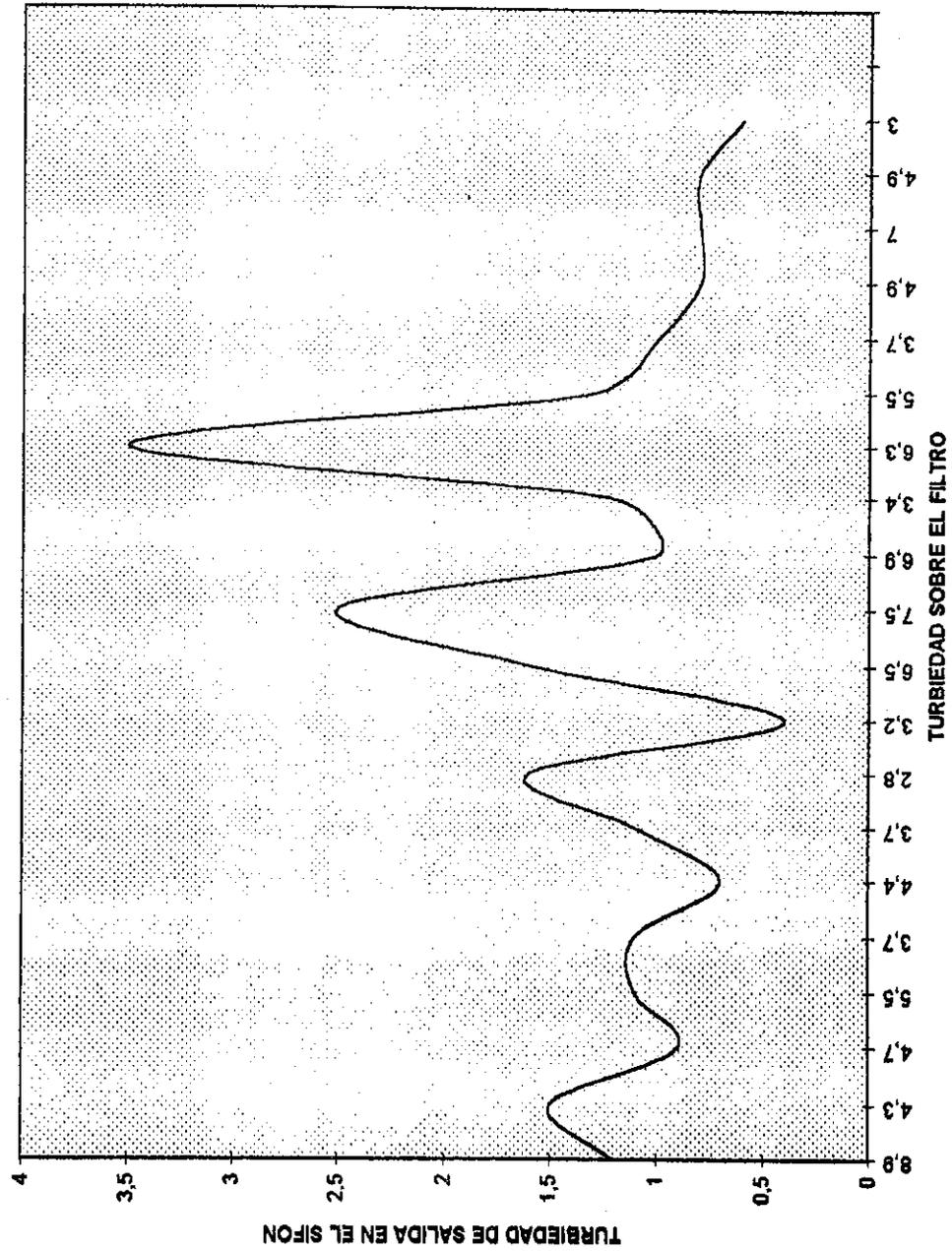
TURBIEDAD	
TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO No.2	TURBIEDAD EN SALIDA DE SIFÓN No. 2
12,9	2
10,5	3,6
6,7	3,6
5,4	1,3
6,1	1,4
2,5	1
4,5	0,7
4,4	1,8
3	1,5
3,1	0,5
6,9	1
9,3	3,6
	4,9
4	1,1
9,5	1,1
7,4	3,3
4,8	2,2
4,8	0,8
5,2	0,9
10,7	2,2
7,7	1
4,8	1,1

GRÁFICA No. 4  
RELACIÓN DE TURBIEDADES SOBRE  
EL FILTRO No. 2 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN



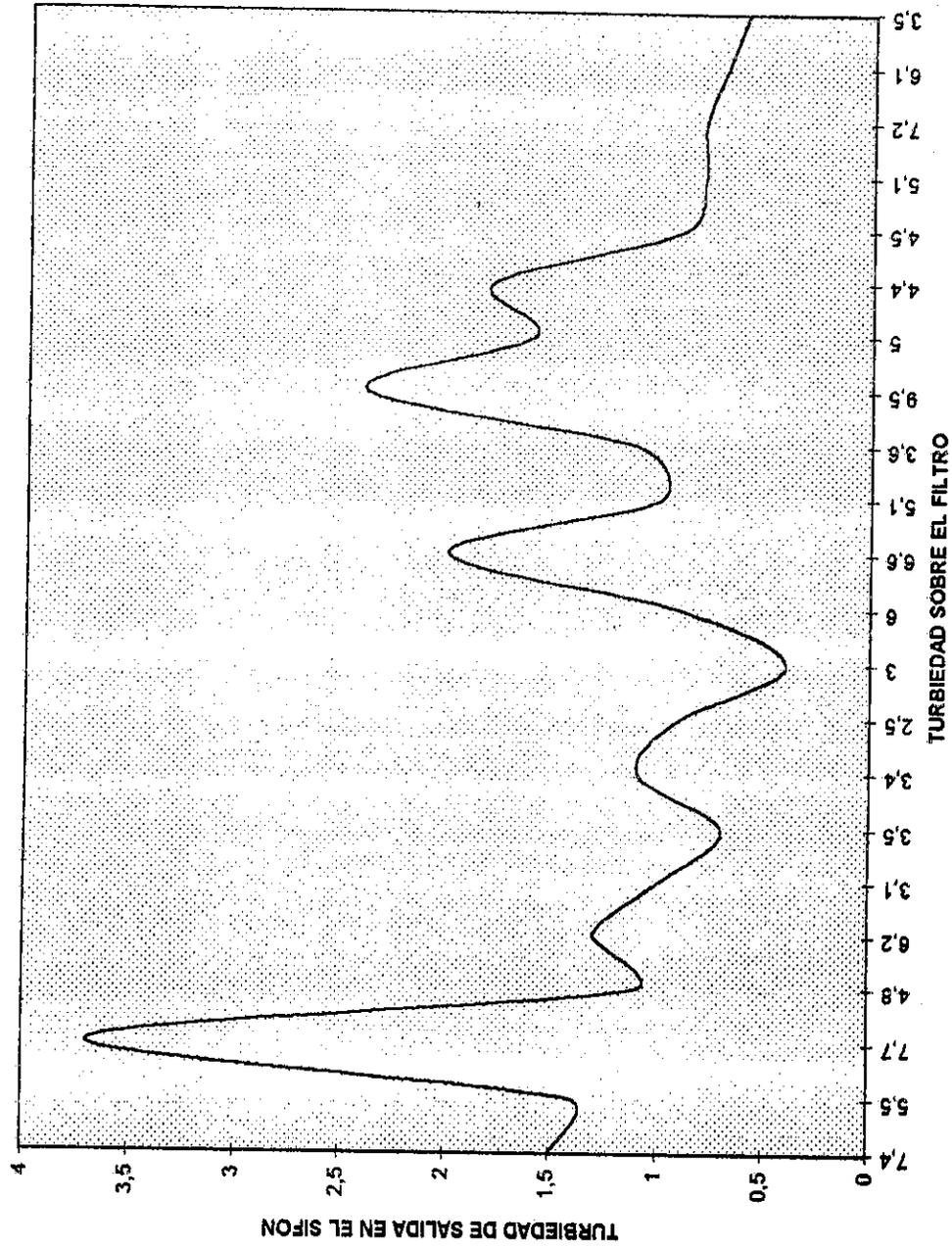
TURBIEDAD	
TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO No.3	TURBIEDAD EN LA SALIDA DE SU SIFÓN
8,9	1,2
4,3	1,5
4,7	0,9
5,5	1,1
3,7	1,1
4,4	0,7
3,7	1,1
2,8	1,6
3,2	0,4
6,5	1,6
7,5	2,5
6,9	1
3,4	1,2
6,3	3,5
5,5	1,3
3,7	1
4,9	0,8
7	0,8
4,9	0,8
3	0,6

GRÁFICA No. 5  
RELACION DE TURBIEDADES SOBRE  
EL FILTRO No. 3 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN



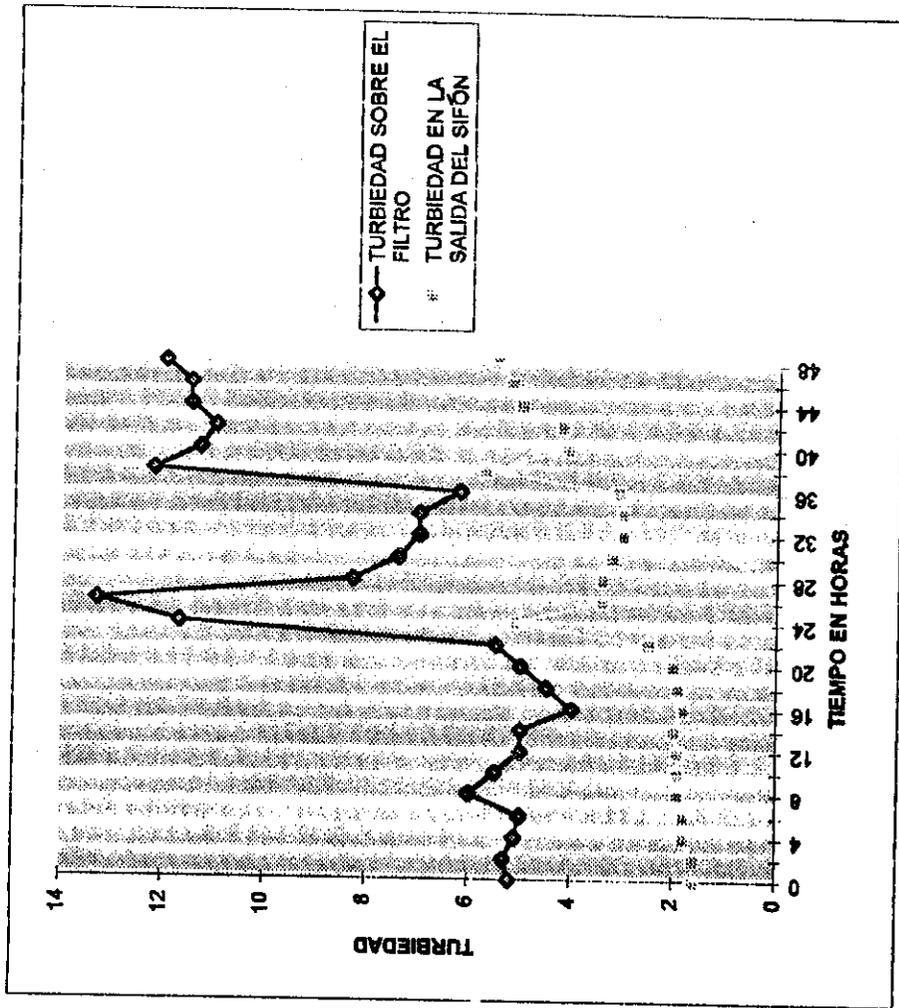
TURBIEDAD	TURBIEDAD EN SOBRE EL FILTRO No.4	TURBIEDAD EN SALIDA DE SIFÓN No. 4
7,4	1,5	1,5
5,5	1,4	1,4
7,7	3,7	3,7
4,8	1,1	1,1
6,2	1,3	1,3
3,1	1	1
3,5	0,7	0,7
3,4	1,1	1,1
2,5	0,9	0,9
3	0,4	0,4
6	0,9	0,9
6,6	2	2
5,1	1	1
3,6	1,1	1,1
9,5	2,4	2,4
5	1,6	1,6
4,4	1,8	1,8
4,5	0,9	0,9
5,1	0,8	0,8
7,2	0,8	0,8
6,1	0,7	0,7
3,5	0,6	0,6

