



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



*« Desarrollo de Técnicas de Evaluación y Avances en Computación, para Plantas de Tratamiento de Agua con Filtración Rápida y una Aplicación a la Ciudad de Chiclayo »*

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO SANITARIO**

*Rosa Galina Gálvez Tantaleán*  
*Sara Domínguez Fernández García*

**LIMA - PERU - 1985**

## CONTENIDO

Pág.

### PROLOGO

### CAPITULO I - INTRODUCCION

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 1.1 | <u>Antecedentes</u>                                 | 1 |
| 1.2 | <u>Inquietudes de los autores</u>                   | 5 |
| 1.3 | <u>Finalidad, enfoque y metodología del trabajo</u> | 8 |

### CAPITULO II - APLICACIONES Y PROGRAMAS PARA EL

#### PROCESO EVALUATIVO

- |     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | <u>Introducción al capítulo</u>                      | 10 |
| 2.2 | <u>Descripción del Software y Hardware empleados</u> | 13 |
| 2.3 | <u>Programas y Aplicaciones</u>                      | 15 |

### CAPITULO III - EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### DE AGUA DE LA CIUDAD DE CHICLAYO

- |       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | <u>-Características de la Ciudad de Chiclayo</u>         |    |
| 3.1.1 | <u>Generalidades</u>                                     | 40 |
| 3.1.2 | <u>Clima</u>   | 40 |
| 3.1.3 | <u>Población</u>   | 41 |
| 3.1.4 | <u>Salud</u>   | 44 |
| 3.1.5 | <u>Recursos Hídricos</u>                                 | 44 |
| 3.2   | <u>-Sistema actual de Abastecimiento de agua potable</u> |    |
| 3.2.1 | <u>Fuente</u>  | 45 |
| 3.2.2 | <u>Captación</u>   | 45 |
| 3.2.3 | <u>Conducción</u>  | 46 |
| 3.2.4 | <u>Planta</u>  | 46 |

	Pág.
3.2.5 Almacenamiento	48
3.2.6 Distribución	60
3.3 -Calidad del agua cruda	60
3.4 -Determinación de caudales	
3.4.1 Caudal de ingreso al módulo norte	70
3.4.2 Caudal de ingreso al módulo sur	70
3.5 -Evaluación de <u>procesos</u>	
3.5.1 Ensayos de Simulación en el Laboratorio	72
3.5.2 Determinación de las características de las unidades de la Planta	98
3.6 -Evaluación del control de calidad	
3.6.1 Análisis químico para el control de calidad	188
3.6.2 Análisis bacteriológico	193
3.7 -Conclusiones <u>y</u> recomendaciones	196
 <u>CAPITULO IV - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u>	
4.1 - <u>Autores personales</u>	204
4.2 - <u>Autores Institucionales</u>	206

\*\*\*\*\*

## INDICE DE TABLAS

N°	CONTENIDO	Pág.
2.1	Directorio TESIS-EVAL .....	38
3.1	Población y Consumo de Chiclayo .....	42
3.2	Determinaciones físico-químicas del agua cruda .....	61
3.3	Resultados de los análisis físico-químicos de la fuente .....	64
3.4	Frecuencia de Turbiedad del agua cruda .....	67
3.5	Límites de la Calidad del agua Potable .....	69
3.6	Dosis óptima .....	74
3.7	pH óptimo .....	77
3.9	Correlación de tiempo y Gradientes de floculación .....	88
3.10	Gradiente de velocidad y período de retención para la unidad de floculación .....	92
3.11	Resultados de la prueba de sedimentación .....	95
3.12	Calibración del equipo dosador .....	104
3.13	Ensayo de trazadores Mezcla rápida .....	114
3.14	Ensayo de trazadores Floculación .....	124
3.15	Ensayo de trazadores Decantador+Floculador .....	133
3.16	Líneas de Turbiedad .....	138
3.17	Record Histórico de turbiedad:Sedimentador .....	143
3.18	Frecuencia de turbiedad del agua sedimentada .....	144
3.19	Record histórico de turbiedad para el agua cruda .....	147
3.20	Correlación del agua cruda y sedimentada .....	149
3.21	Carga superficial y turbiedad .....	152
3.22	Relación entre eficiencia y velocidad de sedimentación .....	156
3.23	Record histórico de Turbiedad para el sedi- mentador y filtros .....	168

N °	CONTENIDO	Pág.
3.24	Frecuencia de turbiedad del agua filtrada .....	17-
3.25	Correlación de la turbiedad para el agua sedimentada y filtro .....	173
3.26	Análisis granulométrico del medio filtrante .....	176
3.27	Record histórico para las determinacio- nes físico-químico para el agua sedimentada.	189
3.28	Record histórico para las determinaciones fí- sico-químico para los filtros .....	191
3.29	Record histórico para las determinaciones bacteriológicas de agua cruda .....	194
3.30	Record histórico para las determina- ciones bacteriológicas del agua potable y sedimentador .....	195

\*\*\*\*\*

## INDICE DE GRAFICOS

N°	TITULO	Pág.
1	Dosis óptima .....	75
1.1	pH óptimo .....	78
1.2	Concentración óptima .....	80
1.3	Turbiedad residual vrs. período de floculación .....	85
1.4	Turbiedad residual y valor óptimo de G ....	86
1.5	Recta de mejor ajuste entre gradiente y tiempo de floculación ...	90
1.6	Correlación de gradiente óptimos y períodos de floculación .....	91
2	Curva del dosador .....	105
3	Prueba de trazadores: Mezcla rápida .....	115
4	Ensayo de trazadores: Mezcla rápida .....	116
5	Turbiedad y tiempo de sedimentación ....	96
6	Remoción de turbiedad vrs. velocidad de sedimentación .....	97
7	Prueba de trazadores :Floculador .....	125
8	Ensayo de trazadores:Floculador .....	126
9	Eficiencia-Turbiedad final-Velocidad de sedimentación .....	157
10	Prueba de trazadores:Decantador .....	134
11	Ensayo de trazadores:Decantador .....	135
12	Líneas de turbiedad (primer tramo) .....	139
13	Líneas de turbiedad (segundo tramo) .....	140
14	Frecuencia de turbiedad del agua sedimentada.	145
15	Relación del agua cruda vrs. agua sedimentada	150
16	eficiencia del sedimentador en función de la carga superficial .....	153
17	Pérdida de carga y calidad del agua filtrada (filtro N°2) .....	161

N°	T I T U L O	Pág.
18	Pérdida de carga y calidad del agua filtrada (filtros N°2 y 3) .....	164
19	Calidad del filtrado inicial .....	167
20	Curva de frecuencias de calidad del agua filtrada .....	171
21	Agua sedimentada vrs. agua filtrada (turb) .....	174
22	Análisis granulométrico del medio filtrante.....	177
23	Duración del proceso de lavado .....	181
24	Topografía de grava (filtro N°2) .....	184
25	Curva de frecuencia de turbiedad agua cruda. ....	68

\*\*\*\*\*

## INDICE DE DIAGRAMAS

Nº	CONTENIDO	pág.
2.1	Flujograma para el proceso de Evaluac.....	12
P.1	Flujograma: "OPTI.BAS" .....	16
L.1	Listado : "OPTI.BAS " .....	20
P.2	Flujograma; "CARACFLUJ.BAS" .....	23
L.2	Listado: "CARACFLUJ.BAS " .....	24
P.3	Flujograma: "ESTADISQ.BAS" .....	26
L.3	Listado: "ESTADISQ.BAS " .....	28
P.4	Flujograma: "COLI.BAS " .....	30
L.4	Listado: "COLI.BAS" .....	32
2.2	Simbología para los flujogramas .....	33
A.1	Líneas de Turbidez .....	35
A.2	Prueba de Ensayo de Trazadores .....	36
A.3	Correlación de variables .....	37
3.3	Esquema General de la Planta .....	99
3.4	Esquema General del Proceso de Tratamiento .....	101
3.5	Esquema de ubicación de puntos de muestreo para el trazo de las Curvas de Turbiedad.....	137

## *P R O L O G O* *\*\*\*\*\**

*Los avances de la tecnología y especialmente los relacionados a la Ingeniería Sanitaria siempre han sido, son y serán motivo que despierta nuestro interés.*

*Es así que hemos escogido el tema de la Evaluación de Plantas de tratamiento de Agua con filtración rápida y la aplicación de la computación para la realización de nuestra tesis para optar el título profesional.*

*Hemos dividido la presente Obra en cuatro capítulos:*

*En el primero se resume lo que en general motivó nuestra inclinación por la elección del tema, las inquietudes y objetivos que perseguíamos así como una síntesis de la metodología empleada en el desarrollo de esta obra.*

*En el segundo capítulo hemos elaborado programas y aplicaciones de computación que se convirtieron luego en herramientas útiles para el trabajo a pesar que la elaboración de ellas nos invirtió algún tiempo y esfuerzo, el resultado obtenido fue muy satisfactorio, por cuanto su uso reiterado nos representó un ahorro de tiempo mucho mayor aún.*

Es así que en el capítulo tercero se representa una aplicación Práctica de la Evaluación de los procesos de tratamiento y de la caracterización de las unidades de la Planta de la Ciudad de Chiclayo cuya elaboración concitó nuestra mayor atención y tiempo para emitir finalmente las recomendaciones pertinentes a que hubiere lugar.

Y puesto que la bibliografía consultada fué un aporte valioso y decisivo para la culminación del trabajo es que la detallamos en el capítulo cuarto.

Las Autoras.

## CAPITULO I

### " INTRODUCCION "

\*\*\*\*\*

#### 1.1 ANTECEDENTES :

*El recurso agua ya no es inagotable como se pensaba hasta hace algunos años atrás. Día a día , las ciudades y poblaciones van creciendo y con ellas sus necesidades de contar con servicios básicos como el agua.*

*Por otro lado el problema de la calidad del agua es aún mayor, conforme aumenta la población, la actividad del hombre con su uso de plagicidas y fertilizantes así como las descargas de aguas residuales aumentan el deterioro de la calidad del agua y se encarece su tratamiento o se vuelven inadecuadas las instalaciones previamente construidas.*

*Es así que un proyecto de inversión para la construcción o ampliación de sistemas de abastecimiento de agua y su tratamiento no constituyen un hecho aislado , sino que su justificación, y los recursos que se le asignen requieren de una integración con el desarrollo nacional. De esta manera el*

reto para el año 2,000 es alcanzar una cobertura que por lo menos supere el crecimiento vegetativo de la población; Ello obliga a plantear la siguiente pregunta: ¿Se justifica la construcción de nuevas obras en infraestructura sanitaria, en países como el nuestro, sin tener en cuenta el estado de los sistemas y estructuras existentes así como la calidad del agua de que se abastecen las poblaciones?

A nivel nacional existe la posibilidad de mejorar los sistemas de abastecimiento, tales son los resultados del primer estudio tendiente a determinar el estado actual de los sistemas en el país iniciados por la DISAR (Dirección de Saneamiento Rural) a fines de 1978 y completado en forma conjunta con el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria) de Octubre a Diciembre de 1,979 dentro del marco del DTIAPA (Desarrollo tecnológico de las Instituciones de Agua Potable y Alcantarillado).

El estudio generó información acerca de los 948 sistemas de agua potable rural existentes en todo el país, pero solo se pudo muestrear en 139 sistemas debido a las limitaciones de organización, recursos y tiempo.

Se concluyó lo siguiente:

-Solo el 58% de los sistemas encuestados brindaban un buen servicio.

-En el 42% de los casos o brindaban un mal servicio o estaban paralizados.

-El 45% de los sistemas de bombeo tenían averiados sus unidades.

A la fecha la DISAR ha ejecutado 139 sistemas con plantas de tratamiento, las que por defecto de diseño, vicios de construcción, inadecuada operación, mantenimiento y administración, así como por la ausencia de evaluaciones reales permanentes, periódicas o puntuales cuando menos, no permiten asegurar la calidad del líquido elemento a los usuarios del sistema.

De esta manera se hace imprescindible identificar los problemas de las plantas de tratamiento - con la finalidad de optimizar su funcionamiento, es decir que recuperen su operatividad de modo que presten un servicio adecuado y duradero.

Se plantean entonces efectuar investigaciones con el objeto de identificar los problemas más profundos y arraigados, así como los más comunes; se plantean soluciones minimizando costos y así poder finalmente desarrollar normas para el diseño y construcción así como la elaboración de manuales para la operación y el mantenimiento que se presenten adecuados

De esta manera el presente trabajo representa apenas un intento de atualizar y darle vigencia ne

cesaria a la evaluación de Plantas de tratamiento , dada su influencia en el desarrollo de las poblaciones , por cuanto la salud como componente básico del desarrollo cumple un papel preponderante en los planes futuros tanto regionales como nacionales.

Fue así que el estudio de ampliación y mejoramiento del sistema de Abastecimiento para la ciudad de Chiclayo, cuya operación la tiene a cargo el SENAPA (Servicio nacional de Agua Potable y Alcantarillado) por intermedio de SEDALAM (Servicio de Agua de Lambayeque), con su oficina Operativa, contempla como alternativa a ser estudiada ; la ampliación y mejoramiento de la planta de tratamiento de la Ciudad, cuya evaluación la hemos completado aplicando las técnicas de computación desarrolladas en el capítulo dos como una innovación , y también aplicando los ensayos de Laboratorio y planta cuya metodología se desarrollan ampliamente en los módulos publicados por el CEPIS bajo el título de "Evaluación de Plantas de tratamiento de Agua" , que se detallan en la bibliografía.

Apartir de la aplicación de las técnicas mencionadas hemos arribado a los resultados que se encuentran detallados en el capítulo 3.

Anotamos que, desde que la evaluación de los costos de administración, operación y mantenimiento

se realizan con el objeto de proponer y/o estudiar una tarifa racional, acorde con la capacidad económica de la población, no consideraremos este tema dentro de nuestro desarrollo y nos dedicaremos a la evaluación de las características de las unidades de la planta, así como de los procesos que en ella se llevan a cabo.

Al final en esta introducción, pero adelante en nuestra consideración, las autoras queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Ing. Lidia Oblitas de Ruiz de la Gerencia de Pre-Inversión del SENAPA; al Ing. Pablo Huambachano de la firma DEMEM.SA. así como a la Ing. Lidia Canepa de Vargas a todos por su valiosa asesoría y colaboración permanente, material y profesional, sin la cual no se hubiese podido llegar a la realización del presente trabajo.

## 1.2. INQUIETUDES DE LOS AUTORES:

Fueron varias las inquietudes que nos llevaron a aplicar las técnicas de evaluación para las plantas de filtración rápida y muchas más las que nos hicieron dirigir la mirada hacia la computación como un medio para lograr un ahorro en tiempo, esfuerzo y dinero.

Las Plantas de filtración rápida son las más comunes en nuestro medio y por lo tanto las que exis

ten en mayor cantidad, siendo por lo tanto las que deben llamar mas nuestra atención a evaluarlas; según datos proporcionados por la Gerencia de Operación del SENAPA, hasta Marzo de 1984 de un total de 50 sistemas en operación, bajo su cargo, 34 de ellos (68%) tienen filtración rápida además de los otros procesos de tratamiento.

Nuestra realidad socio económica por otro lado, nos obliga a usar la capacidad de las instalaciones al máximo de eficiencia posible y el medio para lograr esto será unicamente una evaluación bien dirigida que nos permita dar un diagnóstico acertado y así poder elevar recomendaciones que sean susceptibles de ser llevadas a cabo.

Dada la inquietud que a muchos provoca el mundo de las computadoras, fué que deseamos proporcionar una herramienta útil, dinámica, clara y sobretodo efectiva a partir de las técnicas modernas de computación. De esta manera lo ideal sería que los planificadores completaran un modelo de programa computarizado para todo el sistema de Abastecimiento y tratamiento y no solo una parte como hasta ahora algunos hacen, como podría ser en esta oportunidad la evaluación de una planta o en otro caso el cálculo de las redes de distribución en caudales y diámetros convenientes muy de moda en nuestro medio.