GRÁFICA No. 6  
RELACION DE TURBIEDADES SOBRE  
EL FILTRO No. 4 VRS. EN LA SALIDA DE SU SIFÓN



### RETENCIÓN DEL FILTRO No. 1

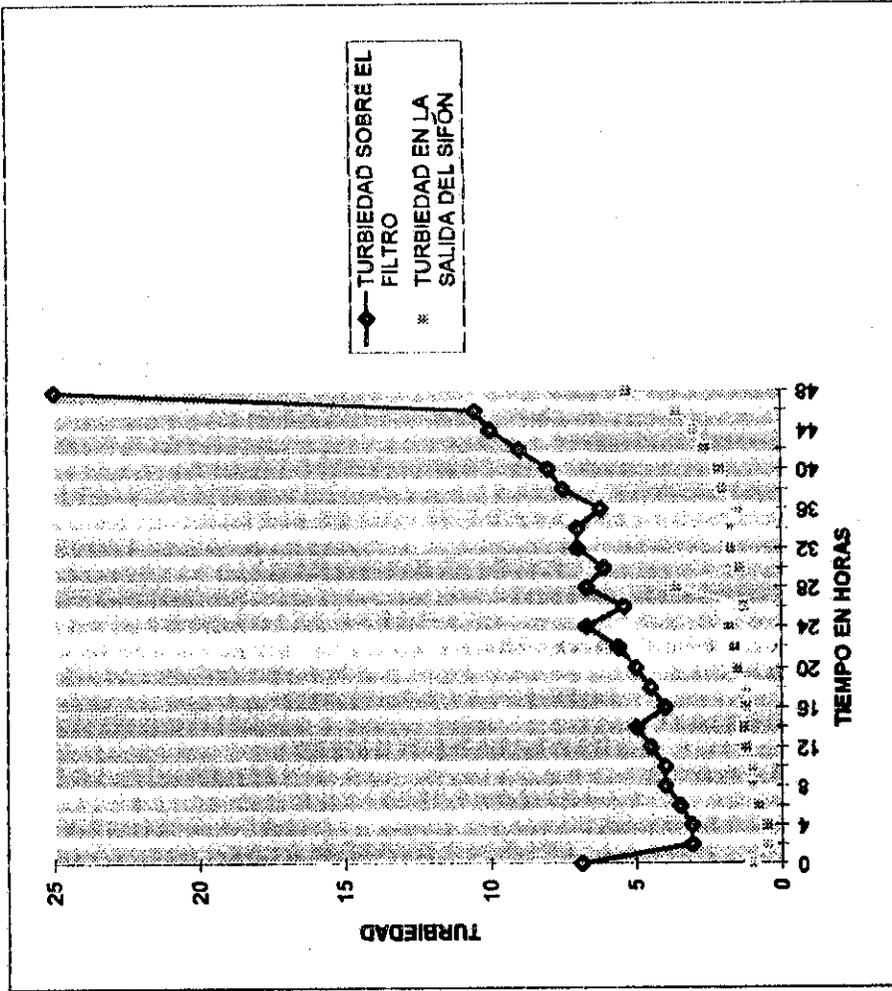
TIEMPO EN HORAS	TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO	TURBIEDAD EN LA SALIDA DEL SIFÓN
0	5,2	1,6
2	5,3	1,6
4	5,1	1,8
6	5	1,8
8	6	1,9
10	5,5	1,9
12	5	1,9
14	5	2
16	4	1,8
18	4,5	1,9
20	5	2
22	5,5	2,5
24	11,7	5,1
26	13,3	3,4
28	8,3	3,4
30	7,4	3,2
32	7	3
34	7	3
36	6,2	3,1
38	12,2	5,7
40	11,3	4,1
42	11	4,2
44	11,5	5
46	11,5	5,2
48	12	5,5



Se puede observar que durante el transcurso de las primeras 24 horas, la turbiedad de salida en el filtro se mantiene en un rango aceptable, luego comienza a incrementar, hasta salir de norma luego de 48 horas de operación.

### RETENCIÓN DEL FILTRO No. 2

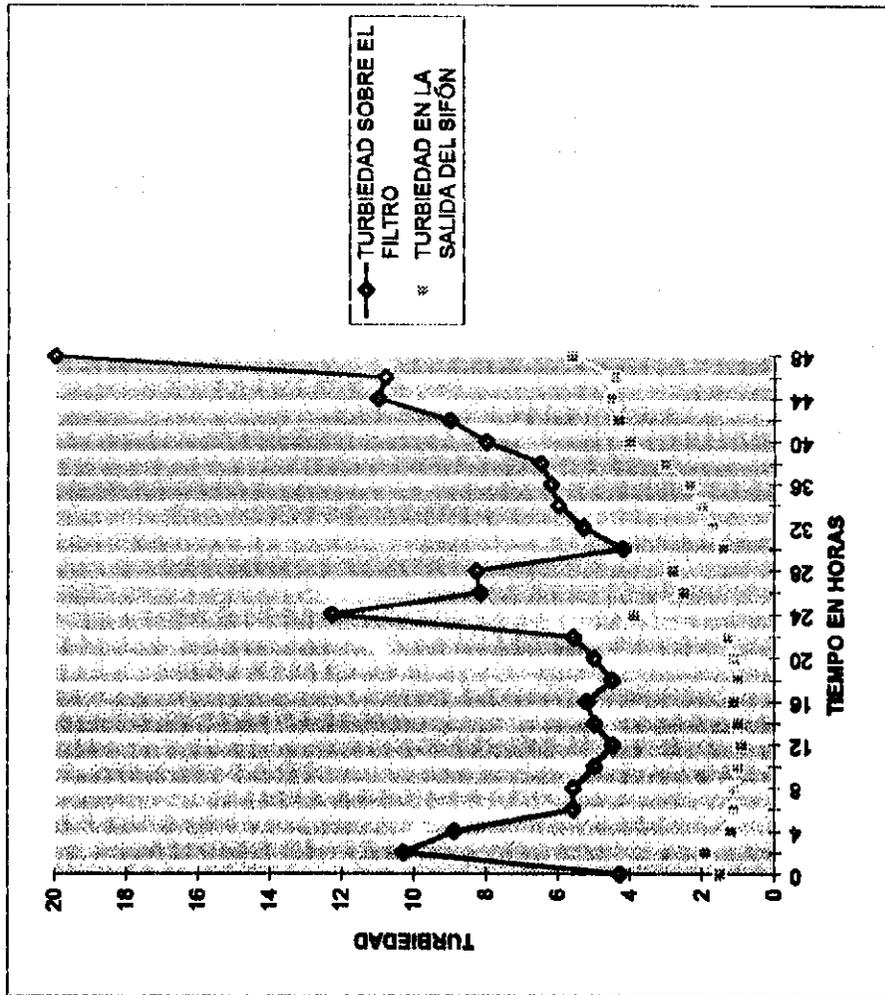
TIEMPO EN HORAS	TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO	TURBIEDAD EN LA SALIDA DEL SIFÓN
0	6,9	1
2	3,1	0,5
4	3,1	0,5
6	3,5	0,8
8	4	1
10	4	1
12	4,5	1,2
14	5	1,3
16	4	1,2
18	4,5	1,2
20	5	1,5
22	5,6	1,6
24	6,7	1,8
26	5,4	1,3
28	6,7	3,6
30	6,1	1,4
32	7	1,7
34	7	1,7
36	6,2	1,5
38	7,5	2
40	8	2,1
42	9	2,6
44	10	3
46	10,5	3,6
48	25	5,3



Se puede observar que durante el transcurso de las primeras 42 horas de servicio, la turbiedad en la salida del filtro, se mantiene en un rango aceptable, luego empieza a incrementar, hasta salir de norma, después de las 48 horas de servicio.

### RETENCIÓN DEL FILTRO No. 3

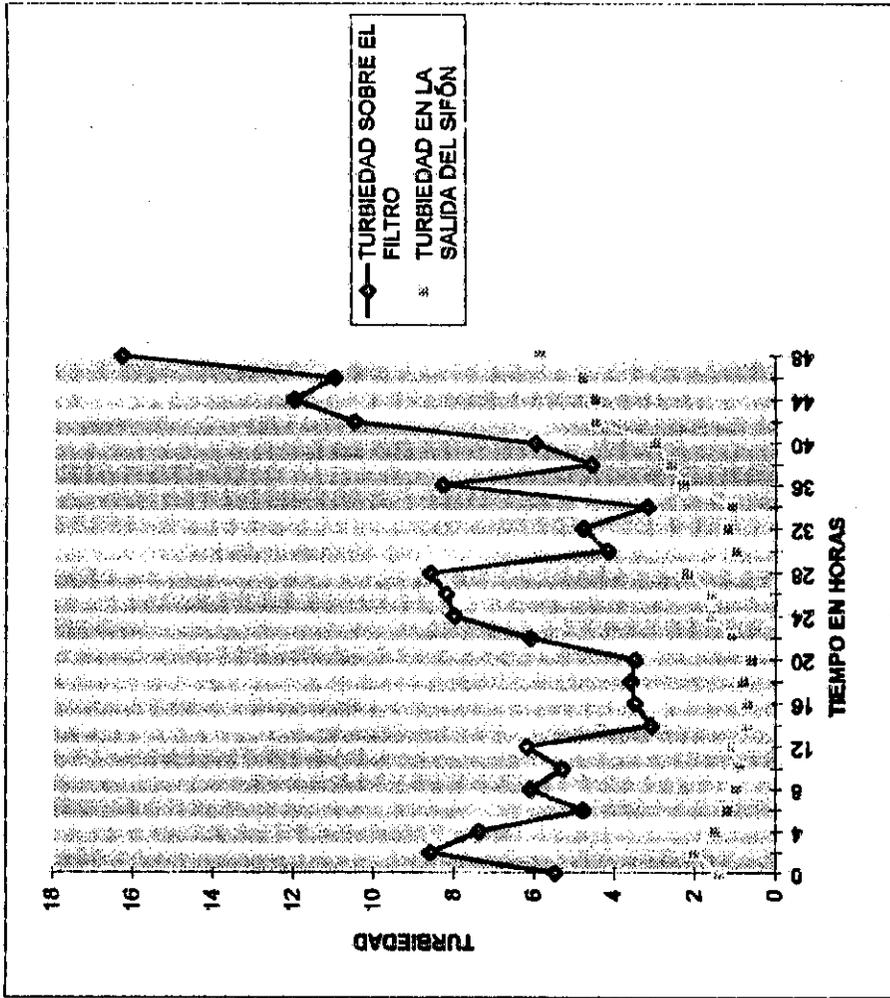
TIEMPO EN HORAS	TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO	TURBIEDAD EN LA SALIDA DEL SIFÓN
0	4,3	1,5
2	10,3	1,9
4	8,9	1,2
6	5,6	1,1
8	5,6	1,1
10	5	1
12	4,5	0,9
14	5	1
16	5,2	1,1
18	4,5	1
20	5	1,1
22	5,6	1,3
24	12,3	3,9
26	8,2	2,5
28	8,3	2,8
30	4,2	1,4
32	5,3	1,7
34	6	2
36	6,2	2,3
38	6,5	3
40	8	4
42	9	4,3
44	11	4,5
46	10,8	4,4
48	20	5,6