Ha sido motivo de nuestra tesis entonces, dar un pequeño salto dentro de la computación para hacer notar a jóvenes como nosotras con un poco de entusiasmo y afán de encontrar aplicaciones nuevas a nuestros conocimientos, que este nuevo campo de herramientas que nos brinda la tecnología para el trabajo intelectual; pues no es un mundo lejano, difícil y ajeno a nuestra realidad y alcance económico que por el contrario dada la carrera por la sofisticación de los equipos, su comprensión y facilidad de manejo así como la competencia de marca, que ahora persiguen los diseñadores y constructores de estas máquinas, hacen que éstas se nos brinden más cercanas cada día.

Nosotras con nuestra tesis hemos querido encender el ánimo de los profesionales y estudiantes de la Ingeniería Sanitaria, a quienes en cierta forma se sienten atraídos por las computadoras, para que profundizen más en el aprovechamiento de toda la gama de facilidades que nos ofrecen, en nuestro ámbito profesional y en este caso especial el uso y explotación de las capacidades de un microcomputador personal que es el que hemos utilizado en el presente trabajo y que está muy cerca de la economía de las empresas para-estatales que son las que en nuestro medio administran el servicio de agua nacional; pero todo esto no con la intención

de establecer la automatización absoluta de la oficina sino que mas bien a partir del reconocimiento del valor que tiene el tiempo del profesional darle un apoyo rápido, efectivo y seguro.

Para este efecto hemos elaborado programas para el desarrollo de las actividades de evaluación y en algunos casos hemos hecho uso de aplicaciones que pertenecen a un SOFTWARE pre-elaborado para cálculos iterativos que estan mas al alcance de la comprensión de cualquier usuario incluso de aquellas personas que no hayan tenido ningún contacto anterior en lo que a computación se refiere.

### 1.3. FINALIDAD, ENFOQUE Y METODOLOGIA DEL TRABAJO:

Nuestro deseo al inicio de esta tesis ha sido de hacer una obra útil y práctica, pues no se trata de una tesis de investigación ;sino de una recopilación de criterios ya comentados y desarrollados por personas dedicadas exclusivamente al tema en cuestión, además de organizar estos conocimientos y hacer una aplicación, para lo cual nuestro enfoque ha sido el de plasmar nuestros conocimientos en las técnicas de evaluación y por otro lado el de crear nuestras propias herramientas en programación para luego mostrar la aplicabilidad de ambos conocimientos conjugados.

La metodología seguida para nuestro trabajo fue la de primero buscar la información necesaria y a decuada en cuanto a actividades de evaluación existen a nuestro alcance, estudiarlas detenidamente, buscar donde se podría aplicar programas para luego preparar los mismos partiendo primero del problema matemático y luego darle las atribuciones de un programa de fácil manejo, y al final con un caso de evaluación real, hacer una aplicación práctica a la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Chiclayo donde se compararían los resultados obtenidos en la planta misma y los de laboratorio para emitirse un diagnóstico del cual se pueda obtener conclusiones veraces y al final poder elevar así las recomendaciones pertinentes.

\*\*\*\*\*

## CAPITULO II

### " APLICACIONES Y PROGRAMAS PARA EL PROCESO EVALUATIVO " \*\*\*\*\*

#### 3.1. INTRODUCCION AL CAPITULO:

Sabemos que en la actualidad las computadoras pueden realizar cálculos que aventajan en mucho a la capacidad humana en cuanto al ahorro de tiempo se refiere.

Conocemos también que un dominio completo de las técnicas de computación solo se logra después de un estudio minucioso, profundo, siempre actualizado y una práctica constante en cuanto a material de computación se refiere; Pero esto no debe desanimarnos ya que los diseñadores de equipos persiguen como fin; el entendimiento simple entre máquina y hombre, es decir, conseguir un funcionamiento espectacular en respuesta a impulsos eléctricos casi imperceptibles para el tacto humano.

Nosotras aprovechando esta facilidad de la computadora al alcance de cualquier usuario, hemos querido encontrarle una aplicación más de todas las innumerables que ya existen en el mercado; pero esta vez un poco mas cercana al ingeniero y más aún al ingeniero sanitario.

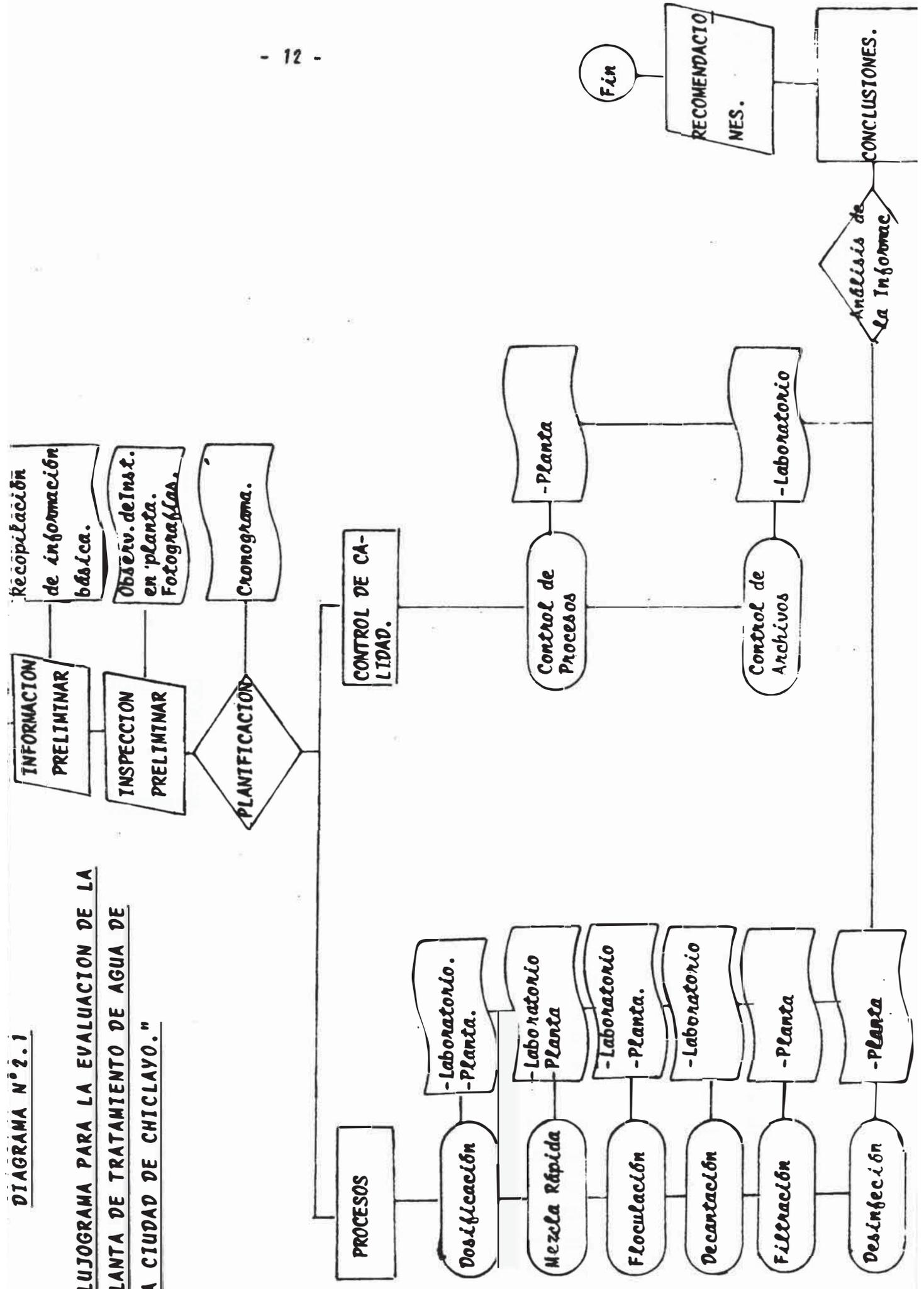
Es así que en este capítulo detallamos la for

ma y la elaboración de aplicaciones y programas que hemos construido o adaptado para ser empleados como herramientas de cálculo y archivo durante las actividades evaluativas dentro de una planta de filtración rápida, como es el caso de la planta de la ciudad de Chiclayo cuyo flujograma de Evaluación de detalla en el diagrama 2.1 de la página siguiente.

Aparte de los programas en lenguaje Basic hemos hecho la introducción del uso de ciertos paquetes de software pre-elaborados que se encuentran a disposición de los usuarios de computadoras, así también hemos usado otras atribuciones y mejoramientos especiales que hoy en día ofrecen las computadoras para facilitar las resoluciones de problemas matemáticas o del manejo de datos de información, que representan un ahorro sustancial e importante tanto en la capacidad profesional como en el espacio físico que abarrotan los almacenes y archivos.

Al presente capítulo lo hemos dividido en dos partes: la primera para hacer una descripción del equipo y material con que se contó para nuestro trabajo, y la segunda donde hacemos una descripción de cada uno de nuestros programas y aplicaciones que hemos construido para su uso como una herramienta que emplearemos en el capítulo 3.

"FLUJOGRAMA PARA LA EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CIUDAD DE CHICLAYO."



## 2.2 DESCRIPCION DEL SOFTWARE Y HARDWARE EMPLEADOS:

Para las personas poco familiarizadas con los términos de computación aclaramos que las palabras SOFTWARE y HARDWARE que parecieran ó pudieran parecer un tanto desubicadas desde el punto de vista de su traducción literal ("Hardware" : ferretería dura, y "Software" : ferretería suave) no es tanto así. Es entonces que damos las definiciones correspondientes al iniciar el presente acápite.

En cuanto al trabajo con computadoras se refiere todo el conocimiento y material disponible puede ser separado en dos grandes grupos ó tipos: el Hardware y el Software del sistema; el primero incluye todo lo inherente a la parte tangible de éste, es decir, hablamos de los circuitos, unidad de memoria, teclado, pantalla, así como todos los periféricos: impresora, plotter, teléfono, ampliación de puertos de memoria, etc. En cuanto al software se incluye en éste todos los programas que en cualquier lenguaje pudieren elaborarse, así como los sistemas operativos y otros, es decir, toda la gama de formas y medios que tenemos ó de que disponemos para dirigir a la máquina y sus componentes hacia donde es nuestra intención hacerlo; otra manera de llamar al software es de

cin que es toda la base lógica de que se dispone para "comunicarnos" con la máquina.

El material con que se contó fue el siguiente :

### 2.2.1 Hardware :

- Una computadora personal, características : código MAGIC HP 150, es un sistema procesador de - unidad, memoria, video display, un control de circuitería, tres input/output puertos y una pantalla sensible al tacto electrónicamente. Tiene dos unidades para discos flexibles que representan cada uno 270 Kbytes pudiendo ser extendida esta capacidad de memoria hasta 640 Kbytes por medio de los puertos.

- Un diskette de 270 Kbytes de capacidad.

### 2.2.2 Software:

- Un sistema operativo de discos (MSDOS)

- Manejo de aplicaciones (PAM)

- Aplicaciones (VISICALC)

- Lenguajes : BASIC - INTERPRETE.

Todos los programas, aplicaciones y archivos de datos para el presente trabajo están almacenados en un diskette como el descrito anteriormente, rotulado como "TESIS-EVAL". Este diskette flexible cuando está formateado tiene una capacidad de 264,192 bytes.

Después de haber sido almacenados todos -

nuestros programas, aplicaciones, así como todos los datos con que se contó para la evaluación de la planta, ocupan una capacidad de 103,424 bytes es decir aproximadamente el 39% de un diskette que mide 5 cm<sup>2</sup>.

Para nuestro caso la manera en que hemos almacenado la información se divide en dos grandes grupos :

- A) Los programas en lenguaje BASIC, al momento de ser archivados como files se ha agregado las iniciales de "BAS" como por ejemplo "COLI.BAS" .
- B) Las aplicaciones de VISICALC se rotulan con las iniciales de "VC" al final del nombre del programa, como por ejemplo "ENSATRAF.VC".

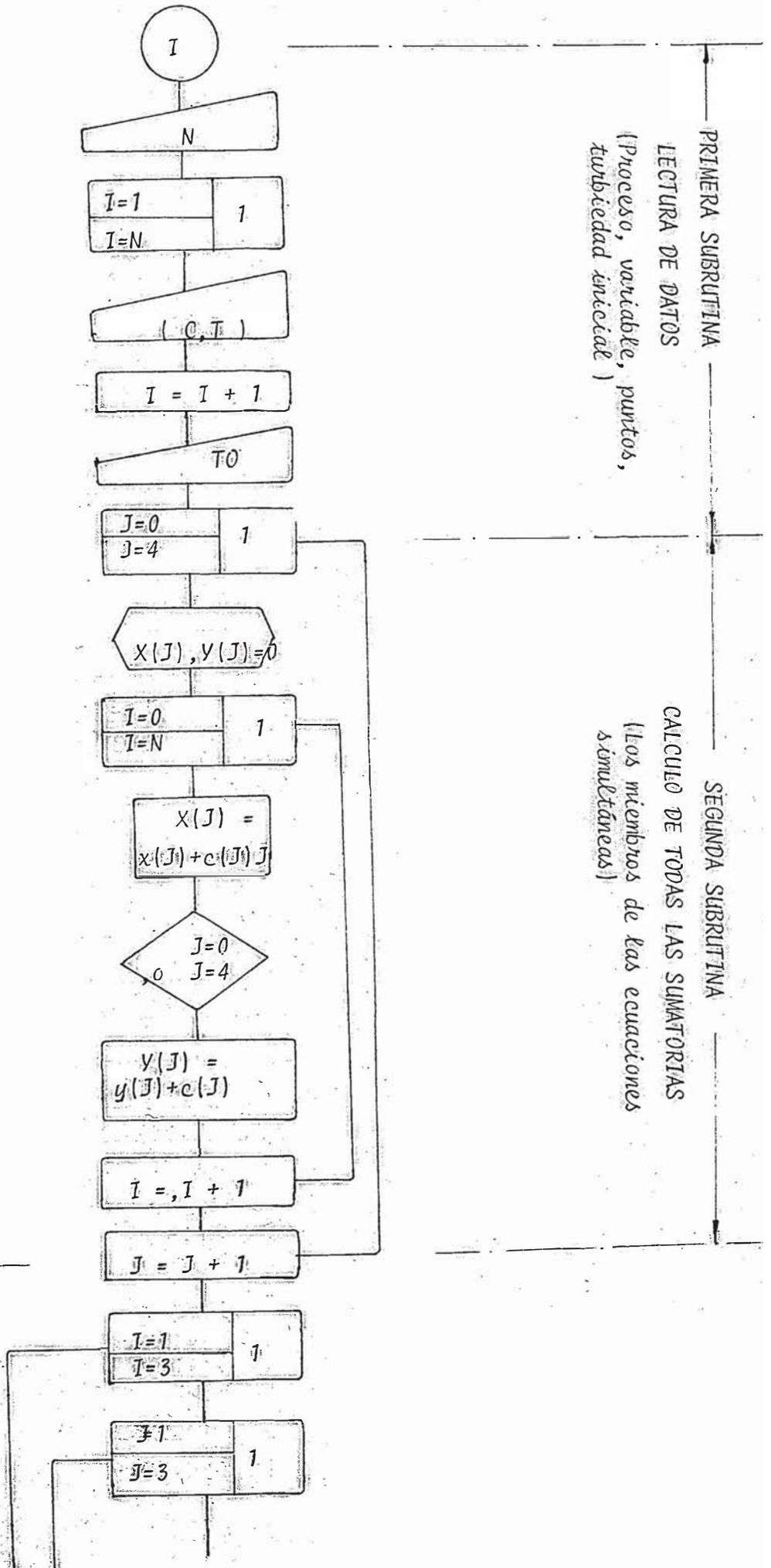
Cuando una persona quiere ingresar a los programas y/o aplicaciones y no sabe el contenido de los "files" podrá hacer un manejo simple de archivos para saber el contenido y por otro lado la procedencia de los mismos.