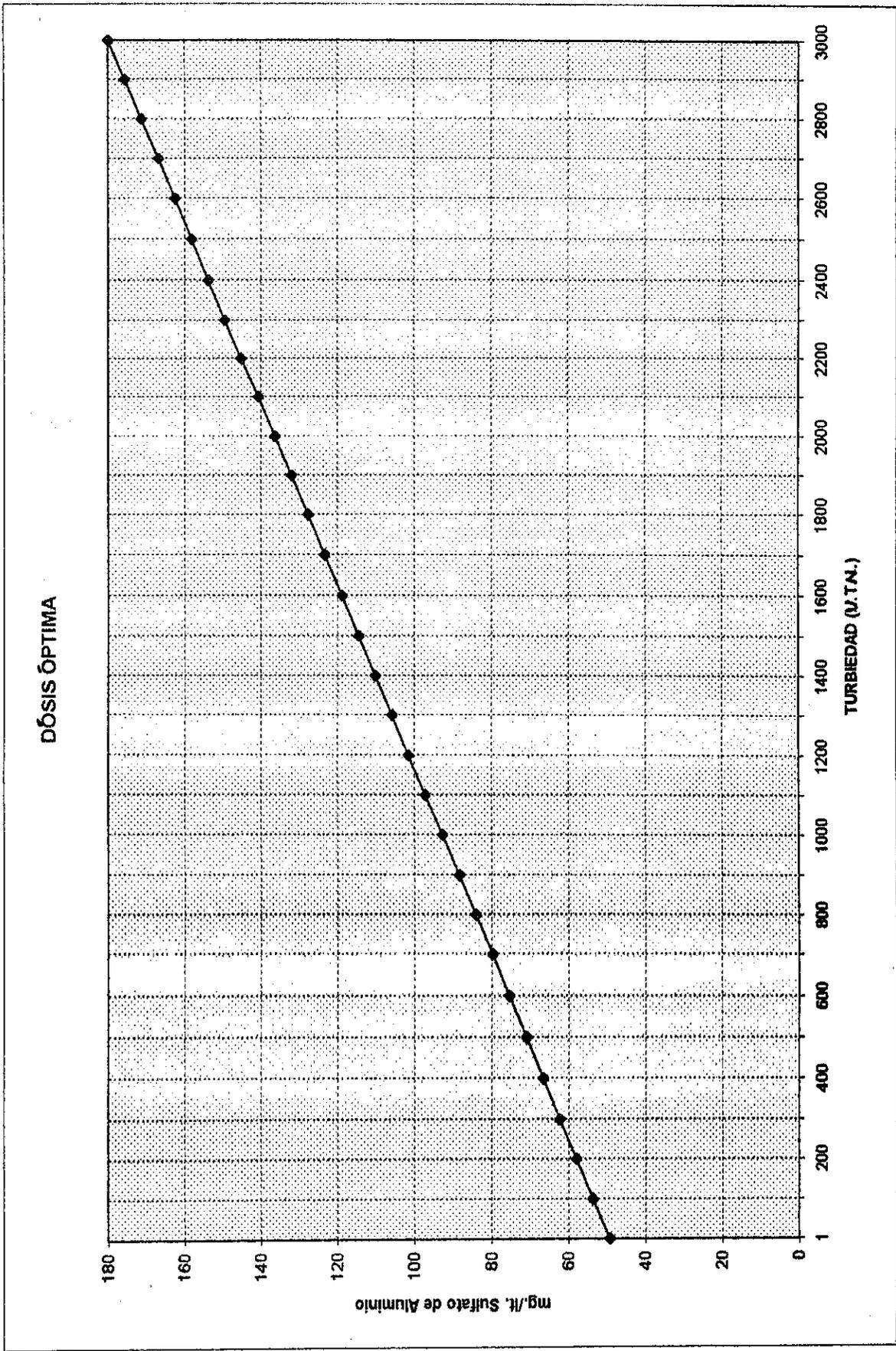
Se puede observar que durante las primeras 36 horas de servicio, la turbiedad en la salida del filtro, se mantiene en un rango aceptable, luego comienza a incrementar, hasta salir de normal, después de 48 horas de operación,

### RETENCIÓN DEL FILTRO No. 4

TIEMPO EN HORAS	TURBIEDAD SOBRE EL FILTRO	TURBIEDAD EN LA SALIDA DEL SIFÓN
0	5,5	1,4
2	8,6	2
4	7,4	1,5
6	4,8	1,2
8	6,1	1
10	5,3	0,9
12	6,2	1,1
14	3,1	0,7
16	3,5	0,7
18	3,6	0,8
20	3,5	0,6
22	6,1	1,1
24	8	1,6
26	8,2	1,6
28	8,6	2,2
30	4,2	1
32	4,8	1,2
34	3,2	1,1
36	8,3	2,3
38	4,6	2,6
40	6	3
42	10,5	4,5
44	12	4,5
46	11	4,8
48	16,3	5,9

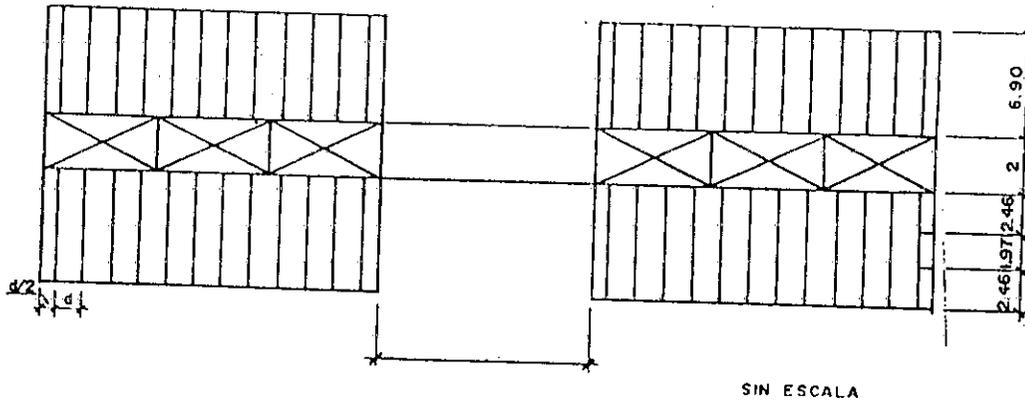


Se puede observar que durante las primeras 42 horas de servicio, la turbiedad en la salida del filtro, se mantiene en un rango aceptable, luego comienza a incrementar, hasta salir de norma, después de las 48 horas de operación.

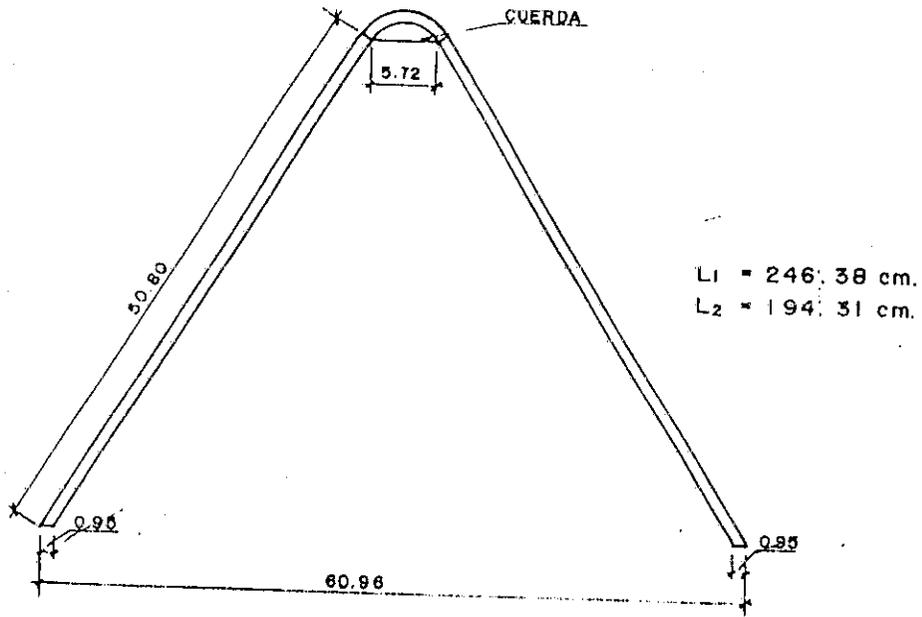


# PLANTA LAS ILUSIONES

## DISPOSICIÓN DE "TRANQUILIZADORES"



## SECCIÓN DE "TRANQUILIZADOR"



ESC: 1:500  
PESO: 2800 kg/m<sup>3</sup>

NOTA:  
LAS DIMENSIONES ESTÁN  
DADAS EN CENTÍMETROS.

# APÉNDICE No. 2

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO (KARDEX)

	No. PAG.
<b>1. BOMBAS Y MOTORES DE TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS.....</b>	121
Panel de arranque manual y automático.....	121
Accesorios.....	121
<b>2. BOMBAS Y MOTORES DE TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS... 121</b>	
Panel de arranque manual y automático.....	121
Accesorios.....	121
<b>3. BOMBAS Y MOTORES DE RETROLAVADO.....</b>	122
Panel arrancador.....	122
Accesorios.....	122
<b>4. BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN ELEVADO.....</b>	122
Panel de control manual y automático.....	123
Accesorios.....	123
<b>5. PULSATOR.....</b>	123
Accesorios.....	123
Bombas y motores del pulsator.....	123
Panel arrancador.....	124
Accesorios de las bombas y motores.....	124
<b>6. COMPRESORES Y MOTORES PARA SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.....</b>	124
Accesorios.....	124
<b>7. SECADOR DE AIRE REFRIGERADO.....</b>	124
Transformador.....	125
Arrancadores.....	125
<b>8. BOMBAS Y MOTORES DE CLORINACIÓN.....</b>	125
Panel de control.....	125
Accesorios.....	125
<b>9. OFICINA DE OPERADORES.....</b>	126
Panel de control de instrumentos.....	126
Panel de vigilancia.....	126
<b>10. CUARTO QUÍMICO.....</b>	126
<b>A. Dosificadores de aluminio.....</b>	126
Accesorios.....	127
Panel de control manual.....	127
<b>B. Bombas y motores dosificadores de cal.....</b>	127
Accesorios.....	127
<b>C. Agitadores de sulfato de aluminio.....</b>	127

Accesorios.....	128
Panel de control manual.....	128
D. Agitador de cal.....	128
Accesorios.....	128
Panel de control manual.....	128
11. CUARTO ELÉCTRICO.....	129
Generador de energía eléctrica.....	129
Brushless AC generador.....	129
Motor diesel.....	129
Panel de control automático.....	129
Paneles de cuarto eléctrico.....	129
Transformador.....	129
Ventiladores.....	130
12. POLIPASTO.....	130
Panel de control.....	130
13. LABORATORIO.....	130
Cristalería.....	130
Equipo.....	131
Mobiliario.....	131
COSTOS DE LA REHABILITACIÓN.....	132

**1. BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE RECUPERACIÓN  
DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS**

CANTIDAD: 2 MOTORES  
MARCA: EIM SUMERGIBLE  
KW: 11  
POLOS: 4  
VOLTIOS: 240  
AMPERIOS: 37  
Hz: 60  
SERIE: K5345

CANTIDAD: 2 BOMBAS SUMERGIBLES  
MARCA: EIM SUMERGIBLE  
DESCARGA: 150 mm  
CABECEO: 13 m.  
CAPACIDAD: 2.0 M3/min.  
MODELO: SU-1515TB  
SERIE: K5345

**PANEL DE ARRANQUE MANUAL Y AUTOMÁTICO**

MARCA: HITACHI  
MODELO: 38117916  
SIGLAS: AW-L2

**ACCESORIOS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	VÁLVULAS DE MARIPOSA DE 6" MARCA WEC O NIGATA
2	MANÓMETROS DE GLICERINA DE 0 -3 Kg/cm <sup>2</sup>
2	VÁLVULAS DE PASO PARA MANÓMETRO DE 1/2"
1	GUARDANIVEL, CON PROTECCIONES DE NIVEL, PARA ARRANQUE Y PARADA DE 1.20 Y 1.55 METROS RESPECTIVAMENTE.

**2. BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE RECUPERACIÓN  
DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS**

CANTIDAD: 2 MOTORES  
POTENCIA: 3.7 KW  
POLE: 4  
VOLTIOS: 240  
Hz: 60  
AMPERIOS: 13.8  
MARCA: EIM-ELECTRIC

CANTIDAD: 2 BOMBAS SUMERGIBLES  
MARCA: EIM  
MODELO: Su-85TB  
DESCARGA: 80 mm  
CABECEO: 11 m  
FLUJO: 0.9 M3/min.

**PANEL DE ARRANQUE MANUAL Y AUTOMÁTICO**

MARCA: HITACHI  
MODELO: 38117915  
SIGLAS: AW-L1

**ACCESORIOS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	DOS CHEQUES HORIZONTALES DE 3" (NBC)
2	DOS VÁLVULAS DE MARIPOSA DE 3"

- 2 MANÓMETROS DE GLICERINA 0 - 3 Kgf/cm<sup>2</sup>
- 2 DOS VÁLVULAS DE MANÓMETROS DE 1/2"
- 1 UN GUARDANIVEL, CON PROTECCIONES DE ARRANQUE Y PARADA, PARA NIVELES DE 1.2 Y 1.40 METROS RESPECTIVAMENTE.

### 3. BOMBAS Y MOTORES DE RETROLAVADO DE FILTROS

CANTIDAD:	2 MOTORES	CANTIDAD:	2 BOMBAS HORIZONTALES
MARCA:	HITACHI	MARCA:	HONDA KIKO
POTENCIA:	37 KW	POTENCIA:	37 KW
POLE:	8	TIPO:	CLAF
TIPO:	TFOA	DESCARGA:	350 mm
VOLTIOS:	240	CABECEO:	10 m
FORMA:	KK	CAPACIDAD:	14 M3/min.
Hz:	60	RPM:	875
RPM:	870	MFG No.:	T441307
MFG No.:	G801085	FECHA:	1995
BRG. DS:	6315uu		
BRG. OS:	6312uu		
PROTECCIÓN:	JPW 44		
RULE:	JISC 4004		
TEMPERATURA:	40 Grados centígrados		
AMPERIOS:	135		

#### PANEL ARRANCADOR

EL PANEL ANTIGUO SE CONTINÚA UTILIZANDO

#### ACCESORIOS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	DOS MANÓMETROS DE GLICERINA DE 0 -3 Kgf/cm <sup>2</sup>
2	DOS VÁLVULAS DE MANÓMETROS DE 1/2"
1	UN GUARDANIVEL, CON PROTECCION DE ARRANQUE Y PARADA, PARA NIVELES DE 1.20 Y 1.55 METROS RESPECTIVAMENTE.

### 4. BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN ELEVADO

CANTIDAD:	2 MOTORES	CANTIDAD:	2 BOMBAS SUMERGIBLES HORIZONTALES
MARCA:	SILENT POWER HITACHI	MARCA:	HONDA
POLE:	4	TIPO:	Hc
TIPO:	TFOA	DESCARGA:	100/80 mm
FORMA:	KK	CABECEO:	35 m
VOLTIOS:	240	CAPACIDAD:	1.0 M3/min
HZ:	60	POTENCIA:	15 KW
RPM:	1760	RPM:	1750
TEMP. AMB.:	40 Grados centígrados	MFG No.:	T-441305
AMPERIOS:	48	FECHA:	1995

PROTECCIÓN: JPW44  
RULE: JISC4004  
MFG No.: D734165  
FECHA: 1995

### **PANEL DE CONTROL MANUAL Y AUTOMÁTICO**

MARCA: HITACHI  
SIGLAS: AW-L3  
SERIE: 38117917

#### **ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
2	DOS CHEQUES HORIZONTALES DE 3"
2	DOS VÁLVULAS DE MARIPOSA DE 3" MARCA WECO-NIIGATA
2	DOS MANÓMETROS DE 0 - 10 Kgff/cm2
2	DOS VÁLVULAS DE MANÓMETRO DE 1/2"
1	UN GUARDANIVEL, CON PROTECCIÓN DE ARRANQUE Y PARADA, PARA NIVELES EN EL TANQUE DE: 0.70, 1.20, 4.20 Y 5.15 METROS RESPECTIVAMENTE.

### **5. PULSATOR**

CANTIDAD:	2 PULSADORES
MARCA:	MIROUX
NÚMERO:	13942
FIG:	2670 P N 10
No.	PMA 2 5 101 A
	50 LIBRAS
FECHA:	1995

#### **ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
4	VÁLVULAS NEUMÁTICAS
2	FLOTADORES ACCIONADOS POR MICRO SWICH SE CAMBIARON LOS NIPLES DONDE SE ENCUENTRAN LAS VÁLVULAS SE CAMBIÓ TODA LA TUBERÍA DE VACÍO DE 4 "

### **BOMBAS Y MOTORES DEL PULSATOR**

CANTIDAD:	3 MOTORES HORIZONTALES	CANTIDAD:	3 BOMBAS DE VACÍO
MARCA:	HITACHI	MARCA:	HITACHI
POTENCIA:	5.5 KW	TIPO:	VRJ1004
FASES:	3	No.:	950796
TIPO:	TFOA	RPM:	1390
VOLTIOS:	240	VOLUMEN:	11 M3/min.
FORMA:	KK	SUC. PRES.:	1000 mmAg
Hz:	60	DIS-PRES:	ATM
INSULACIÓN:	B	STDN:	681 c.

RPM: 1750  
 TEMP. AMB. 40 Grados centigrados  
 AMPERIOS: 20  
 PROTECCIÓN: JW44  
 RULE: JISC4004  
 MFG No.: D 736735  
 BRG. D.S.: 6308ZZ  
 BRG. O.S.: 6306ZZ  
 FECHA: 1995

FECHA: 1995

**PANEL ARRANCADOR**  
 EN EL PANEL ANTIGUO SE INSTALARON SUS CONTROLES

**ACCESORIOS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
3	TRES JUNTAS DE EXPANSIÓN DE 3" MARCA TOYO
8	VÁLVULAS DE MARIPOSA DE 3" MARCA WECO-NIIGATA
3	TRES VACUÓMETROS DE 0 - 5000 mmAG
2	DOS SILENCIADORES

TIPO: GLD 1000  
 No.: 950796-2  
 SIZE: 100 \* 100 \* 32  
 FECHA: 1995  
 STD No 711 A

**6. COMPRESORES Y MOTORES PARA SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO**

CANTIDAD: 2 MOTORES	CANTIDAD: 2 COMPRESORES
MARCA: SILENT POWER HITACHI	MARCA: HITACHI
FASES: 3	MODELO: 370 P-85T6
POLE: 4	Hz: 60
POTENCIA: 3.7 KW	MFG No.: E 067965
TIPO: TFC	
FORMA: K	
VOLTIOS: 240	
RATING: CONT..	
Hz: 60	
INSULACIÓN: E	
RPM: 1725	
TEMP. AMB.: 40 Grados centigrados	
AMPERIOS: 11.5	
CONDUCCIÓN DE PROTECCIÓN: JP44	
RULE: JISC4004	
BRG. DS.: 6306 uu	
BRG. O.S.: 6306 uu	
MFG. No.: D 734795	
FECHA: 1995	

**ACCESORIOS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
4	CUATRO MANÓMETROS
3	VÁLVULAS DE PASO DE 1/2"
1	VÁLVULA DE PASO DE 1"
1	REGULADOR DE AIRE 0- 15 Kg/cm2
1	UN ARRANCADOR SIEMENS SE CAMBIÓ TODA LA TUBERÍA DE AIRE.

**7. SECADOR DE AIRE REFRIGERADO**

CANTIDAD: 1 SECADOR  
 MARCA: HITACHI  
 POTENCIA: 0.25 KW

TIPO: HDN - 15BX  
VOLTAJE: 240  
MAX. PRES.: 9.5 KgF/cm2  
MFG. No.: LC - 505

Hz: 50/60  
REFRIG.: R - 22, 0 - 20 Kg  
LIST. No.: X298

### **TRANSFORMADOR**

FASE: 1  
TIPO: ATC - 700  
CAPACIDAD: 0.7 KVA  
Hz: 50/60  
CLASE: A  
VOLT. PRIMA.: 200, 220, 230, 240  
VOLT. SECUN.: 100  
MAX. AMP.: 7  
No. 2052  
MARCA: AKKO  
MFG No.: C.O. L.T.D.