## 2.3 PROGRAMAS Y APLICACIONES:

### 2.3.1 PROGRAMAS.-

#### + PROGRAMA N°1 :

- ROTULO : OPTI.BAS (Optimización de variables)
- Propósito : tabular los datos de una curva de regresión para los casos de la optimización de las variables químicas, principalmente de la dosificación.
- Forma de solución : se trata de resolver un sis



PRIMERA SUBROUTINA  
LECTURA DE DATOS  
(Proceso, variable, puntos,  
turbiedad inicial)

SEGUNDA SUBROUTINA  
CALCULO DE TODAS LAS SUMATORIAS  
(Los miembros de las ecuaciones  
simultaneas)

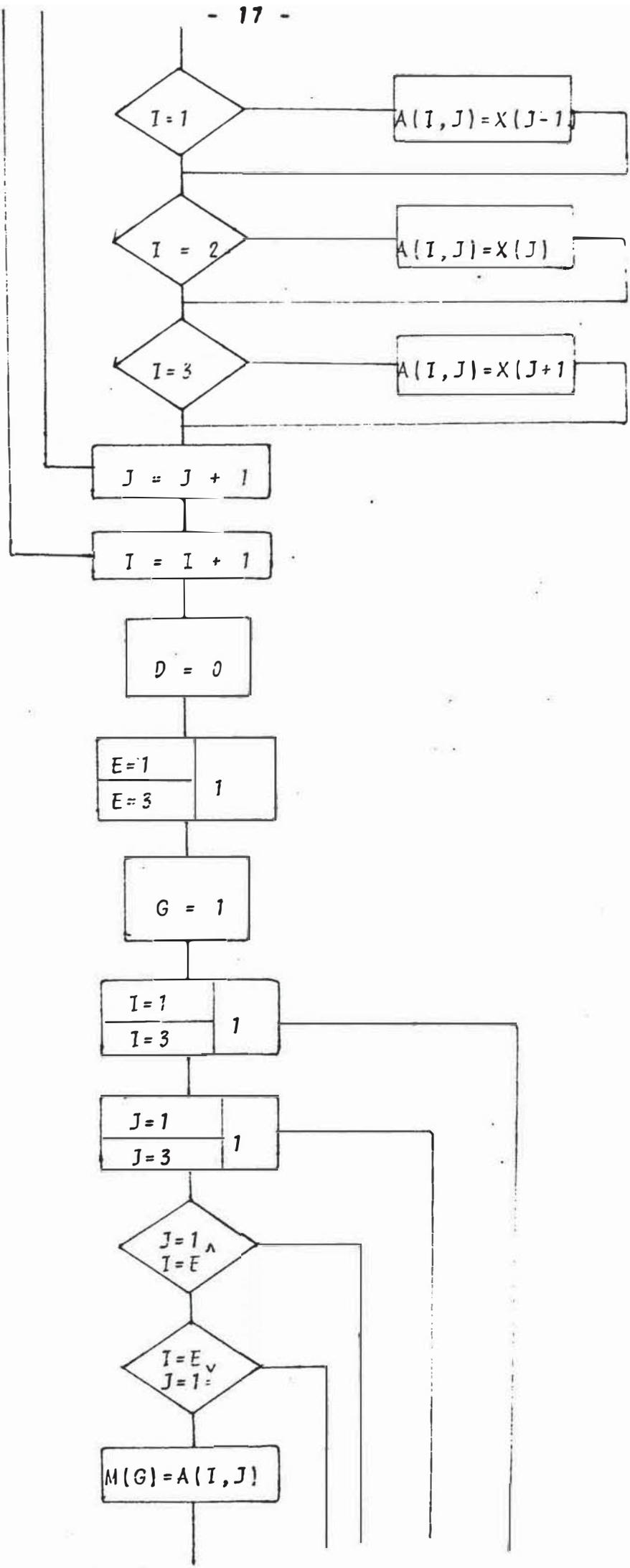
TERCERA  
SUBROUTINA  
(formación de  
las matriz -  
determinante)

TERCERA SUBRUTINA

(Formación de la matriz determinante)  
- Continuación -

CUARTA SUBRUTINA

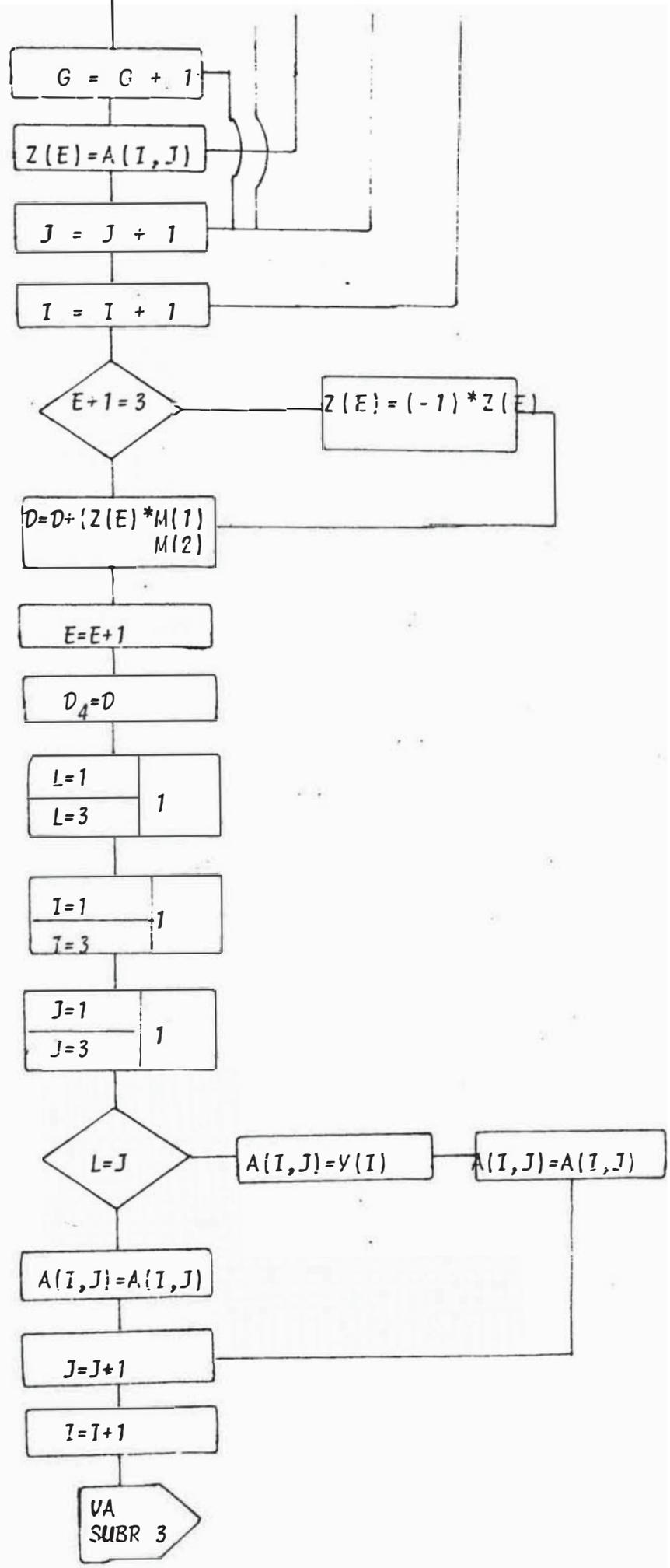
(Cálculo del Determinante)



CUARTA SUBROUTINA

(Cálculo del Determinante)

- Continuación -



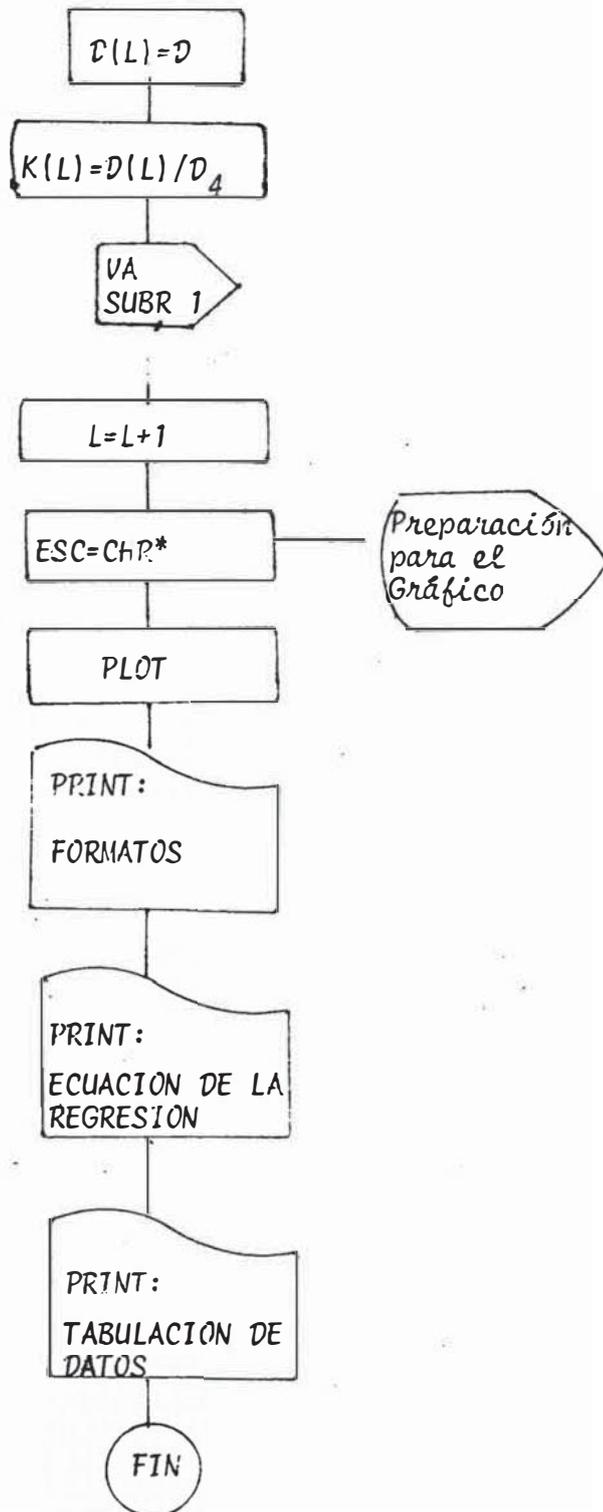
QUINTA SUBROUTINA

(Cálculo de las Constantes)

QUINTA  
SUBROUTINA  
(Continuación)

SEXTA SUBROUTINA

(Cálculo y Tabulación de la  
Regresión).



LISTADO L.1

3) "a:opti"

4) t 10-300

5) PRINT"ESTE PROGRAMA DETERMINA CURVAS DE REGRESION PARA HALLAR LAS VARIABLES  
6) PRINT"QUIMICAS OPTIMAS DE LOS PROCESOS DE CLARIFICACION :  
7) PRINT"                  DOSIFICACION:DOSIS , CONCENTRACION Y PH OPTIMOS  
8) PRINT"                  MEZCLA RAPIDA:TIEMPO OPTIMO  
9) PRINT"                  FLOCULACION : GRADIENTE DE VELOCIDAD Y TIEMPO OPTIMOS  
10) '                  INGRESO DE DATOS

11) PRINT"

12) DEFSTR A,C,K,M,T,X,Y

13) DEFSNG A,C,D,K,M,T,X,Y

14) INPUT"DE QUE PROCESO SE TRATA";PR\$

15) INPUT"DE QUE VARIABLE SE TRATA";VA\$

16) PRINT"LAS CONDICIONES INICIALES FUERON : "

17) INPUT"TIPO DE CAGULANTE";CA\$

18) PRINT"EN LA MEZCLA RAPIDA SE TUVO: "

19) INPUT"GRADIENTE Y TIEMPO";MG\$,MT\$

20) PRINT"EN LA FLOCULACION SE TUVO: "

21) INPUT"GRADIENTE Y TIEMPO";FG\$,FT\$

22) PRINT"EN LA SEDIMENTACION: "

23) INPUT"TIEMPO Y ALTURA";ST\$,SA\$

24) INPUT"NUMERO DE PUNTOS";N

25) DIM A(3,3),C(N),K(4),M(4),T(N),X(N+1),Y(4),Z(3)

26) FOR I=1 TO N

27) INPUT"(C,T)";C(I),T(I)

28) NEXT I

29) INPUT"TURBIEDAD INICIAL";TO

30) '                  CALCULO DE TODAS LAS SUMATORIAS

31) FOR J=0 TO 4

32) X(J)=0 : Y(J)=0

33) FOR I=1 TO N

34) X(J) =X(J)+C(I)^J

35) IF (J=0)OR(J=4) GOTO 330

36) Y(J)=Y(J)+(C(I)^(J-1))\*(T(I)/TO))

37) NEXT I

38) NEXT J

39) GOSUB 380

40) GOSUB 470

41) GOTO 640

42) '                  SE FORMA LA MATRIZ DETERMINANTE

43) FOR I=1 TO 3

44) FOR J=1 TO 3

45) IF I=1 THEN A(I,J)=X(J-1)

46) IF I=2 THEN A(I,J)=X(J)

47) IF I=3 THEN A(I,J)=X(J+1)

48) NEXT J

49) NEXT I

50) RETURN

51) '                  SE CALCULA EL DETERMINANTE

52) D=0

53) FOR E=1 TO 3

54) G=1

55) FOR I=1 TO ME

56) LPRINT ME\$(I),MEN(I),MAY(I),MED(I)

57) NEXT I

continuación)

NEXT E

5 RETURN

6 D4=D

7 ' CALCULO DE LAS CONSTANTES

8 FOR L=1 TO 3

9 FOR I=1 TO 3

0 FOR J=1 TO 3

1 IF(L=J)THEN A(I,J)=Y(I) ELSE A(I,J) =A(I,J)

0 NEXT E

0 RETURN

0 D4=D

0 ' CALCULO DE LAS CONSTANTES

0 FOR L=1 TO 3

0 FOR I=1 TO 3

0 FOR J=1 TO 3

0 IF(L=J)THEN A(I,J)=Y(I) ELSE A(I,J)=A(I,J)

0 NEXT J

0 NEXT I

0 GOSUB 470:GOTO 730

0 D(L)=D

0 K(L)=(D(L)/D4)

0 GOSUB 380:GOTO 760

0 NEXT L

0 ' GRAFICO DE LA REGRESION

0 ESC\$=CHR\$(27)

0 PLOT\$=ESC\$ +"\*pd"

1 LPRINT"UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA "

2 LPRINT" TESIS DE GRADO

3 LPRINT"

4 LPRINT"

5 LPRINT"

0 LPRINT" PARA EL PROCESO DE : ";PR\$

0 LPRINT"EN EL CASO DE OPTIMIZACION DE LA VARIABLE: ";VA\$

0 LPRINT"LAS CONDICIONES INICIALES FUERON: "

0 LPRINT" COAGULANTE : ";CA\$

0 LPRINT" (N.T) TURB.INICIAL: ";TO

0 LPRINT" pH INICIAL : ";PHI\$

0 LPRINT"MEZCLA RAPIDA/ (SEG.-1) GRADIENTE : ";MG\$

0 LPRINT" (SEG) TIEMPO : ";MT\$

0 LPRINT"FLOCULACION/ (SEG.-1) GRADIENTE : ";FG\$

0 LPRINT" (MIN) TIEMPO : ";FT\$

0 LPRINT"SEDIMENTACION/ (MIN) TIEMPO : ";ST\$

0 LPRINT" (CMS) ALTURA : ";SA\$

0 LPRINT"

0 LPRINT"LA ECUACION DE LA CURVA DE REGRESION ES DE LA FORMA: "

0 LPRINT"

0 LPRINT"TF = ";K(1);VA\$;" + ";K(2);VA\$;"^2 + ";K(3);VA\$;"^3"

0 LPRINT"

0 LPRINT"LA TABULACION DE DATOS ES LA SIGUIENTE"

0 LPRINT,VA\$,,"TF"

0 FOR X=C(1) TO (C(N)+2) STEP .5

00 TF=(X\*K(1)) + (X^2\*K(2)) + (X^3\*K(3))

0 LPRINT,X,,TF

020 NEXT X

FOR: "  
SARA FERNANDEZ "  
ROSA GALVEZ "

tema de ecuaciones simultáneas a partir de parejas de datos tomados para hallar los parámetros de la curva que buscamos, agregando para tal efecto la información adicional requerida, como son : parejas de datos, proceso, variable química, condiciones iniciales, etc.