### **ARRANCADORES**

CANTIDAD: 1 ARRANCADOR  
MARCA: SIEMENS

## **8. BOMBAS Y MOTORES DE CLORINACIÓN**

CANTIDAD: 2 MOTORES  
MARCA: HITACHI  
POLOS: 4  
TIPO: TFOA  
VOLTIOS: 240  
FORMA: KK  
RATING: CONT.  
Hz: 60  
INSULACIÓN: B  
RPM: 1740  
TEMP.AMB.: 40 Grados centigrados  
AMPERIOS: 26  
PROTECCIÓN: JPW44  
RULE: JISC4004  
COOLING: JC4  
BRG. D.S.: 6308ZZ  
BRG. O.S.: 6306ZZ  
MOISTURE  
PROOF. CLAS: 2  
MFG No. D 734175  
FECHA: 1995

CANTIDAD: 2 BOMBAS  
MARCA: HONDA  
TIPO: LNPF  
BORE: 50/40 mm  
CABECEO: 40 m.  
CAPACIDAD: 0.2 M3/min.  
POTENCIA: 7.5 KW  
RPM: 1750  
MFG. No.: T441302  
FECHA: 1995

### **PANEL DE CONTROL**

MARCA: HITACHI  
SIGLAS: AW-L4  
SERIE: 38117918

## ACCESORIOS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	DOS CHEQUES VERTICALES MARCA ESLON DE PVC DE 1.1/2"
2	DOS VÁLVULAS REGULADORAS DE GLOBO MARCA ESLON DE PVC DE 1.1/2"
2	DOS MANÓMETROS DE GLICERINA DE 0 - 40 mH2O
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE PVC DE 1.1/2"
2	DOS ROTÁMETROS DE 0 - 10 Kg/h. (0 - 500 lbs./ 24 hr.)
	MARCA: COLMAR
	MODELO: 10220
	SERIE: 901260
2	DOS GUARDANIVELES, CON PROTECCIÓN DE NIVEL EN LA SISTERNA DE 0.90 METROS PARA ARRANQUE Y DE 1.30 METROS PARA APAGADO.

### 9. EN OFICINA DE OPERADORES

1 UN PANEL DE CONTROL DE INSTRUMENTOS, SIGLAS AW-05 CON INDICADORES DE:

MEDIDOR DIGITAL ELECTRÓNICO DE FLUJO DE ENTRADA  
MEDIDOR DIGITAL ELECTRÓNICO DE FLUJO DE SALIDA  
MEDIDOR DE AGUJA ELECTRÓNICO DE FLUJO DE ENTRADA  
MEDIDOR DE AGUJA ELECTRÓNICO DE FLUJO DE SALIDA

1 UN PANEL DE VIGILANCIA, QUE DETERMINA DEFECTOS EN:

ENERGÍA ELÉCTRICA  
POTENCIA  
EN CUARTO QUÍMICO:  
SOLUCIÓN DE ALUMINIO  
SOLUCIÓN DE CAL  
PRUEBA DE LÁMPARA  
CUARTO ELÉCTRICO  
PARADA DE ALARMA

### 10. CUARTO QUÍMICO

A) DOSIFICADORES DE ALUMINIO

B) DOSIFICADORES DE CAL

C) AGITADORES DE SOLUCIÓN DE ALUMINIO

D) AGITADORES DE SOLUCIÓN DE CAL

#### A) DOSIFICADORES DE ALUMINIO

CANTIDAD: 2 MOTORES  
MARCA: IWAKI  
MODELO: MDF-L412CFVY  
CABECERO: 16  
CAPACIDAD: 20 - 80 L/min.  
POTENCIA: 1.5 KW  
Hz: 60  
RPM: 3460  
SERIE: 0550035

CANTIDAD: 2 BOMBAS  
MARCA: TOSHIBA  
VOLTIOS: 240  
Hz: 60  
AMPERIOS: 5.0  
RPM: 3460  
POTENCIA: 1.5 KW  
SERIE: 54152545  
No. : 056205ZZ  
POLES: 2

**ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
2	DOS VÁLVULAS REGULADORAS DE GLOVO DE 40 mm ( 1.1/2") PVC MARCA ESLON
2	DOS MANÓMETROS DE GLICERINA DE 0 - 1 MPA 0- 10 Kgff/cm2.
6	SEIS VÁLVULAS REGULADORAS DE GLOBO DE 50 mm ( 2") PVC MARCA ESLON
2	DOS VÁLVULAS DE PASO PARA MANÓMETRO DE 1/2" MARCA HAMA
2	DOS CHEQUES VERTICALES DE PVC MARCA ESLON DE 40 mm ( 1.1/2")
1	UNA VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE DE 2"

**PANEL DE CONTROL MANUAL**

SIGLAS:       AW-06  
 SERIE:       38117913  
 MARCA:       EISHIN ELECTRIC

**B) BOMBAS Y MOTORES DOSIFICADORES DE CAL**

<b>CANTIDAD:</b>	2 MOTORES	<b>CANTIDAD:</b>	2 BOMBAS
<b>MARCA:</b>	YASKAWA ELECTRIC CORPORATION	<b>MARCA:</b>	WARMAN PUMP
<b>POTENCIA:</b>	2.2 KW	<b>TIPO:</b>	11/ 2 - 1 B1M EO R/LSVOR V
<b>POLOS:</b>	4	<b>DESCARGA:</b>	0.1 m3/min
<b>VOLTAJE:</b>	240	<b>RPM:</b>	1710
<b>AMPERAJE:</b>	7.2	<b>CABECEO:</b>	15 m
<b>RPM:</b>	1730	<b>MFG:</b>	BM 111998
<b>BEARING:</b>	6206ZZ	<b>FECHA:</b>	6 - 95
<b>JIS C :</b>	4210		
<b>JPW:</b>	44	<b>PANEL DE CONTROL</b>	
<b>INS CLASS:</b>	E - 100L	<b>MARCA:</b>	EISHIN ELECTRIC
<b>SERIE:</b>	4022011	<b>SIGLAS:</b>	AW-06
<b>Hz:</b>	60	<b>SERIE:</b>	38117913

**ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
4	CUATRO VÁLVULAS DE PASO DE 1/2" MARCA HAMA PARA MANÓMETROS
2	DOS MANÓMETROS DE GLICERINA DE 0 - 0.4 MPA ( Kgff/cm2)
2	DOS CHEQUES VERTICALES DE BRONCE DE 1.1/2" MARCA TOYO
4	VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 1.1/2" MARCA KITZ
2	VÁLVULAS REGULADORAS DE GLOBO MARCA ESLON PVC DE 50 mm (2")
2	VÁLVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 2" MARCA KITZ
	TUBERÍA HG DE 1. 1/2"

**C) AGITADORES DE SULFATO DE ALUMINIO**

<b>CANTIDAD:</b>	2 MOTORES	<b>CANTIDAD:</b>	2 AGITADORES
<b>MARCA:</b>	CYCLO DRIVE	<b>MARCA:</b>	TAKEUCHI
<b>MODELO:</b>	CNVM2 - 4105	<b>TIPO:</b>	TFCO- 0203-10
<b>POTENCIA:</b>	1.5 KW	<b>POTENCIA:</b>	1.5 KW
<b>VOLTAJE:</b>	240	<b>VOLTAJE:</b>	240
<b>APERAJE:</b>	5.4	<b>RPM:</b>	138
<b>RPM:</b>	1740	<b>Hz:</b>	60
<b>Hz:</b>	60		

RATIO: 13  
SERIE: C5048636

**ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
2	DOS VÁLVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 2" MARCA KITZ PARA ALIMENTAR DE AGUA EL TANQUE DE SOLUCIÓN.
2	DOS VÁLVULAS REGUARDORAS DE GLOBO PVC MARCA ESLON DE 80 mm (3") TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE 3" PVC.
2	GUARDANIVEL, CON PROTECCIÓN PARA NIVEL DE SOLUCIÓN DE: 1.75, 2.2 Y 2.40 METROS.

**PANEL DE CONTROL MANUAL**

MARCA: EISHIN ELECTRIC  
SIGLAS: AW - 06  
SERIE: 38117913

**D) AGITADORES DE CAL**

CANTIDAD: 2 MOTORES  
MARCA: CYCLO DRIVE  
MODELO: CNVM2 - 4105  
RATIO: 17  
POTENCIA: 1.5 KW  
RPM: 1740  
Hz: 60  
M. AMP.: 54  
VOLTAJE: 240  
SERIE: C5048638

CANTIDAD: 2 AGITADORES  
MARCA: TAKEUCHI  
TIPO: TFCO - 0203-10  
POTENCIA: 1.5 KW  
VOLTAJE: 240  
RPM: 106  
Hz: 60  
SERIE: 77232

**ACCESORIOS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
2	DOS VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 2" DE BRONCE PARA ALIMENTAR DE AGUA EL TANQUE.
2	DOS VÁLVULAS DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO DE 3" No. 5418
2	DOS GUARDANIVELES, CON PROTECCIONES PARA EL NIVEL DE SOLUCIÓN DE 1.75, 2.2 Y 2.40 METROS RESPECTIVAMENTE. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE 3" DE HIERRO GALVANIZADO

**PANEL DE CONTROL MANUAL**

MARCA: EISHIN ELECTRIC  
SIGLAS: AW-06  
SERIE: 38117913

## 11. CUARTO ELÉCTRICO

### GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CANTIDAD: 1  
MARCA: DEN YO POWER  
MODELO: DCA - 85 KT

#### BRUSHLESS AC GENERADOR

CANTIDAD: 1  
MODELO: DB - 1001K  
ENGINE MODELO: S6D95L  
PHASE: 3 P (4 WIRES)  
RATED OUT PUT: 80  
RATED VOLT: 240  
RATED CURRENT: 192  
Hz: 60  
RPM: 1800  
P.F.: 0.8  
SERIE: 1336329  
PESO: 12570 Kg.

#### MOTOR DIESEL

CANTIDAD: 1  
MARCA: KOMATSU  
ENGINE MODEL: S6D95L-1  
FIRING ORDER: 1-5-3-6-2-4  
SERIE: 142664

#### PANEL DE CONTROL AUTOMÁTICO

MARCA: DENYO  
MODELO: ACP - 24D  
ENGINE GENERADOR: DCA - 85 KT  
SERIE: MO6195  
PESO : 150 Kg  
FECHA: 1995

#### PANELES DE CUARTO ELÉCTRICO

PANEL DE DISTRIBUCIÓN No. 1 AW-01  
PANEL DE DISTRIBUCIÓN No. 2 AW-02  
PANEL PARA EL CONMUTADOR AW-03  
PANEL DE ALUMBRADO AW-04

#### TRANSFORMADOR

CANTIDAD: 1  
MARCA: SHIHEN TECHNICAL  
POTENCIA NORMAL: 150 KW  
FASE: 3  
Hz: 60  
TIPO DE ENFRIAMIENTO: ONAN  
GRUPO DE VECTOR: Y d1  
No. DE SERIE: 3298701

VOLTAJE NORMAL:  
 VOLTAJE AT: 13,200  
 VOLTAJE BT: 240  
 CORRIENTE NORMAL:  
 AMPERAJE AT: 6.56  
 AMPERAJE BT: 361  
 MASA TOTAL: 1200 Kg  
 CANTIDAD DE ALEO: 360  
 IMPEDANCIA: 75 Grados centigrados  
 ALTITUD: 1500 mm

### **VENTILADORES**

CANTIDAD: 3  
 MARCA : KURITA HOOD  
 POTENCIA: 100 W  
 Hz: 60  
 VOLTAJE: 120  
 AMPERAJE: 1.5  
 RPM: 1680  
 No.: P15023H

### **12. POLIPASTO**

CANTIDAD: 1  
 MARCA: YASKAWA ELECTRIC  
 POTENCIA: 4 KW  
 VOLTAJE: 240  
 AMPERAJE: 8.60  
 RPM: 1680  
 Hz: 60

### **PANEL DE CONTROL**

SERIE: 3ES860330Z

### **13. LABORATORIO**

#### **CRISTALERÍA**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
10	BEAKERS DE VIDRIO DE 250 ML.
10	BEAKERS DE VIDRIO DE 600 ML.
10	BEAKERS DE VIDRIO DE 1,000 ML.
05	PROBETAS GRADUADAS DE 250 ML.
05	PROBETAS GRADUADAS DE 500 ML.
05	PROBETAS GRADUADAS DE 1,000 ML.
20	PIPETAS SEROLOGICAS DE 1 ML.
20	PIPETAS SEROLOGICAS DE 2 ML.
20	PIPETAS SEROLOGICAS DE 5 ML.