- FLUJOGRAMA : P.1 , Listado L.1 .

\* PROGRAMA N°2 :

- Rótulo : CARACTFLUJ.BAS (caracterización del flujo).
- Propósito : dar los porcentajes de los diferentes tipos de flujo que se presentan en los rotos - res.
- Forma de solución : A partir del método de Wolf & Resnick que nos da las fórmulas para el cálculo de los porcentajes de flujo pistón, mezclado, así como para las zonas muertas. Los datos que se introducen son las relaciones entre  $t_1/t_0 = \theta$  y  $t_2/t_0$  . Las fórmulas empleadas fueron las siguientes :

De la curva  $1-F(t)$  se toma :

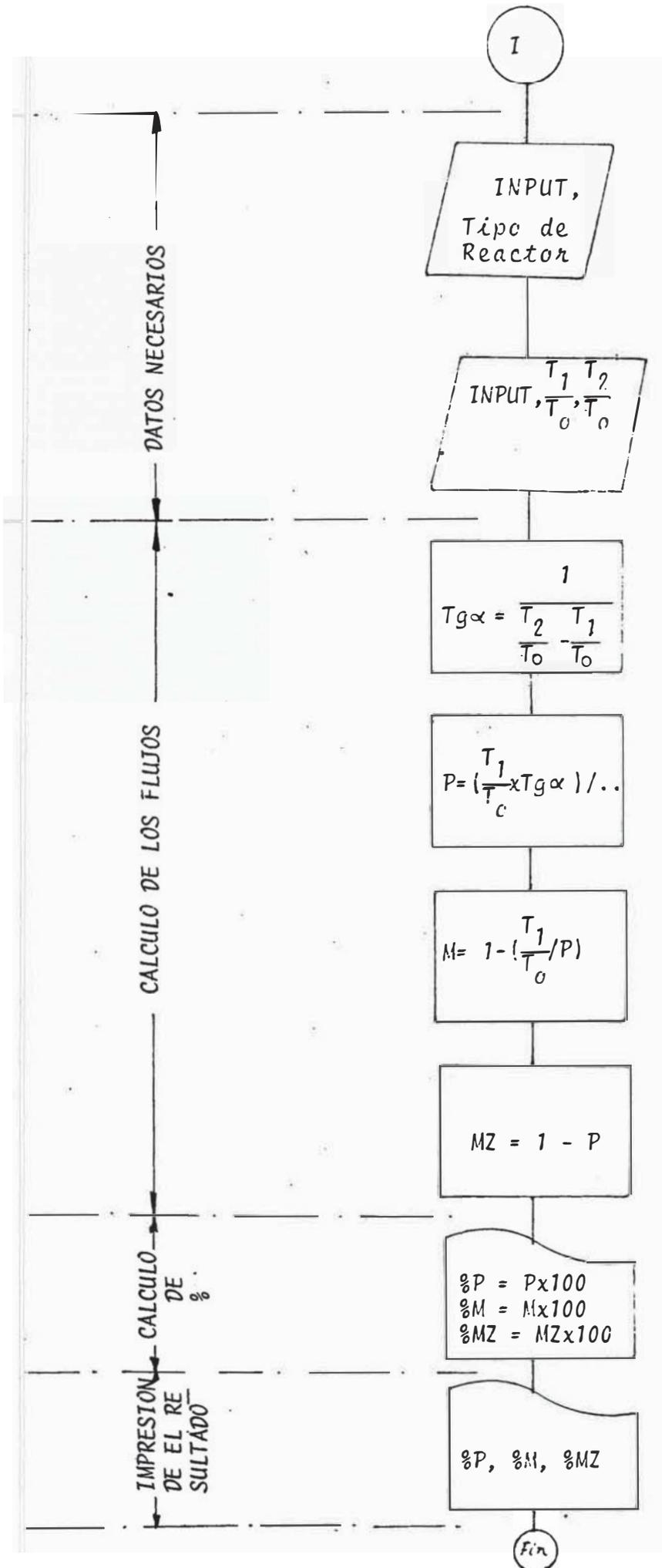
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{t_2/t_0 - t_1/t_0} \quad ; \quad \theta = t_1/t_0$$

Para el flujo pistón :

$$P = \frac{\theta \operatorname{tg} \alpha}{0.435 + \theta \operatorname{tg} \alpha}$$

Para el flujo mezclado :

$$MZ = 1 - P$$



Microsoft BASIC, Version 5.28  
Copyright 1977-1983 (C) by Microsoft  
Created: 24-May-83  
9 Bytes free

"B:CARACFLUJ" LISTADO L.2 ROTULO: CARACTFLUJ.BAS

```
EM ESTE PROGRAMA CARACTERIZA AL FLUJO DE UN REACTOR SEGUN LA METODOLOGIA
EM DE WOLF-RESNICK
INPUT"TIPO DE REACTOR";NOM$
INPUT"T1/TO,T2/TO";T1,T2
G=1/(T2-T1)
PRINT TG
  = (T1*TG)/(0.435+(T1*TG))
=1-(T1/F)
Z= 1-P
=P*100:M=M*100:MZ=MZ*100
PRINT"UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PRINT"          TESIS DE GRADO
PRINT"
PRINT"
PRINT"LA CARACTERIZACION DEL FLUJO DEL: " ,NOM$
PRINT"EN PORCENTAJES ES LA SIGUIENTE:"
PRINT"          % FLUJO PISTON:      ",P
PRINT"          % FLUJO MEZCLADO:    ",MZ
PRINT"          % ZONAS MUERTAS:     ",M
```

ELABORADO POR:"  
SARA FERNANDEZ"  
ROSA GALVEZ"

Para las zonas muertas :

$$M = 1 - \theta/P$$

- Flujograma : P.2 , Listado L.2 .

La simbología utilizada para la construcción de flujogramas se detalla en el diagrama N°2.2

\* PROGRAMA N° 3 :

- Rótulo : ESTADISQ.BAS (Estadísticas para las determinaciones químicas )

- Propósito : calcular un cuadro estadístico de todos los datos tomados para las distintas determinaciones químicas donde la procedencia de la muestra puede ser de la fuente (cruda), de los mezcladores, floculadores, sedimentadores, filtros o potable. Las determinaciones que se hacen normalmente son :  $CO_2$  , dureza total, alcalinidad, turbiedad, etc. El archivo puede contener tantos juegos de datos como períodos de muestreo se tengan.

- Forma de Solución : por medio del algoritmo para hallar el valor mayor y menor, y el algoritmo para hallar la suma de ciertos valores. Entran como datos el número de años de que va a constar el record y todos los datos de que se dispone.

- Flujograma : P.3 , Listado L.3.

\* PROGRAMA N° 4 :

- Rótulo : COLI.BAS ( Número de Coliformes )

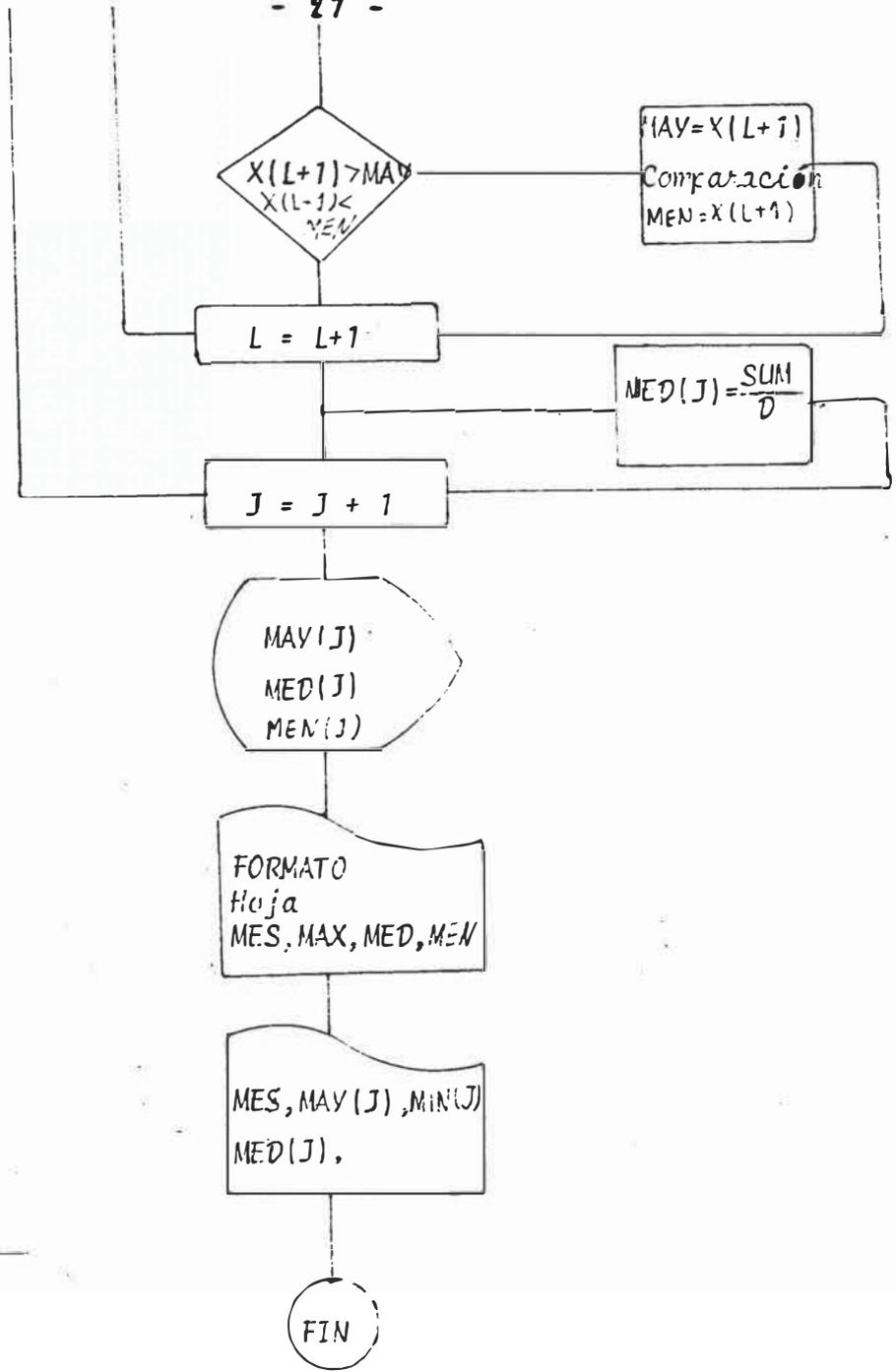
- Propósito : dar un record estadístico para el control de la calidad del agua según el contenido



ALGORITMO PARA HALLAR  
MAYOR Y MENOR

( Continuación )