- 20 PIPETAS SEROLOGICAS DE 10 ML.
- 20 PIPETAS SEROLOGICAS DE 25 ML.
- 20 FRASCOS DE BOCA ANCHA DE 250 ML., DE PE
- 20 FRASCOS DE BOCA ANCHA DE 500 ML., DE PE
- 05 FRASCOS DE BOCA ANGOSTA DE 250 ML., DE PE
- 30 FRASCOS PARA REACTIVOS, DE 500 ML., DE VIDRIO
- 07 FRASCOS PARA REACTIVOS, DE 500 ML., DE VIDRIO AMBAR
- 02 CONDENSADORES ALLIN, REFLUX, DE 300 ML.
- 02 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 500 ML., DE VIDRIO AMBAR
- 02 CRISOLES DE VIDRIO CON FILTRO DE 15 ML.
- 06 PROBETAS DE VIDRIO DE 1,000 ML.
- 04 PROBETAS DE VIDRIO DE 500 ML.
- 02 PROBETAS DE VIDRIO DE 250 ML.
- 04 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 1 LITRO, CON TAPÓN HDPE
- 04 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 500 ML. CON TAPÓN HDPE
- 04 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 250 ML. CON TAPÓN HDPE
- 06 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 100 ML. CON TAPÓN HDPE
- 02 BALONES VOLUMÉTRICOS DE 50 ML. CON TAPÓN HDPE
- 04 ERLLENMEYER DE VIDRIO DE 500 ML.
- 10 ERLLENMEYER DE VIDRIO DE 250 ML.
- 07 FRASCOS GOTEROS DE VIDRIO DE 250 ML.

### **EQUIPO**

- 01 AGITADOR ELÉCTRICO DE 6 PALETAS (JER TESTING)
- 01 ILUMINADOR PARA 6 BEAKERS
- 01 TURBIDIMETRO MARCA ORBECO-HELLIGE, MODELO 965
- 01 MEDIDOR DE pH, MODELO HI9210N, MARCA HANNA
- 01 ANALIZADOR DE RESIDUOS DE CLORO, MANUAL, MODELO HI-93711, MARCA HANNA
- 01 KIT PARA PRUEBAS DE CLORO HI-4831, MARCA HANNA
- 02 SOPORTES DE BURETA
- 02 LLAVES PARA DETENER BURETAS
- 01 CONDUCTÍMETRO
- 01 BALANZA MONOPLATO MARCA OHAUS , CON CAPACIDAD DE PESO DE 2610 GRAMOS.

### **MOBILIARIO**

- 04 GABINETES AEREOS DE METAL DE 2 COMPARTIMIENTO Y DOS PUERTAS, DE 0.39 X 0.81 X 0.735 METROS.
- 02 ARCHIVOS ROBOT DE METAL DE 2 GAVETAS DE 0.47 X 0.66 X 0.54 METROS.
- 01 ESCRITORIO DE METAL CON 6 GAVETAS DE 0.75 X 1.68 METROS
- 01 ESCRITORIO DE METAL SIN GAVETAS DE 0.76 X 1.24 METROS
- 01 ESCRITORIO DE METAL SIN GAVETAS DE 0.76 X 1.53 METROS
- 01 ESCRITORIO DE METAL SIN GAVETAS DE 0.76 X 0.76 METROS

**COSTOS DE LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA LAS ILUSIONES**

No.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	YEN	DOLAR	QUETZAL
1	BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS	18.222.000	171.906	1.031.434
2	BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE EXTRACCIÓN DE LODOS	9.341.000	88.123	528.736
4	BOMBAS Y MOTORES DE RETROLAVADO DE FILTROS	21.840.000	206.038	1.236.226
5	BOMBAS Y MOTORES DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN ELEVADO	3.327.000	31.387	188.321
6	PULSATOR Y SISTEMAS DE FILTRACIÓN	72.432.000	683.321	4.099.925
7	COMPRESORES Y MOTORES PARA SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	2.320.500	21.892	131.349
8	SECADOR DE AIRE REFRIGERADO	773.500	7.297	43.783
9	BOMBAS Y MOTORES PARA CLORINACIÓN	19.860.000	187.358	1.124.151
10	MEDIDORES DE CAUDAL	22.160.000	209.056	1.254.339
11	PANELES DE VIGILANCIA	25.002.000	235.868	1.415.207
12	BOMBAS Y MOTORES DOSIFICADORES DE ALUMINIO	7.012.000	66.151	396.906
13	BOMBAS Y MOTORES DOSIFICADORES DE CAL	11.500.000	108.490	650.943
14	AGITADORES DE SULFATO DE ALUMINIO	3.670.000	34.623	207.736
15	AGITADORES DE CAL	2.300.000	21.698	130.189
16	GENERADOR ELÉCTRICO	12.525.000	118.160	708.962
17	PANEL DE CONTROL AUTOMÁTICO	10.219.000	96.406	578.434
18	PANELES DE CUARTO ELÉCTRICO	52.763.000	497.764	2.986.584
19	TRANSFORMADOR	35.816.000	337.886	2.027.320
20	MATERIALES ADICIONALES (TUBERÍA Y VALVULAS)	17.169.000	161.972	971.830
21	POLIPASTO	4.891.000	46.142	276.849
22	LABORATORIO	1.730.000	16.320	97.925
<b>TOTAL</b>		<b>354.873.000</b>	<b>3.347.858</b>	<b>20.087.149</b>

COSTOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EL ATLANTICO				
SISTEMA DE BOMBEO QUE INCLUYE DOS MOTORES DE 800 CABALLOS DE FUERZA Y PANELES DE CONTROL				
		142.975.000	1.348.821	8.092.925
COMPRESOR DE CAMPANA DE AIRE				
		32.851.000	30.990	185.943
<b>TOTAL DE LA REHABILITACIÓN EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO EL ATLANTICO</b>				
		<b>175.826.000</b>	<b>1.379.811</b>	<b>8.278.868</b>
<b>GRAN TOTAL DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA ATLANTICO ILUSIONES</b>				
		<b>530.699.000</b>	<b>5.006.594</b>	<b>30.039.566</b>

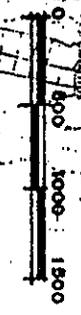
## **ANEXOS**

- PLANOS DE UBICACIÓN DE LA PLANTA LAS ILUSIONES**
- NORMA COGUANOR No. 29001**



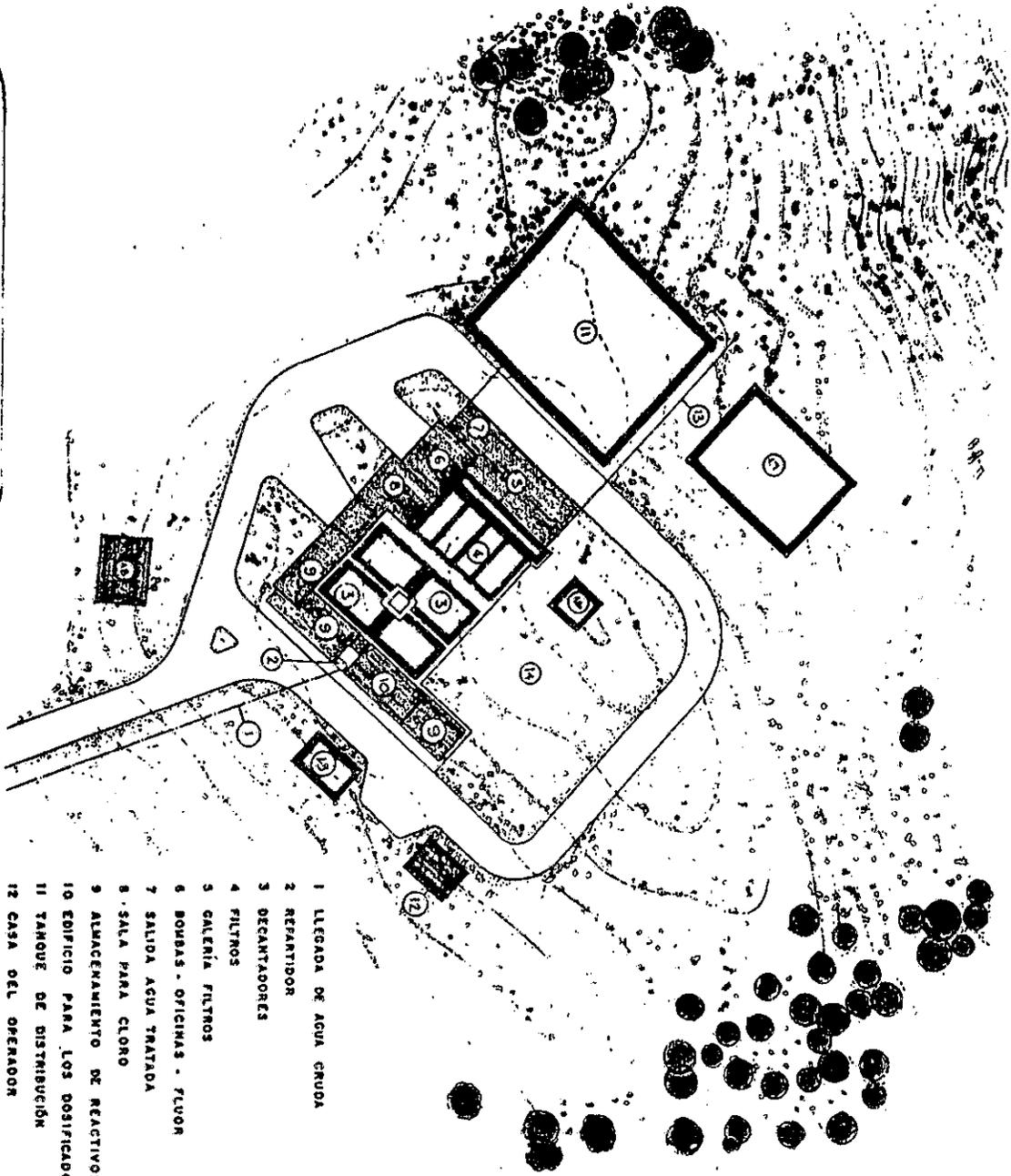


**ESCALA APROXIMADA**  
**PLANTA LAS LEUSIONES**



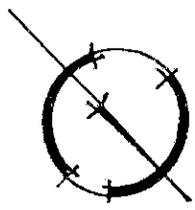
**ESCALA APROXIMADA**

# PLANTA LAS ILUSIONES



- 1 LLEGADA DE AGUA CRUDA
- 2 REPARTIDOR
- 3 DECANTADORES
- 4 FILTROS
- 5 CALERÍA FILTROS
- 6 BOMBAS - OFICINAS - FLUOR
- 7 SALIDA AGUA TRATADA
- 8 SALA PARA CLORO
- 9 ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS
- 10 EDIFICIO PARA LOS DOSIFICADORES
- 11 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
- 12 CASA DEL OPERADOR
- 13 ALCAANTARILLA DE DRENAGE
- 14 AMPLIACIÓN FUTURA
- 15 TANQUE DE AGUA DE LAVADO
- 16 TANQUE ELEVADO
- 17 TANQUE DE RECUPERACIÓN
- 18 GUARDIANÍA

ESCALA APROXIMADA



NUM.:

REF.:

AL CONTESTAR SIRVASE MENCIONAR EL  
NUMERO Y REFERENCIA DE ESTA NOTA

La norma NGU 29 001 Agua potable. Especificaciones. contiene los siguientes parámetros para la calidad del agua.