SALIDA DE RESULTADOS

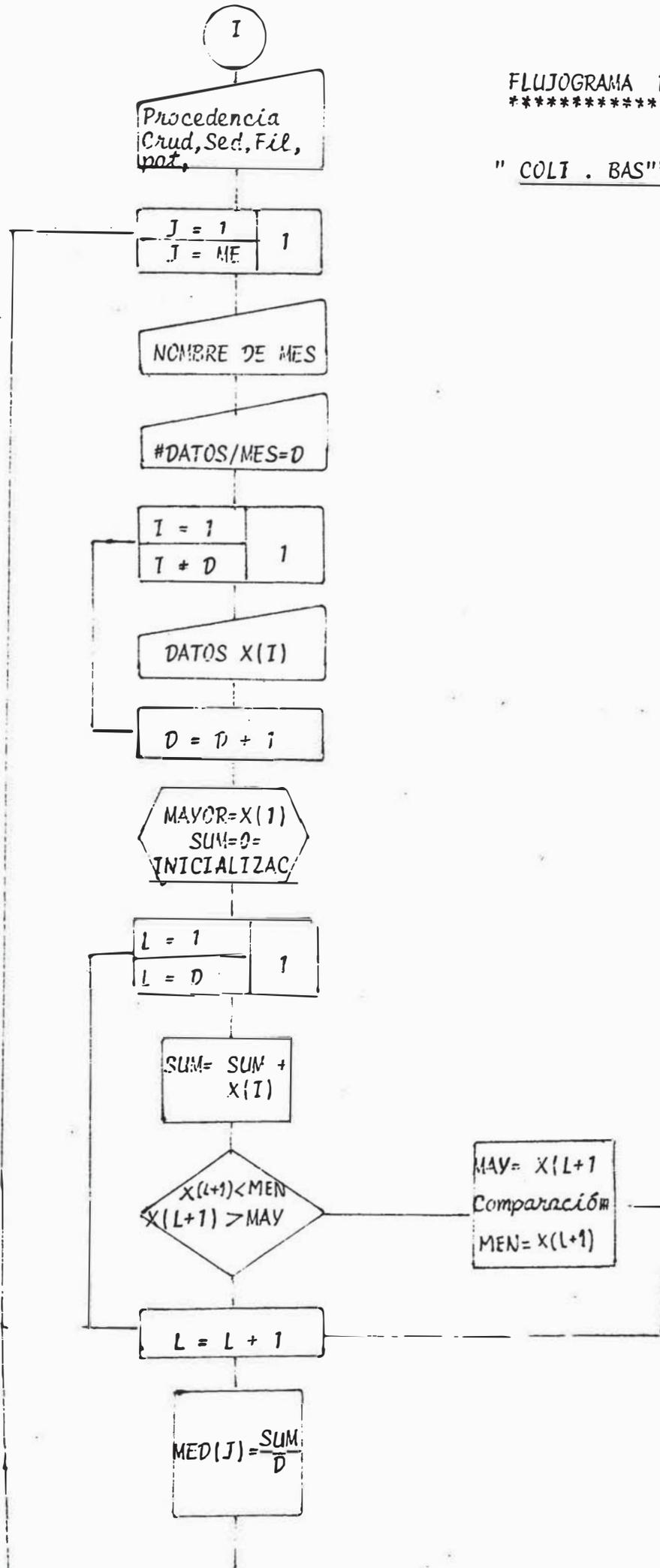


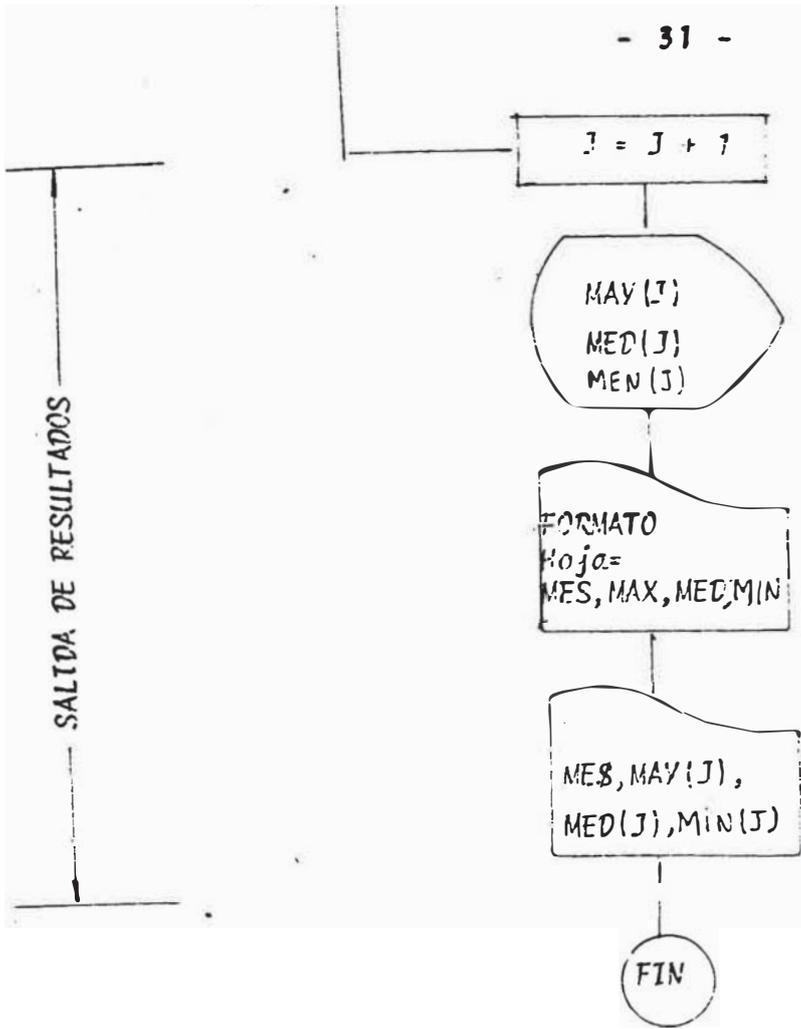
tado L.3 "ESTADISQ.BAS"

```
10 RINT"ESTE PROGRAMA ELABORA UN CUADRO ESTADISTICO EN BASE A DATOS"
20 RINT"A LA APARICION DEL INTERROGANTE ESCRIBA LA PROPIEDAD O"
30 RINT"CARACTERISTICA QUE SE VA HA TRATAR"
40 RINT"          -TURBIEDAD"
50 RINT"          -pH"
60 RINT"          -ALCALINIDAD TOTAL"
70 RINT"          -CO2
80 RINT"          -DUREZA TOTAL"
75 DIM ME(24),MAY(24),MEN(24),ME$(24),MED(24),X(100)
100 INPUT;NOM$
110 PRINT"A LA APARICION DEL INTERROGANTE ESCRIBA EL NUMERO DE MESES QUE"
120 PRINT"VA HA TENER ESTE RECORD HISTORICO"
130 INPUT;ME
140 IF (NOM$=COL)GOTO 160
150 GOTO 210
160 PRINT"DIGA LA PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: CRUDA      "
170 PRINT"          SEDIMENTADOR      "
180 PRINT"          FILTROS            "
190 PRINT"          POTABLE             "
200 INPUT;PR$
210 FOR J=1 TO ME
220 INPUT"MES";ME$(J)
230 INPUT"ESCRIBA EL NUMERO DE DATOS PARA ESTE MES";D
240 FOR I=1 TO D
250 INPUT"INTRODUZCA DATOS";X(I)
260 NEXT I
280 MAY(J)=X(1)
290 SUM(J)=0
300 FOR L=1 TO D
310 SUM(J)=SUM(J)+X(L)
320 IF (X(L+1) > MAY(J)) THEN MAY(J)=X(L+1)
340 NEXT L
350 PRINT SUM(J)
360 MED(J)=SUM(J)/D
360 MEN(J)=X(1)
370 FOR M=1 TO D
380 IF X(M)<MEN(J) THEN MEN(J)=X(M)
390 NEXT M
400 PRINT MEN(J),MAY(J),MED(J)
410 NEXT J
420 LPRINT"UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA"
430 LPRINT"          TESIS DE GRADO          PROGRAMA ELABORADO POR: "
440 LPRINT"          ROSA GALVEZ"
440 LPRINT"          SARA FERNANDEZ"
440 LPRINT
440 LPRINT
450 LPRINT"          DETERMINACIONES          FISICO-QUIMICAS "
460 LPRINT"PROCEDENCIA: ";PR$
470 LPRINT"          RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: ";NOM$
480 LPRINT""
490 LPRINT"MES","MINIMO","MAXIMO","MEDIO"
500 LPRINT
510 FOR I=1 TO ME
520 LPRINT ME$(I),MEN(I),MAY(I),MED(I)
530 NEXT I
```

" COLI . BAS"

' ALGORITMO PARA HALLAR MAYOR Y MENOR '





Microsoft BASIC Version 5.28  
 MS Version 1  
 Copyright 1977-1983 (C) by Microsoft  
 Date: 24-May-83  
 Bytes: free

- 32 -

N: COLI"

LISTADO L.4 ROTULO: COLI.BAS

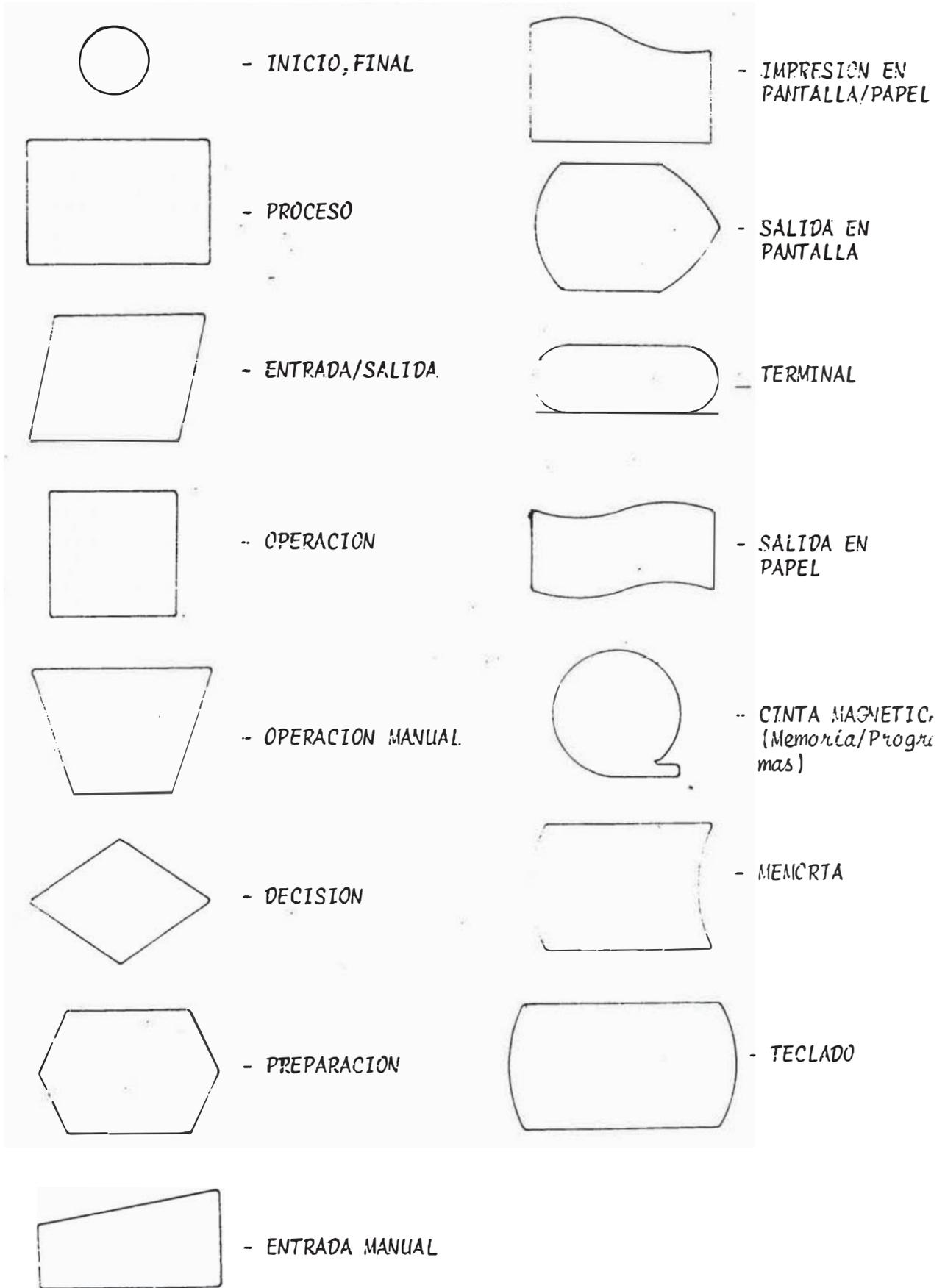
10-250

```

INT"ESTE PROGRAMA ELABORA UN CUADRO ESTADISTICO EN BASE A DATOS"
INT"DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DEL AGUA "
DIM ME(24), MAY(24), MEN(24), ME$(24), MED(24), X(100)
INT" A LA APARICION DEL INTERROGANTE ESCRIBA EL NUMERO DE MESES QUE"
INT"VA HA TENER ESTE RECORD HISTORICO"
INPUT; ME
INT"DIGA LA PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: CRUDA "
PRINT"
SEDIMENTADOR "
PRINT"
FILTROS "
PRINT"
POTABLE "
INPUT; PR$
FOR J=1 TO ME
INPUT"MES"; ME$(J)
INPUT"ESCRIBA EL NUMERO DE DATOS PARA ESTE MES"; D
FOR I=1 TO D
INPUT"INTRODUZCA DATOS"; X(I)
NEXT I
MAY(J)=X(1)
SUM(J)=0
FOR L=1 TO D
SUM(J)=SUM(J)+X(L)
IF (X(L+1) > MAY(J)) THEN MAY(J)=X(L+1)
NEXT L
PRINT SUM(J)
MED(J)=SUM(J)/D
MEN(J)=X(1)
FOR M=1 TO D
IF X(M) < MEN(J) THEN MEN(J)=X(M)
NEXT M
PRINT MEN(J), MAY(J), MED(J)
NEXT J
LPRINT"UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA"
LPRINT" TESIS DE GRADO PROGRAMA ELABORADO POR: "
LPRINT" ROSA GALVI"
LPRINT" SARA FERNI"
LPRINT
LPRINT
LPRINT"ANALISIS BACTERIOLOGICOS NUMERO DE COLONIAS/ML CONTENIDAS EN "
LPRINT" PLACAS DE 0.1, 0.5 Y 1.0 ML."
LPRINT"TIEMPO DE INCUBACION: 48 HRS"
LPRINT" PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CHICLAYO"
LPRINT"PROCEDENCIA: "; PR$
LPRINT" RECORD HISTORICO-ESTADISTICO "
LPRINT""
LPRINT"MES" "MINIMO" "MAXIMO" "MEDIO"
LPRINT"MES", "MINIMO", "MAXIMO", "MEDIO"
LPRINT
FOR I=1 TO ME
LPRINT ME$(I), MEN(I), MAY(I), MED(I)
NEXT I

```

"SIMBOLOGIA PARA LOS FLUJIGRAMAS"



de bacterias coliformes. La muestra puede tener como en los casos anteriores distinta procedencia.

- Forma de Solución : la forma de solución es en base a los mismos algoritmos empleados en el Programa N°4.

- Flujoograma : P.4 , Listado L.4.

### 2.3.2 APLICACIONES.-

#### \* APLICACION N°1 :

- Rótulo : LINTUDE.VC (Líneas de Turbiedad del Decantador ).

- Propósito : Calcular una tabla de distancias para facilitar el trazo de las curvas de igual turbiedad dentro de cualquier sedimentador de una, dos, tres ó más compartimentos.

- Forma de Solución : Hemos dividido al sedimentador en cierto número de planos verticales y horizontales (El # es según criterio ) a partir de la introducción de los datos del N° de secciones, longitud de cada una de ellas y rango en que varían las turbiedades. Al correr la aplicación, nos devolverá un cuadro donde aparecen las distancias a que se encuentran los puntos de igual turbiedad para cada plano de corte, lo cual se calcula a partir de la relación matemática para triángulos semejantes

- FORMATO : N° A.1 .

#### \* APLICACION N°2

- Rótulo : ENSATRA.VC (Ensayo de Trazadores ).

- Propósito : Elaborar una tabla donde aparezcan

INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
"TESIS DE GRADO"

POR: ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

N : A.1

TABLA DE LINEAS DE TURBIDEZ  
\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

Ciudad de Chiclayo  
Decantador  
3543.4 M3

SECC: AB: 10,7  
BC: 15,8  
DE: 16,3

ESTE PROGRAMA CALCULA UNA TABLA DE DISTANCIAS PARA FACILITAR EL TRAZO DE LAS CURVAS DE IGUAL TURBIDEZ DENTRO DE CUALQUIER SEDIMENTADOR DE UNO, DOS, TRES, O MAS SECCIONES; HEMOS DIVIDIDO AL DECANTADOR EN PLANOS VERTICALES: A1B1, A2, B2, A3B3, B1C1, ETC. Y EN PLANOS HORIZONTALES: 1-1, 2-2, 3-3 (EN TODOS LOS COMPARTI-  
MENTOS).

LAS COLUMNAS NOS REFIEREN A LAS TURBIDEZES Y LAS FILAS A LOS PLANOS.

SON VARIABLES PARA CADA SEDIMENTADOR: -EL NUMERO DE SECCIONES  
-LAS LONGITUDES DE C/U.  
-EL RANGO EN QUE VARIAN LAS TURBIDEZES

\*AL PIE DE ESTA HOJA DE CALCULO APARECE UN LISTADO DE LOS DATOS TOMADOS EN CAMPO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
"TESIS DE GRADO"

FOR: ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

LABOR : A.2

PRUEBA DE ENSAYO DE TRAZADORES

\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

ANÁLISIS : (U.N) TURB. INCL :  
DISEÑO : (mg/l) CONCT. INCL :  
UNIDAD DE UNID. :

TIPO TRAZDR:

ES	T	T/To	C	C-Co	S(C-Co)	F(T)	1-F(T)
	(Seg)		(Mg/l)				

LA PRESENTE APLICACION TABULA UNA TABLA DE VALORES PARA EL TRAZO DE LA CURVA  $C_0$  vs.  $(1-F(T))$  LO QUE PERMITIRA LA DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL FLUJO PARA CADA UNIDAD DE LA PLANTA.

4 Diciembre 1985 7:52 AM Página: 37

4 Diciembre 1985 7:54 AM Página: 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
"TESIS DE GRADO"

FOR: SARA FERNANDEZ  
ROSA GALVEZ

N : A23

CORRELACION DE VARIABLES  
\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

VARIABLES: 1.-  
2.-

ECUACION:  
INCOGNITS:

VAR 1 F1(1) F2(1) VAR 2 F1(2) F2(2) F1(1,2) OBSERVACION

LA PRESENTE APLICACION NOS MUESTRA UNA TABLA PARA  
LA CORRELACION DE POSIBLES VARIABLES, PUDIENDO SER LA ECUACION QUE LAS  
RELACIONA DE CUALQUIER FORMA EXPONENCIAL, PARA NUESTRO CASO LA VARIABLE  
PUEDE SER: GRADIENTES, TIEMPOS, TURBIEDAD, ETC.

ITEM

TABLA N ° 2.1

DIR

Volume in drive A is TESIS-EVAL  
Directory of A:\

PFH	BAS	2560	2/12/85	4:43p
TADIST	BAS	1664	2/12/85	6:43p
CTUR	BAS	2432	2/12/85	5:03p
CAL	BAS	2560	2/12/85	5:21p
CCO2	BAS	2432	2/12/85	5:39p
CDT	BAS	2560	2/12/85	6:10p
STUR	BAS	2432	2/12/85	6:27p
FTUR	BAS	2176	2/12/85	6:42p
PLUDE	VC	7232	2/12/85	6:51p
BATRAM	VC	4893	2/12/85	6:56p
BATRAF	VC	6291	2/12/85	7:00p
BATRAD	VC	5943	2/12/85	7:05p
LI	BAS	1664	2/12/85	7:09p
LIP	BAS	2432	2/12/85	7:10p
LIS	BAS	2816	2/12/85	7:11p
LIC	BAS	2816	2/12/85	7:36p
RACFLU	J	768	2/12/85	8:02p
RREVA	VC	1403	4/12/85	7:53a
RREVA1	VC	2301	4/12/85	8:36a
RREVA2	VC	3036	8/12/85	9:43a
RREVA3	VC	2434	10/12/85	9:00a
TI	BAS	3328	8/12/85	10:30a
BATRA	VC	3333	10/12/85	8:56a
BALC	BAS	2304	16/12/85	9:12a
BCO2	BAS	2304	16/12/85	9:43a
BDURTO	T	2176	16/12/85	10:01a
PFH	BAS	2560	16/12/85	10:23a
FALC	BAS	2176	16/12/85	10:39a
FCO2	BAS	2304	16/12/85	10:52a
FDURT	BAS	2176	16/12/85	11:11a

30 File(s) 160768 bytes free

los valores calculados para el trazo de la curva respectiva para después poder obtener a partir de ésta los datos necesarios para la Caracterización del Flujo.

- Forma de Solución : Los cálculos son operaciones simples de calculo de porcentajes. El ahorro se presenta en el manejo de la cantidad de datos y en la frecuencia con que se tiene que hacer el mismo ensayo para las otras unidades.

- FORMATO : N°A.2 .

\* APLICACION N°3 :

- Rótulo : CORREVA.VC (Correlación de Variables ).

- Propósito : Poder determinar los parámetros para curvas de regresión logarítmicas, exponenciales ó lineales. Los datos son las parejas de datos - que vamos a correlacionar , así como toda la información de procedencia de la curva que vamos a obtener.

FORMATO : N°A.3.

Un resumen de todos los archivos, así como de la capacidad que ocupan cada uno de los programas se encuentran en la Tabla N°2.1 de la página anterior.

\*\*\*\*\*

### CAPÍTULO III

#### "EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"

##### 3.1 CARACTERISTICAS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO

###### 3.1.1 GENERALIDADES

La ciudad de Chiclayo, capital de la provincia del mismo nombre, en el departamento de Lambayeque, está ubicada en el Kilómetro 780 de la carretera Panamericana Norte , y a 28 m.s.n.m.

###### 3.1.2 CLIMA :

La ciudad de Chiclayo es de clima subtropical, con fuertes vientos al atardecer y anochecer es cálido en verano y templado en invierno. La temperatura promedio anual es mayor de 20°C con valores máximos de 35°C durante los meses de Enero a Mayo y con valores mínimos de 13°C a 15°C en los meses de Junio a Agosto.

Generalmente este clima es de muy escasa precipitación, a no ser por el Fenómeno del Niño como el presentado últimamente que aumenta las precipitaciones a varias veces sus valores normales.

Cómo en Marzo del '83 donde según información del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) se alcanzó la máxima precipitación pluvial: 57 mm.

### 3.1.3. POBLACION:

Los censos mas antiguos encontrados datan del año 1940 según mostramos los resultados en el siguiente cuadro:

CENSO DEL AÑO*	POBLACION
1,940	42,528
1,961	99,578
1,972	195,256
1,981	284,632

\*FUENTE: Censo Nacional de Población y Vivienda.

Del cuadro observamos que la Población Urbana de Chiclayo según el censo de 1,981 alcanzó a 284,632 habitantes de los cuales 156,240 (57% de la Población) cuenta con servicios de agua potable, la demanda actual de agua potable se estima en 750 lt/seg. y la proyectada al año 2,000 para una población de 440,363 habitantes es de 1,650 lt/seg. según se muestra en la tabla N° 3.1

TABLA N° 3.1: Población y consumos

DESCRIPCION	ACTUAL	FUTURA	
	1,985	2,000	2,010
1. Población total	305,977	489,292	638,305
2. Población Servi da con conexiones	191,500	440,363	606,390
$\% = \frac{Ps}{Pt} \times 100$	62.6	90	95
3. Densidad (hab / conexión)	4.51	6.5	6.5
4. Número de conexio nes	31,088	67,748	93,291
5. Población servi da con redes	222,292	-	-
6. Area total (ha)	2,016	2,673.	3,273
7. Area servida	1,471	-	-
$\% = \frac{As}{At} \times 100$	72.9.	-	-
8. Porcentaje de de agua no con tabilizada (An.c)	46.6	30	30
9. Producc. Prom (M3/día)	52,622.5	103,781.3	140,200

....continua

DESCRIPCION	ACTUAL	FUTURA	
	1,985	2,000	2,010
...sigue			
10. Consumo Prom			
(no incluye Anc)			
en M3/día			
- Industrial	2,888	7,340	9,940
- Piletas y/o Pob.			
sin conexión	286	1,957	1,276.6
- Doméstico y Comerc.	24,926	63,350	88,288
11. Dotación prom. para			
uso domést. y comerc.			
(incluye Anc) l.p.s			
- Solo población			
servida por conex.	244	205	219
- Solo con frente			
a la red	160	-	-
- Total de poblac.	152	185	197
12. Dotación prom. inclu			
ye la industria y			
Acn en l.p.s:			
- Con relación a Pobl.			
con conexión	274	235.7	231.2
- Con relación a Poblac.			
total	172	212.1	219.6
*La fuente de Información ha sido el SENAPA			

De ahí mismo se desprende el hecho de que la actividad económica de la localidad es eminentemente comercial y la expansión urbana tiende a orientarse hacia el oeste.

3.1.4. SALUD:

Las enfermedades hídricas, son las de mayor reincidencia en la población, pues se dan a lo largo de todo el año entre ellas tenemos: la hepatitis, tifoidea como principales.

La mayoría de los casos se dan entre la población que compone el gran cordón de Pueblos Jóvenes que cercan la ciudad.

3.1.5. RECURSOS HIDRICOS:

Están en estudio dos alternativas para una fuente de agua que garantice el abastecimiento a partir de las proyecciones dadas en el siguiente cuadro:

ANO	DEMANDA DE AGUA
1,990	1,20 M3/seg.
1,995	1.37 M3/seg.
2,000	1.65 M3/seg.
2,015	2.23 M3/seg.

Estas alternativas de fuente se presentan como las

mas favorables, siendo una de ellas las aguas superficiales de las cuencas de los Ríos Chancay y Chontano, reguladas por la represa de Tinajones; y siendo la otra fuente, las aguas subterráneas de la planicie aluvial del cono de deyección que forma en su desembocadura el Río Chancay.

### 3.2. SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:

#### 3.2.1 FUENTE:

La fuente de Abastecimiento actual proviene de la represa de Tinajones la cual almacena las aguas del Río Chancay-Chontano.

En el repartidor "La Puntilla" se derivan tres grandes canales o ramales: El canal Taymi, el Río Reque y el canal conocido como Río Lambayeque; Este último proporciona agua de excelente calidad como lo muestra el análisis físico-químico de la Tabla N° 3.2 (dentro del acápite 3.3 : Calidad del agua Cruda). A partir del año 1,960 sus aguas se incrementaron con la derivación de una parte de las aguas del río Chontano de la vertiente del Atlántico.

#### 3.2.2. CAPTACION:

El agua proveniente del canal conocido como "Río Lambayeque" es derivada mediante un canal de tierra desde la "toma Santeño", hasta la "toma Bota-

dor" (5.8 km.), siendo de esta última, conducida el agua cruda hasta la laguna Borb (1.8Km) cuya capacidad es de: 640,000 M<sup>3</sup> y que actúa como presedimentador.

Adicionalmente existe una Laguna de 1 Millón de M<sup>3</sup> que está en construcción actualmente.

### 3.2.3. CONDUCCION:

Está constituida por dos tramos según mos tramos en el siguiente cuadro:

TUBERIA	TRAMO 1	TRAMO 2
Ø	40"	34"
Tipo	Concreto Armado	Concreto Armado
Longitud	5,835 Mt.	2,502 mt.

La capacidad máxima de la conducción es de 600 L.p.s

### 3.2.4. PLANTA:

La Planta no tiene ningún nombre específico y es conocida simplemente como "Planta de tratamiento de Agua de Chiclayo".

Fue diseñada por la corporación de Ingeniería Civil en el año de 1,955.

La construcción de la misma se hizo en forma adya

cente a una anterior y su programa de construcción fue en dos etapas. Estas se llevaron a cabo durante los años 1,956 y 1,959 y fue realizada por la Cla. DUPUY INGENIEROS S.A. y fue puesta en funcionamiento en el año 1,959.

Se Evaluó la Planta en el año de 1,966 por el centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la U.N.I. , evaluación que se llevó a cabo a pedido de la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas siendo dicha evaluación dirigida por el Ing. Augusto Navarro Palma.

La planta es del tipo de filtración rápida diseñada para un caudal de 750 l.p.s. pero trabaja con un caudal de 606 l.p.s. (limitada por la capacidad de conducción) y está constituida por dos módulos iguales compuestos cada uno de ellos por las siguientes partes :

Una unidad de Mezcla rápida mecánica. El volumen de la cámara es de 21.75 M<sup>3</sup>, el Gradiente de Velocidad es de  $45 \text{ seg}^{-1}$  , y un período de retención teórico de 76 seg.

Una unidad de floculación mecánica de eje horizontal, el volumen es de 442.5 M<sup>3</sup>, con dos compartimentos con Gradientes de Velocidad de diseño igual a  $19. \text{ seg}^{-1}$  y un período teórico de retención teórico de 25.8 minutos.

- Una unidad de decantación dividida en dos tramos con un primer tramo convencional, y el segundo tramo compuesto por angotubos cuyas tasas de diseño son 51.5 M<sup>3</sup>/M<sup>2</sup>/día y de 118 M<sup>3</sup>/M<sup>2</sup>/día respectivamente y con volúmenes de 1,762 y 769 M<sup>3</sup> en el mismo orden.
- Cuatro filtros rápidos con lechos mixtos de arena - antracita, de flujo descendente, con una tasa de diseño de 208 M<sup>3</sup>/M<sup>2</sup>/día y 31 M<sup>2</sup> de área - cada uno.
- Desinfección con cloro gas aplicado en el reservorio.
- Otras instalaciones :
  - \* Casa de Química, dosificación de sulfato de alúmina, sulfato de cobre y cal.
  - \* Laboratorio.
  - \* Reservorio elevado de 750 M<sup>3</sup> de capacidad para servicios internos.

El detalle de las instalaciones se aprecian en las fotografías tomadas en la planta y - los planos de corte, planta y detalles de las unidades los que se muestran a continuación.

### 3.2.5 Almacenamiento:

Cuenta con 11 reservorios de los cuales dos están ubicados dentro de la misma planta, y los restantes se encuentran en la ciudad con una capacidad total de 19,550 M<sup>3</sup>.

"VISTAS DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA"  
\*\*\*\*\* \*\* \*\* \* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\*



*Almacenamiento  
de sustancias  
químicas*

*SEdimentador  
laminar y atrás  
Laboratorio.*



" VISTAS DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA "  
\*\*\*\*\* \*\* \*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\*



*Casa de Quimica  
y vista de los  
filtros.*

*Actividad del  
lavado de los  
filtros.*



### 3.2.6 Distribución:

Está constituida por redes matrices cuyos diámetros varían de 6" a 34" con una longitud total aproximada de 29.3 Km., las redes secundarias varían de 3" a 18" con una longitud total aproximada de 230 Km.

### 3.3 CALIDAD DEL AGUA CRUDA:

Se ha reunido la información correspondiente a los análisis del agua provenientes de las tomas en el Repartidor "La Puntilla" y en la boca-toma "Raca Romy" tomados en Enero de 1,985 los que aparecen en la Tabla N° 3.3.

También figuran los análisis tomados a la entrada de la planta, con una frecuencia diaria y durante los meses de Enero a Setiembre de 1,984. Un resumen de los valores máximos, mínimos y promedios se presentan en la Tabla N° 3.2 de la cual podemos establecer los rangos entre los cuales varía cada una de las características que se enumeran del agua cruda:

- pH	:	7.7 a 8.4
- Turbiedad	:	4 a 149 N.T.U.
CO <sub>2</sub>	:	0.4 a 1.2 mg/lt
- Alcalinidad Total	:	92 a 264 mg/lt
- Dureza Total	:	80 a 244 mg/lt
- N° de Coliformes/ml	:	254 a 548

TABLA N° 3.2  
\*\*\*\*\*UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:

ROSA GALVEZ

SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
CONTENENCIA: CRUDA  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: PH

	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
1984	8.100001	8.3	8.179167
20/84	0	8.3	7.809092
2/84	7.8	8.3	8.145833
3/84	8.100001	8.399999	8.266668
4/84	8.100001	8.3	8.236365
5/84	7.7	8.3	7.925001
6/84	7.7	7.8	7.748001
7/84	7.7	8.2	7.848001
AGOSTO/84	8	8.2	8.166665*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:

ROSA GALVEZ

SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
CONTENENCIA: CRUDA  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIDEZ

	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
1/84	30	67	39.625
2/84	33	87	60
3/84	47	149	79.70834
4/84	33	71	46.19048
5/84	40	78	50.09091
6/84	17	4867	251.4167
7/84	5	94	38.24
8/84	3.7	58	13.832
AGOSTO/84	4	17	6.826087

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 TESIS DE GRADO

TABLA N° 3.2

PROGRAMA ELABORADO POR:  
 ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 CONCENTRACION: CRUDA  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: ALCAL/TOTAL

	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
1984	96	118	104.0833
20/84	92	109	98.95454
21/84	96	104	99.33334
1/84	96	108	101.5238
2/84	96	132	115.1818
1/84	128	244	191.9167
1/84	160	264	198.56
30/84	160	240	195.04
11 BRE/84	144	164	153.5652

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
 ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 CONCENTRACION: CRUDA  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: CO2

	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
1984	.1	1	.8875
20/84	.6	1	.8727272
21/84	.8	1	.875
1/84	.4	.8	.4419048
2/84	.8	1.2	.9181818
1/84	.8	1.2	.9750001
1/84	.8	1.4	1.16
30/84	.8	1.2	1.064
11 BRE/84	.8	1.2	.8608695

TABLA N° 3.2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
CATEGORIA: CRUDA  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: DUREZA/TOT

	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
RO/84	80	96	84.5
RO/84	84	92	85.63636
Z/84	86	92	89.75
I/84	92	100	96.95238
D/84	92	100	96.90909
I/84	92	184	144.4167
I/84	120	184	154.96
S/84	144	244	165.92
IBRE/84	120	144	133.73917

"RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA FUENTE"

TABLA N° 3.3

PARAMETROS	UNIDAD	REPARTIDOR LA PUNTIILLA	TOMA SANTENO	BOCATOMA RACA-RUMI
01. - Turbiedad	U.T.N	4.3	8.5	1.5
02. - Color	U.S.C	5	0	5
03. - Olor	-	Ninguno	Ninguno	Ninguno
04. - Sabor	-	Ninguno	Ninguno	Ninguno
05. - pH	-	7.6	8.1	7.7
06. - Alcalinidad Fenolftaleína CaCO <sub>3</sub>	mg/lt	0	0	0
07. - Alcalinidad Total	mg/lt	92	90	88
08. - Dureza Total	mg/lt	132	120	125
09. - Calcio	mg/lt	96	70	80
10. - Magnesio	mg/lt	36	50	45
11. - Dureza Carbonatada	mg/lt	92	90	88
12. - Dureza No carbonatada	mg/lt	40	30	37
13. - Bicarbonatos	mg/lt	92	90	88
14. - Carbonatos	mg/lt	0	0	0

"RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA FUENTE"

( Continuación )

PARAMETROS	UNIDAD	REPARTIDOR PUNTIJA	TOMA SANTENO	BOCATOMA RACA-RUMI
15.- Cloruros Cl	mg/lt	0	0	0
16.- Sulfatos SO <sub>4</sub>	mg/lt	14	16	12
17.- Nitratos N	mg/lt	0.03	0.00	0.02
18.- Nitritos	mg/lt	0.06	0.00	0.00
19.- Sodio Na	mg/lt	8.9	9.75	7.85
20.- Potasio K	mg/lt	1.6	1.8	1.2
21.- Hierro Fe	mg/lt	0.00	0.00	0.00
22.- Manganeso Mn	mg/lt	0.00	0.00	0.00
23.- Cadmio Cd	mg/lt	0.00	0.00	0.00
24.- Zinc Zn	mg/lt	0.00	0.00	0.00
25.- Plomo Pb	mg/lt	0.00	0.00	0.00

La característica más importante para definir los procesos de tratamiento, es la turbiedad del agua, por esta razón hemos desarrollado la curva de frecuencia de turbiedades cuyos resultados se procesan en la Tabla N°3.4 y en el Gráfico de la página 68.