CUADRO DE PARAMETROS NORMADOS

Características Físicas	Norma de Método de Análisis	LMA	LMP
Color	NGU 29011 h2	5.0 u	50.0u
Olor		No rech.	No rech.
pH	NGU 29013 h23	7.0 8.5	6.5 9.2
Residuos totales		500 mg/L	1 500
Temperatura		18 a 30 C	No < 34C
Sabor		No rech.	No rech.
Turbiedad	NGU 29011 h12	5.0 Utn	25.0
Conductividad eléctrica		50 umho/cm a 25 C	1500
Características Químicas		mg/L	mg/L
Detergentes aniónicos		0.200	1.000
Aluminio		0.050	0.100
Bario		---	1.000
Boro		---	1.000
Calcio	NGU 29012 h11	75.0	200.0
Cinc		5.00	15.00
Cloruro	NGU 29013 h7	200.00	600.0
Cobre		0.050	1.500
Dureza total	NGU 29012 h14	100.00	500.0
Fluoruro	NGU 29013 h13	---	1.700
Hierro	NGU 29012 h15	0.100	1.000
Magnesio		50.00	150.0
Manganeso		0.050	0.500
Niquel		0.010	0.020
Substancias fenólicas		0.001	0.002
Sulfato		200.00	400.0
Sustancias Tóxicas		mg/L	mg/L
Arsénico		---	0.050
Cadmio		---	0.010
Cianuro		---	0.050
Cromo		---	0.050
Mercurio		---	0.002
Nitrato	NGU 29013 h18	---	45.00
Nitrito	NGU 29013 h19	---	0.010
Plata		---	0.050
Plomo		---	0.100
Selenio		---	0.010

NUM.: \_\_\_\_\_  
 REF.: \_\_\_\_\_

AL CONTESTAR SIRVASE MENCIONAR EL  
 NUMERO Y REFERENCIA DE ESTA NOTA



CONTINUA- CUADRO DE PARAMETROS NORMADOS

Compuestos Biocidas	Norma de Método	LMA mg/L	LMP mg/L
Aldrin		0.0010	0.0170
Clordano		0.0030	0.0030
Compuestos Organofosforados y Carbamatos		0.1000	0.1000
DDT		0.0500	0.0500
Dieldrin		0.0010	0.0170
Endrin		0.0002	0.0010
Heptacloro		0.0001	0.0180
Heptacloro Epóxido		0.0001	0.0180
Lindano		0.0040	0.0560
Metoxicloro		0.0350	0.0350
Toxafeno		0.0050	0.0250
Herbicidas clorofenoxi:			
2,4 - D		0.0200	0.1000
2,4,5 - TP		0.0300	0.1000
2,4,5 - T		0.0020	0.1000

La norma NGC 29 001 incluye los límites máximos de coliformes determinados por medio del método de tubos de fermentación y el de membranas de filtración.

Además incluye la descripción de como determinar la frecuencia de muestreo para determinación de coliformes según el tamaño de la planta y número de usuarios.

La norma incluye la especificación para agua fluorada y su concentración de fluoruro según la temperatura del agua y concentración de fluoruro.

También se da la especificación del agua clorada y el límite de cloro residual permitido.

Otros métodos que se tienen normalizados pero cuyos parámetros no se encuentran incluidos dentro de la norma NGC 29001

NGC 29013 h13 Método para determinación de alcalinidad del agua.

NGC 29013 h21 Método para el método de referencia de determinación de Oxígeno disuelto.

La norma CCGUANOR NGC 29 001 Agua potable. Especificaciones. y las normas de métodos que se tienen elaboradas fueron publicadas en 1985 y no han sido revisadas desde entonces.

### 3. DEFINICIONES

3.1 Agua potable. Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

3.2 Límite máximo aceptable (LMA). Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

3.3 Límite máximo permisible (LMP). Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada al consumo humano.

3.4 Grupo coliforme, comprende:

3.4.1 Grupo coliforme total. Comprende todas las bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en menos de 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

3.4.2 Grupo coliforme fecal. Se define como los bacilos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  en menos de 24 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

3.4.3 Todas las bacterias que originan colonias oscuras (verde dorado, con brillo metálico o colonias rosadas con un punto oscuro en el centro de la colonia), en un período de 24 h a  $35^{\circ}\text{C}$ , características cuando se investiga por el método de las membranas de filtración.

3.5 Grupo estreptococo fecal. Bacterias de forma redondeada, agrupadas en forma de cadena, que provocan una coloración púrpura en el fondo de los tubos o una turbiedad densa a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 24 h, características cuando se investigan por el método de los tubos de fermentación.

3.5.1 Todas las bacterias que originan colonias de color rosado a rojo oscuro a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 48 h, características cuando se investigan por el método de las membranas de filtración.

3.6 Recuento total de bacterias. Es el cómputo del número total de colonias desarrolladas (en la suposición que una bacteria dá origen a una colonia) en agar nutritivo incubado a  $35^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  en un período de  $24 \pm 2$  h.

### 4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El agua potable debe tener las siguientes características de calidad.

4.1 Características físicas.

Continúa

Cuadro 1. Características físicas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	50.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
pH (2)	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
Residuos totales	500.0 mg/L	1 500.0 mg/L
Temperatura	18.0 - 30.0°C	No mayor de 34.0°C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 Utn o Utj	25.0 Utn o Utj (3)

- (1) Unidad de color en la escala de platino-cobalto.  
 (2) Potencial de hidrógeno en unidades de pH.  
 (3) Unidad de turbiedad, sea en unidades Jackson (u.t.j.) o unidades nefelométricas (u.t.n.). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

4.1.1 Conductividad eléctrica. El agua potable deberá tener una conductividad eléctrica de 50 a 1 500  $\mu$ mho/cm a 25°C.

4.2 Características químicas del agua potable. Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en el cuadro 2 siguiente.

Cuadro 2. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Detergentes aniónicos	0.200 mg/L	1.000 mg/L
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Bario (Ba)	---	1.000 mg/L
Boro (B)	---	1.000 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	200.000 mg/L
Cinc (Zn)	5.000 mg/L	15.000 mg/L
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	200.000 mg/L	600.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Fluoruro (F <sup>-</sup> ), (1)	---	1.700 mg/L
Hierro total (Fe)	0.100 mg/L	1.000 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	150.000 mg/L
Manganeso (Mn)	0.050 mg/L	0.500 mg/L
Niquel (Ni)	0.010 mg/L	0.020 mg/L
Substancias fenólicas	0.001 mg/L	0.002 mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	200.000 mg/L	400.000 mg/L

(1) Véase el numeral 4.3.

4.2.1 De preferencia los resultados de los análisis químicos deben expresarse en miligramos por litro, mg/L o en términos de miliequivalentes por litro, me/L. La ventaja de expresar los resultados en términos de me/L es que los aniones (iones cargados negativamente) y los cationes (iones cargados positivamente) pueden sumarse separadamente y compararse para

comprobar la exactitud del análisis.

Cuadro 3. Factores para convertir mg/L a me/L, y viceversa (1)

Cationes	mg/L a me/L	me/L a mg/L	Aniones	mg/L a me/L	me/L a mg/L
Al <sup>+++</sup>	0.11120	8.993	BO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02335	42.82
Ba <sup>++</sup>	0.01456	68.68	Br <sup>-</sup>	0.01251	79.92
Ca <sup>++</sup>	0.04990	20.04	Cl <sup>-</sup>	0.02820	35.46
Cr <sup>+++</sup>	0.05768	17.34	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0.03333	30.01
Cu <sup>++</sup>	0.03148	31.77	CrO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0.01724	58.01
Fe <sup>++</sup>	0.03581	27.93	F <sup>-</sup>	0.05263	19.00
Fe <sup>+++</sup>	0.05371	18.62	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01639	61.02
H <sup>+</sup>	0.99210	1.008	HPO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0.02084	47.99
K <sup>+</sup>	0.02558	39.10	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.01031	96.99
Li <sup>+</sup>	0.14410	6.94	HS <sup>-</sup>	0.03024	33.07
Mg <sup>++</sup>	0.08224	12.16	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01233	81.07
Mn <sup>++</sup>	0.03641	27.47	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.01030	97.07
Mn <sup>++++</sup>	0.07282	13.73	I <sup>-</sup>	0.00788	126.90
Na <sup>+</sup>	0.04348	23.00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02174	46.01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.05543	18.04	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01613	62.01
Pb <sup>++</sup>	0.009652	103.60	OH <sup>-</sup>	0.05880	17.01
Sr <sup>++</sup>	0.02282	43.84	PO <sub>4</sub> <sup>----</sup>	0.03159	31.66
Zn <sup>++</sup>	0.03059	32.69	S <sup>----</sup>	0.06237	16.03
			SiO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0.02629	38.05
			SO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0.02498	40.03
			SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0.02082	48.03

(1) Estos factores se basan en la carga de los iones, sin atender a las reacciones de oxidación-reducción, que son posibles con algunos iones. Los valores en mg/L o en me/L se multiplican por los factores correspondientes para obtener, respectivamente, me/L o mg/L.

4.3 Agua fluorurada. Cuando al agua potable se le ha adicionado compuestos derivados del flúor debe de haber una relación entre los límites de la concentración del ión fluoruro en función del promedio anual de las máximas temperaturas diarias del aire, lo que se consigna en el cuadro 4.

Cuadro 4. Promedio de temperatura y límites recomendados para la concentración de fluoruro

Promedio de temperaturas máximas diarias en grados Celsius (°C) (1)	Límites recomendados para la concentración del ión fluoruro, en mg/L		
	Mínimo	Optimo	Máximo
10.1 - 12.0	0.9	1.2	1.7
12.1 - 14.6	0.8	1.1	1.5
14.7 - 17.7	0.8	1.0	1.3
17.8 - 21.4	0.7	0.9	1.2
21.5 - 26.3	0.7	0.8	1.0
26.4 - 32.5	0.6	0.7	0.8

(1) Los promedios de temperaturas deben obtenerse en base a datos correspondientes a un mínimo de 5 años.

4.4 Agua clorada. La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada, "Potable". La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en el cuadro 5 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que sea "libre" y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica.