Del análisis de la curva de Frecuencia, vemos que el 35% del tiempo, el agua tiene una turbiedad de 30 N.T.U. ó menos, razón por la cual solo se requeriría de filtración directa descendente en esta etapa.

De otro lado se observa que el 100% del tiempo, el agua tiene una turbiedad igual ó menor de 150 N.T.U. pudiéndose concluir que esta agua solo requerirá de filtración directa descendente.

Finalmente, la Tabla N°3.5 nos da los límites de la Calidad del Agua Potable, para poder compararla fácilmente con las características del agua cruda presentadas en las tablas anteriores.

#### 3.4 DETERMINACION DE CAUDALES:

Esta operación se realizó con el objeto de determinar los caudales de ingreso a cada módulo que conforma la planta.

Se hizo utilizando la metodología de trazadores. El trazador utilizado fue la sal común.

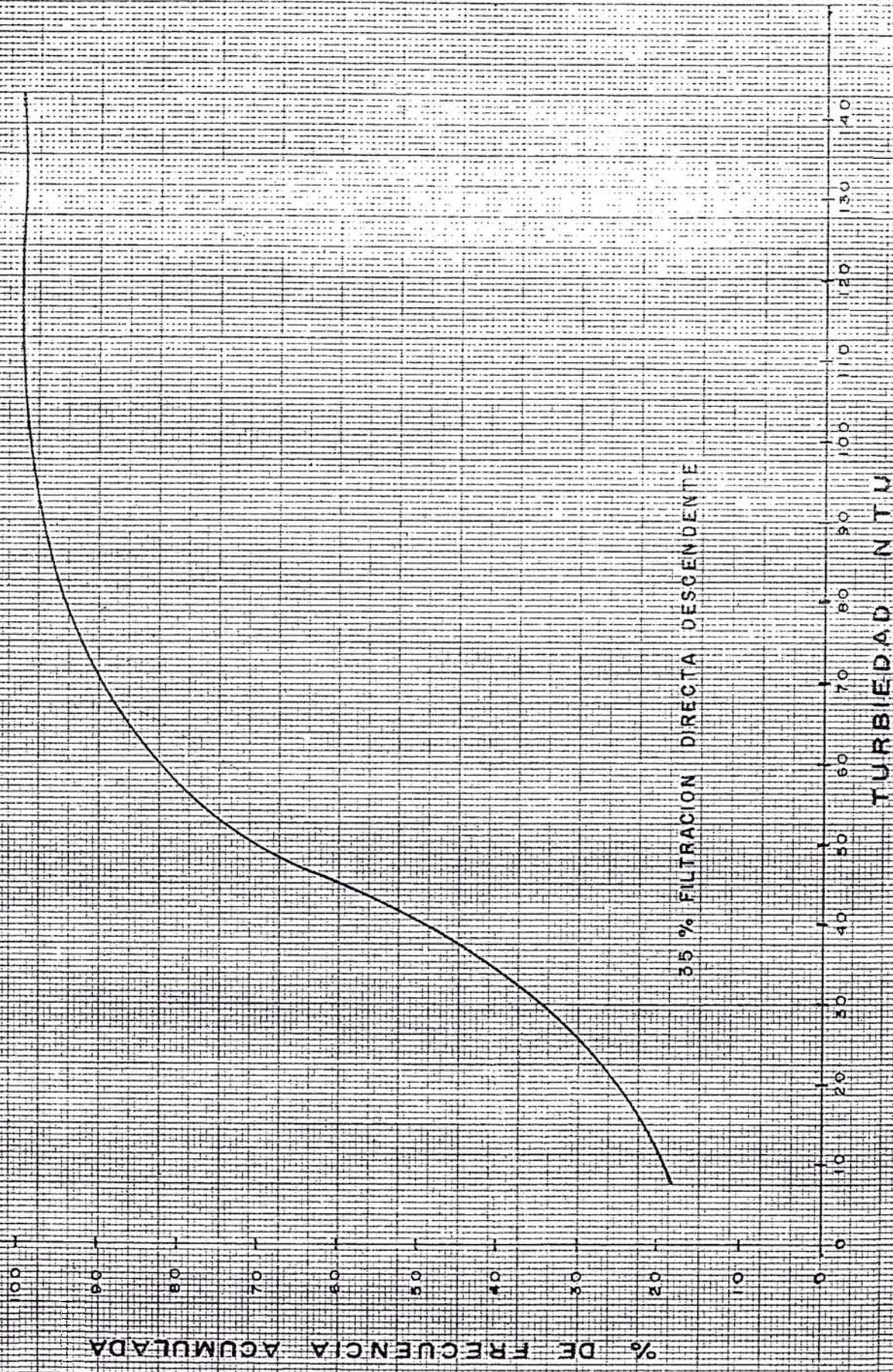
Se procedió a instalar en las dos líneas de conducción, un punto de aplicación estando el

TABLE N 3.4  
\*\*\*\*\*

"FRECUENCIA DE TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA"

INTERVALO DE CLASE	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% DE FRECUENCIA ACUMULADA
0 - 5	2.5	9	9	4.3
5 - 10	7.5	29	38	18.2
10 - 15	12.5	6	44	21.1
15 - 20	17.5	4	48	23.0
20 - 25	22.5	9	57	27.3
25 - 30	27.5	9	66	31.6
30 - 35	32.5	11	77	36.8
35 - 40	37.5	17	94	45.0
40 - 45	42.5	19	113	54.1
45 - 50	47.5	23	136	65.1
50 - 55	52.5	20	156	74.6
55 - 60	57.5	12	168	80.4
60 - 65	62.5	8	176	84.2
65 - 70	67.5	10	186	89.0
70 - 75	72.5	5	191	91.4
75 - 80	77.5	3	194	92.8
80 - 85	82.5	1	195	93.3
85 - 90	87.5	4	199	95.2
90 - 95	92.5	2	201	96.2
95 - 100	97.5	3	204	97.6
100 - 105	102.5	1	205	98.1
105 - 110	107.5	0	205	98.1
110 - 115	112.5	0	205	98.1
115 - 120	117.5	0	205	98.1
120 - 125	122.5	1	206	98.6
125 - 130	127.5	1	207	99.0
130 - 135	132.5	1	208	99.5
135 - 140	137.5	0	208	99.5
140 - 145	142.5	0	208	99.5
145 - 150	147.5	1	209	100.0

CURVA DE FRECUENCIA DE TURBIEDAD



punto de muestreo a cierta distancia de éste.

La aplicación del trazador se hizo con ayuda de una electrobomba, aplicándose el trazador en solución. Los resultados fueron los siguientes.

### 3.4.1 Caudal de Ingreso al Módulo Norte:

- Trazador Utilizado :

- \* Sal común en solución
- \* Concentración ( $C_d$ ) = 13,225 mg/lt
- \* Caudal de Aplicación = 1.46 lt/seg

- Concentración de Cloruros del agua cruda  $C_o$  :

- \*  $C_o = 73$  mg/lt

- Concentración de cloruros de la mezcla (C) :

- \*  $C = 140$  mg/lt

Con estos datos y mediante la fórmula siguiente :

$$Q = \frac{q (C_d - C_o)}{(C - C_o)}$$

obtenemos :

$$Q = \frac{1.46 \text{ lt/seg} (13,225 - 73)}{(140 - 73)}$$

$$Q = 286.6 \text{ lt/seg}$$

para el módulo norte.

### 3.4.2 Caudal de Ingreso al Módulo Sur :

- \*  $C_d = 13,225$  mg/lt

- $q = 1.65 \text{ lt/seg}$
- $C_0 = 62 \text{ mg/lt}$
- $C = 130 \text{ mg/lt}$

El caudal de acuerdo a la fórmula será :

$$Q = \frac{1.65 (13,225 - 62) \text{ lt/seg}}{(130 - 62)}$$

$$Q = 319.4 \text{ lt/seg}$$

para el módulo sur.

### 3.4.3. Caudal Total :

Será la suma de los caudales hallados para el módulo norte y módulo sur :

$$Q_T = Q_N + Q_S$$

$$Q_T = 286.6 + 319.4$$

$$Q_T = 606 \text{ lt/seg}$$

que es el caudal de entrada a la planta.

## 3.5 EVALUACION DE PROCESOS:

Aquí se realizarán ensayos de simulación en el laboratorio y se evaluarán las características de las unidades en la misma planta.

### 3.5.1 Ensayos de Simulación en el Laboratorio:

Se determinará dosis óptima, pH óptimo, - concentración óptima, tiempo óptimo de mezcla, tiempo y gradiente óptimo de floculación, veloci-

dad óptima de sedimentación.

### 3.5.1.1 Dosificación de Sustancias Químicas:

#### a. Dosis Óptima:

Esta prueba se realizó siguiendo la metodología recomendada en los módulos referidos en la Bibliografía, y bajo las siguientes condiciones pre-establecidas:

#### - Características del Agua :

\* Turbiedad : 25 N.T.U.

\* pH : 8.6

#### - Mezcla Rápida :

\*  $G = 180 \text{ seg}^{-1}$  ( 100 RPM )

\*  $T = 60 \text{ seg.}$

#### - Flocculación :

\*  $G = 40 \text{ seg}^{-1}$  ( 40 RPM )

\*  $T = 20 \text{ minutos.}$

#### - Sedimentación :

\*  $T = 5 \text{ minutos}$

altura de muestreo : 6 cm.

#### - Coagulante usado :

\* Sulfato de Alúmina.

Los resultados de esta prueba se dan a conocer a continuación donde mostraremos la turbiedad residual que se obtiene de acuerdo a la dosis empleada.

DOSIS DE COAGULANTE mg/lt	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.
10	21
15	10
20	4
25	3
30	3
35	5

Aplicaremos estos datos al Programa N°1, cuya correlación de resultados se muestra en la - Tabla N°3.6 y en el Gráfico N°1, de los cuales se concluyó lo siguiente : la dosis que produce una menor turbiedad residual es de 27 mg/lt, pero si analizamos el resultado para una dosis de 20 mg/lt vemos que la turbiedad obtenida es de 3.9 N.T.U., valor que se encuentra por debajo de 5 N.T.U. que es la máxima recomendada por las normas

Y puesto que una dosis menor representa un menor costo de producción, asumimos como:

DOSIS OPTIMA = 20 mg/lt

b. pH Optimo :

Para esta prueba fué necesario variar el pH natural del agua, mientras el resto de las con

PARA EL PROCESO DE : DOSIFICACION  
EL CASO DE OPTIMIZACION DE LA VARIABLE: DOSIS  
CONDICIONES INICIALES FUERON:

	(N.T)	COAGULANTE : ALS04
		TURB.INICIAL: 25
		pH INICIAL :
LA RAPIDA/	(SEG.-1)	GRADIENTE : 180
	(SEG)	TIEMPO : 60
ULSION/	(SEG.-1)	GRADIENTE : 40
	(MIN)	TIEMPO : 20
MEACION/	(MIN)	TIEMPO : 5
	(CMS)	ALTURA : 6

CONDICION DE LA CURVA DE REGRESION ES DE LA FORMA:

$$.933307 \text{ DOSIS} + -.1377569 \text{ DOSIS}^2 + 2.54311\text{E}-03 \text{ DOSIS}^3$$

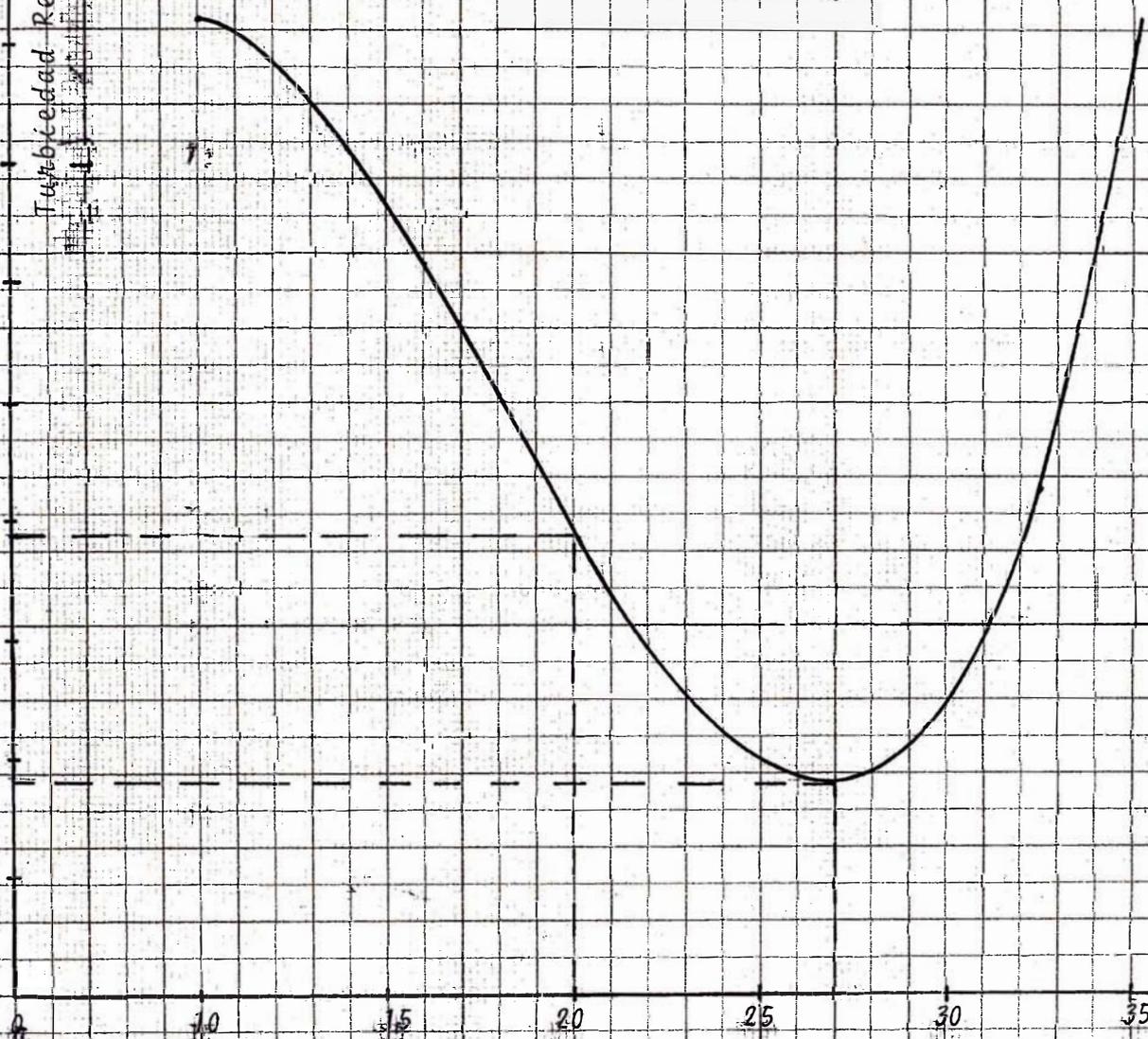
RELACION DE DATOS ES LA SIGUIENTE

DOSIS	TF
10	8.100493
10.5	8.055998
11	7.982677
11.5	7.882439
12	7.757192
12.5	7.608839
13	7.439295
13.5	7.250463
14	7.044249
14.5	6.822562
15	6.587307
15.5	6.340397
16	6.083736
16.5	5.81923
17	5.548789
17.5	5.274314
18	4.997724
18.5	4.720917
19	4.445797
19.5	4.174288
20	3.908278
20.5	3.649687
21	3.400417
21.5	3.162375
22	2.937473
22.5	2.727608
23	2.534706
23.5	2.360653
24	2.207379
24.5	2.076763
25	1.97073
25.5	1.891197
26	1.84005
26.5	1.819206
27	1.830582
27.5	1.876064

Gráfico N° 1

DOSIS OPTIMA

Turbiedad Residual (N.T.U.)