Cuadro 5. Relación entre cloro residual libre y sus respectivos límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Substancia	LMA	LMP
Cloro residual libre	0.3 - 0.5 mg/L	0.6 - 1.0 mg/L

#### 4.4.1 Observaciones al cuadro 5.

- El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.3 mg/L a ~~0.5 mg/L~~ después de 30 min de contacto, con el propósito principal de reducir en un 99.99 por ciento la concentración de virus entéricos.
- En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro debe mantenerse en un límite máximo permisible de 0.6 mg/L a 1.0 mg/L, en todas las partes del sistema de distribución haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.
- Los límites aceptables y permisibles de estas especificaciones están sujetos a modificarse cuando se pueda emplear un método analítico sencillo pero preciso y exacto para determinar la presencia de las sustancias denominadas "Trihalometanos" (THM) en el agua de consumo, siempre que no sobrepasen el límite de 0.1 mg/L:

4.5 Límites de toxicidad. En el cuadro 6 se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible, causan toxicidad en el agua potable.

Cuadro 6. Relación de las sustancias tóxicas con su respectivo límite máximo permisible

Substancias	LMP
Arsénico (As)	0.050 mg/L
Cadmio (Cd)	0.010 mg/L
Cianuro (CN <sup>-</sup> )	0.050 mg/L
Cromo (Cr)	0.050 mg/L
Mercurio (Hg)	0.002 mg/L
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	45.000 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0.010 mg/L
Plata (Ag)	0.050 mg/L
Plomo (Pb)	0.100 mg/L
Selenio (Se)	0.010 mg/L

4.6 Límites de sustancias biocidas. Los nombres de las sustancias biocidas orgánicas sintéticas, así como el límite máximo aceptable y límite máximo permisible se describen en el cuadro 7.

Cuadro 7. Relación de compuestos biocidas con sus respectivos límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Compuestos	LMA	LMP
Aldrín	0.0010 mg/L	0.0170 mg/L
Clordano	0.0030 mg/L	0.0030 mg/L
Compuestos organofosforados y carbamatos	0.1000 mg/L	0.1000 mg/L
DDT	0.0500 mg/L	0.0500 mg/L
Dieldrín	0.0010 mg/L	0.0170 mg/L
Endrín	0.0002 mg/L	0.0010 mg/L
Heptacloro	0.0001 mg/L	0.0180 mg/L
Heptacloro epóxido	0.0001 mg/L	0.0180 mg/L
Lindano	0.0040 mg/L	0.0560 mg/L
Metoxicloro	0.0350 mg/L	0.0350 mg/L
Toxafeno	0.0050 mg/L	0.0250 mg/L
<u>Herbicidas clorofenoxi:</u>		
2,4 - D (1)	0.0200 mg/L	0.1000 mg/L
2,4,5 - TP (2)	0.0300 mg/L	0.1000 mg/L
2,4,5 - T (3)	0.0020 mg/L	0.1000 mg/L

- (1) 2,4 - D (2,4, Acido diclorofenoxiacético)  
 (2) 2,4,5 - TP (2,4,5 Acido triclorofenoxipropiónico)  
 (3) 2,4,5 - T (2,4,5 Acido triclorofenoxiacético)

## 5. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS PARA CERTIFICAR LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las alternativas siguientes.

5.1 Casos para los cuales ya se tiene un historial. Cuando por el método de los tubos múltiples de fermentación se examinen cinco porciones de 10 cm<sup>3</sup> cada una, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 cm<sup>3</sup> o sea NMP/100 cm<sup>3</sup>, lo cual se interpreta comunmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

5.2 Para nuevas introducciones de agua potable, en la evaluación de las plantas de depuración y para evaluaciones anuales, se debe proceder según se indica en los numerales 5.2.1 y 5.2.2.

5.2.1 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan tres porciones de 10 cm<sup>3</sup>, tres porciones de 1 cm<sup>3</sup> y tres porciones de 0.1 cm<sup>3</sup>, la ausencia de gas

en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup>, lo cual se interpreta comunmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

5.2.2 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan cinco porciones de 10 cm<sup>3</sup>; cinco porciones de 1 cm<sup>3</sup> y cinco porciones de 0.1 cm<sup>3</sup>, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup> lo cual se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

5.3 En el método de los tubos múltiples de fermentación, una muestra positiva confirmada en tres o más tubos (de porciones de 10cm<sup>3</sup> o más), se indica la necesidad de una acción correctiva inmediata y de exámenes adicionales.

5.4 En forma similar se estipula en el método de las membranas de filtración, cuando el volumen normal es una porción de 100 cm<sup>3</sup> ó más. Interpretándose en esta técnica que el límite de calidad es de una colonia por 100 cm<sup>3</sup> (1 colonia de coliformes/100 cm<sup>3</sup>) y que el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas es de 4 ó más colonias coliformes por 100 cm<sup>3</sup>.

5.5 Cuando el muestreo se efectúa diariamente, las muestras que se tomen en un mismo punto, después de una muestra "no satisfactoria", se considerarán como especiales y no se incluyen en el número prescrito de muestras mensuales.

5.6 Límites. Según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de microorganismos del grupo coliforme por el método de los tubos múltiples de fermentación no deben de exceder de los siguientes límites:

5.6.1 Cuando se examinan porciones de 10 cm<sup>3</sup>, no más del 10 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 cm<sup>3</sup> de una muestra normal cuando ocurran:

5.6.1.1 En dos muestras consecutivas.

5.6.1.2 En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras, o,

5.6.1.3 En más de cinco por ciento de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras.

5.7 Cuando se aplique la técnica de las membranas de filtración la media aritmética de la densidad de coliformes de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe de exceder de un microorganismo /100 cm<sup>3</sup>. El número de colonias coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/50 cm<sup>3</sup>, 4/100 cm<sup>3</sup>, 7/200 cm<sup>3</sup> ó 13/500 cm<sup>3</sup>, en:

5.7.1 Dos muestras consecutivas.

5.7.2 En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras, o,

5.7.3 Más del cinco por ciento de las muestras normales, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras.

5.8 Cuando en una muestra normal aislada se presenten organismos coliformes en tres o más de las porciones de 10 cm<sup>3</sup> por el método de los tubos múltiples de fermentación o las colonias coliformes exceden de los valores mencionados en la técnica de las membranas de filtración, se deben de tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben de examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas, demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

5.9 Un número mayor de 500 microorganismos/cm<sup>3</sup> en el recuento total de bacterias, señala el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas e indicando la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier sospecha de contaminación. El recuento total de bacterias debe tenerse únicamente en cuenta cuando la investigación del grupo coliforme no sea lo suficientemente confiable en la calidad del agua de determinados suministros de distribución. Esta especificación implica que debe realizarse el recuento en dos porciones de 1 cm<sup>3</sup> y dos porciones de 0.1 cm<sup>3</sup> en cajas de Petri por muestra examinada.

5.10 Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriológica del agua potable. Se establece el número de muestras en relación a la población servida con base en la figura 1. Ejemplo:

<u>Población servida</u>	<u>Número mínimo de muestras por mes</u>
2 500 ó más abajo .....	1
10 000 .....	7
25 000 .....	25
100 000 .....	100
1 000 000 .....	300
2 000 000 .....	390
5 000 000 .....	500

Continúa en Pag. 10.



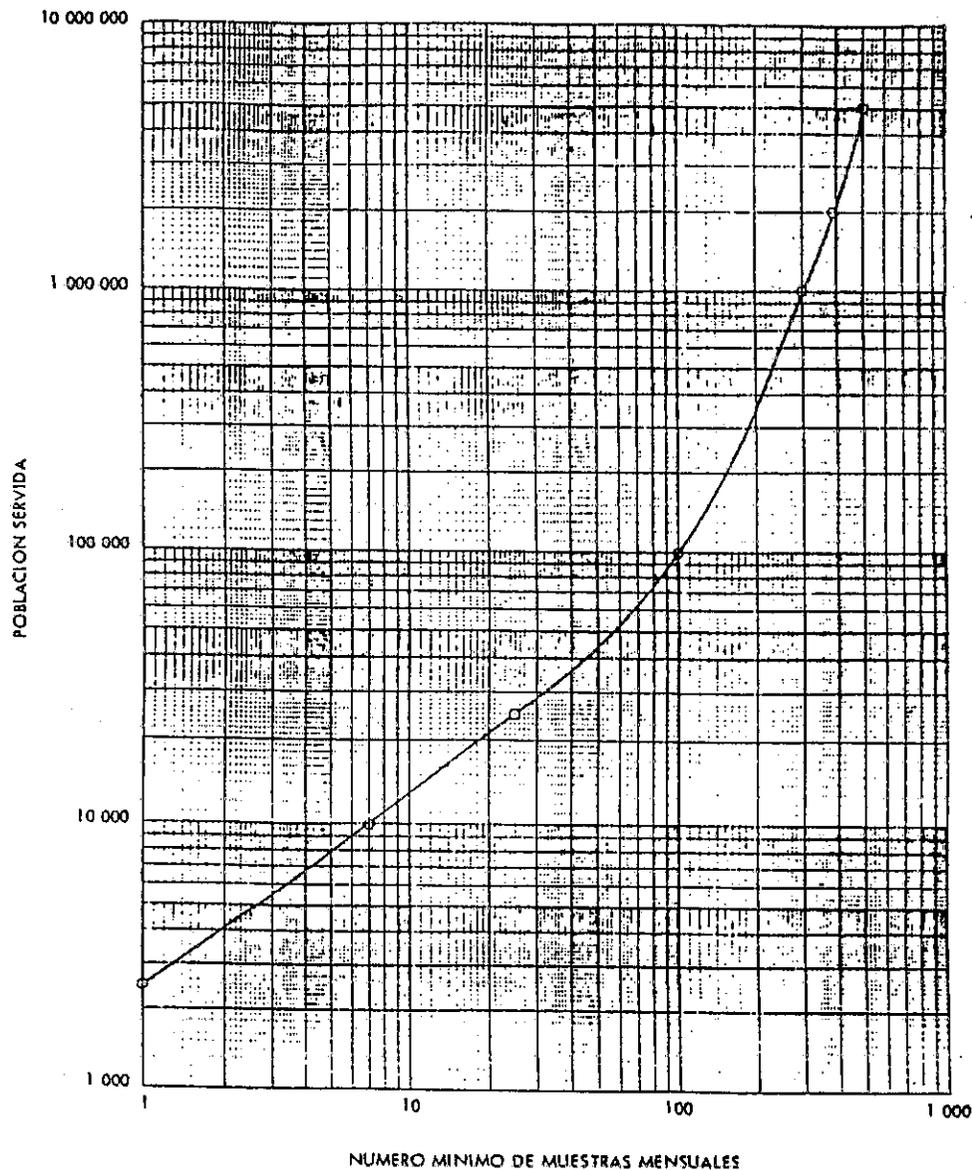


Fig. 1 Relación entre el número de muestras que se toman mensualmente y la población servida

Las frecuencias recomendadas son las mínimas necesarias para exámenes microbiológicos rutinarios. Es necesaria la obtención de exámenes microbiológicos más frecuentes en circunstancias desfavorables o en peligro inmediato de contaminación.

## 6. METODOS DE ANALISIS

6.1 Las determinaciones de las especificaciones y características físico-químicas y microbiológicas del agua, indicadas en la presente norma, deben realizarse de acuerdo con las correspondientes normas COGUANOR NGO 29 010, 29 011, 29 012, 29 013, 29 014 y 29 018; véase capítulo 2.

## 7. RECOLECCION DE MUESTRAS

El muestreo para el análisis físico-químico deberá realizarse de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29 010 h4 y el muestreo para exámenes microbiológicos, deberá realizarse de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29 018 h6.