DOSIS DE COAGULANTE (Mg/Lt)

diciones se mantuvieron constantes.

La dosis de coagulante utilizada fué de - 20 mg/lt, que es la dosis óptima seleccionada.

De la misma manera que en la prueba anterior, aplicamos los resultados obtenidos al Programa N°1, según mostramos en la Tabla N°3.7. Los resultados de la prueba fueron :

JARRA N°	pH	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.
1	7.0	10.0
2	7.5	6.6
3	8.0	6.9
4	8.5	4.5
5	9.0	3.2
6	9.5	3.4

Del análisis de la Tabla N°3.7 y del Gráfico N°1.1, vemos que el pH óptimo es de 9.5, valor ligeramente superior al pH natural del agua.

Así mismo, analizando la tabla en mención vemos que la turbiedad residual del agua para el pH de 8.6 es de aproximadamente 4.06 N.T.U. que es inferior a 5 N.T.U. por lo que podemos considerar aceptable el pH natural del agua.

FOR:  
SARA FERNANDEZ  
ROSA GALVEZ

PARA EL PROCESO DE : DOSIFICACION  
E CASO DE OPTIMIZACION DE LA VARIABLE: pH  
INDICIONES INICIALES FUERON:

		COAGULANTE : ALS04
	(N.T)	TURB.INICIAL: 10
		pH INICIAL :
CLORINACION RAPIDA/	(SEG.-1)	GRADIENTE :180
	(SEG)	TIEMPO :60
CLORINACION/	(SEG.-1)	GRADIENTE :40
	(MIN)	TIEMPO :20
INYECCION/	(MIN)	TIEMPO :5
	(CMS)	ALTURA :6

EQUACION DE LA CURVA DE REGRESION ES DE LA FORMA:

= 8.121515 pH + -1.588646 pH^2 + 8.111305E-02 pH^3

TABLA DE DATOS ES LA SIGUIENTE

pH	TF
7	6.828749
7.5	5.769619
8	4.828686
8.5	4.066784
9	3.544758
9.5	3.323441
10	3.463638
10.5	4.02623
11	5.072014
11.5	6.661865

**PH OPTIMO**

GRAFICO No. 1  
\*\*\*\*\*

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

0

1

2

3

4

5

6

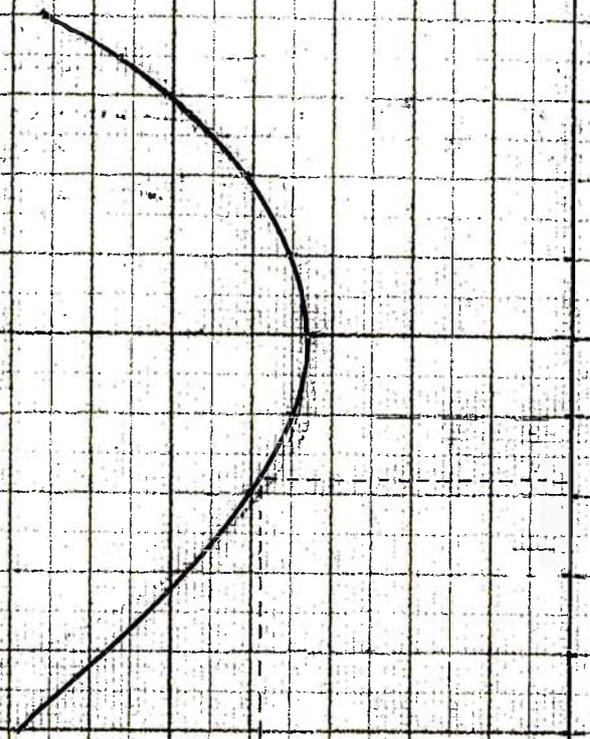
7

8

9

10

PH DEL AGUA  
CRUDA



8.6 pH natural del agua

c. Concentración Óptima :

En esta prueba se trata de determinar la concentración óptima de la solución de coagulante. La prueba de jarras se realizó bajo las condiciones establecidas anteriormente, utilizando la dosis óptima y el pH óptimo seleccionados.

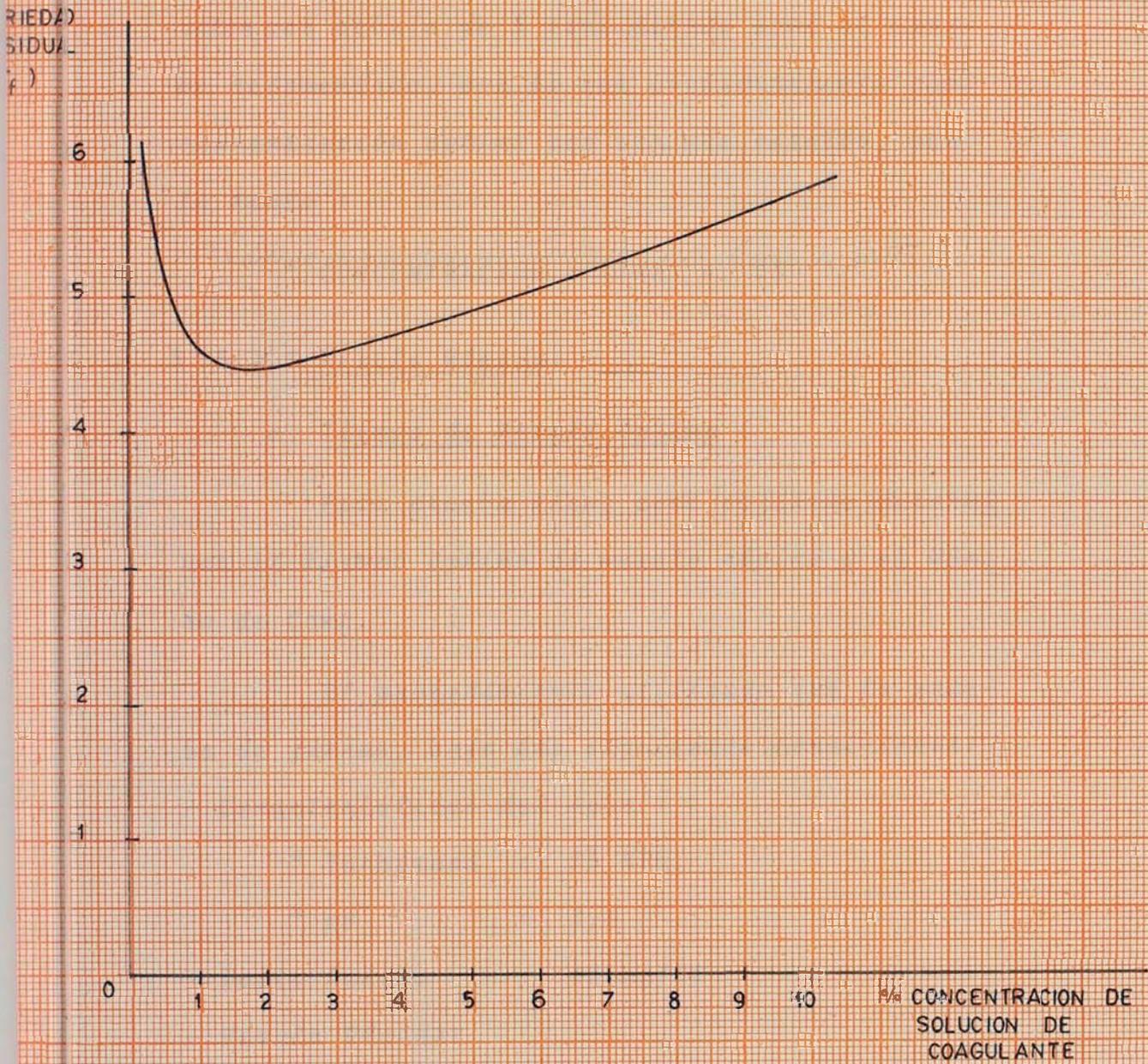
Los resultados de esta prueba se muestran a continuación :

CONCENTRACION DE LA SOLUCION ( % )	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.
10	5.8
2.0	4.6
1.0	4.6
0.5	5.8
0.1	5.9

Estos datos se aplicaron al Programa N°1, en la misma forma que en las dos pruebas anteriores. Los resultados no mostraron una correlación matemática aceptable, y el grado de ajuste que se obtuvo no fue confiable, por lo que se procedió a hacer un ajuste gráfico de estos datos tal como vemos en el Gráfico N°1.2.

Del análisis de este gráfico, vemos que para concentraciones entre 1 y 2% se obtienen tur-

CURVA DE CONCENTRACION OPTIMA  
DE COAGULANTE



biedades residuales mínimas ( entre 4.4 y 4.5 N.T.U. ). Así mismo, para una concentración - del 2% tenemos una turbiedad residual de 4.5 N.T.U. valor por debajo de 5 considerado como el máximo recomendado, por lo que consideraremos como concentración óptima por ser más estable, por lo tanto :

\* CONCENTRACION OPTIMA = 2%

### 3.5.1.2 Mezcla Rápida:

#### a. Tiempo de Mezcla Optimo :

Esta prueba tiene como objetivo determinar el tiempo óptimo de mezcla rápida y el Número de Camp.

El procedimiento utilizado fue la prueba de jarras, bajo las siguientes condiciones:

- Características del Agua :

\* Turbiedad : 25 NTU.

\* pH : 8.6

Dosis Optima : 20 mg/lt

- Mezcla Rápida:

\* G =  $180 \text{ seg}^{-1}$  ( 100 RPM)

\* T = Variable

- Floculación

\* G =  $40 \text{ seg}^{-1}$  ( 40 RPM )

\* T = 20 minutos

*Sedimentación :*

*\* T = 5 minutos*

*Altura de muestreo : 6 cm.*

*La prueba se realizó utilizando diferentes tiempos de mezcla. No se cuenta con los datos de la prueba de laboratorio, solo con los resultados obteniéndose que para una turbiedad residual mínima de 4.1 NTU el tiempo de mezcla fue de 60 seg., constituyendo éste el período óptimo de mezcla rápida.*

*El Número de Camp (C) viene dado por la relación :*

$$C = G \times T$$

*reemplazando los valores tendremos :*

$$C = 180 \text{ seg}^{-1} \times 60 \text{ seg}$$

$$C = 10,800$$

*3.5.1.3 Floculación :*

*a. Gradiente de Velocidad y Tiempo Óptimos:*

*El objetivo de esta prueba es determinar el gradiente de velocidad y el período óptimo de floculación, así como establecer una correlación entre ambas variables.*

*La metodología utilizada es la prueba de jarras, la cual se ha realizado para diferentes gradientes de velocidad y períodos de flocula -*

ción. Las condiciones establecidas para esta prueba fueron las siguientes :

- Características del Agua :

\* Turbiedad : 22 NTU

\* pH : 8.6

- Dosis Optima : 20 mg/lt

- Concentración Optima : 2%

Mezcla Rápida :

\*  $G = 180 \text{ seg}^{-1}$  ( 100 RPM )

\* T = 60 seg

- Floculación :

\* G = Variable

\* T = Variable

- Sedimentación :

\* T = 5 minutos

(Altura de muestreo : 6 cm)

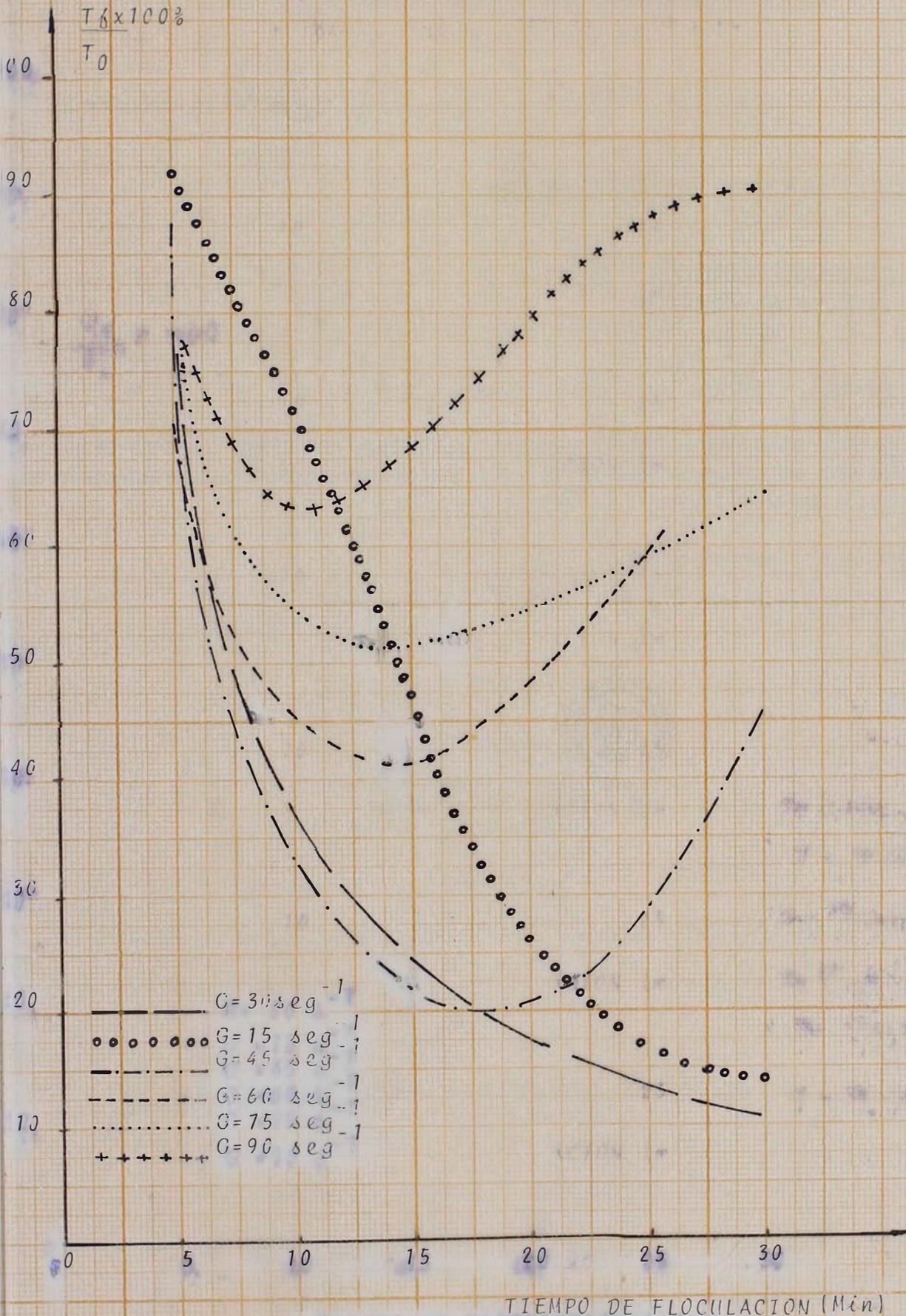
Los resultados obtenidos se muestran en la página siguiente, en base a esta tabla se construyeron los Gráficos N° 1.3 y 1.4 . De éste último - el cual nos representa la turbiedad residual vs. el valor óptimo del gradiente para diversos periodos de floculación, obtenemos los valores de los parámetros críticos los que se muestran en la tabla de la página 87 .

## "RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LABORATORIO"

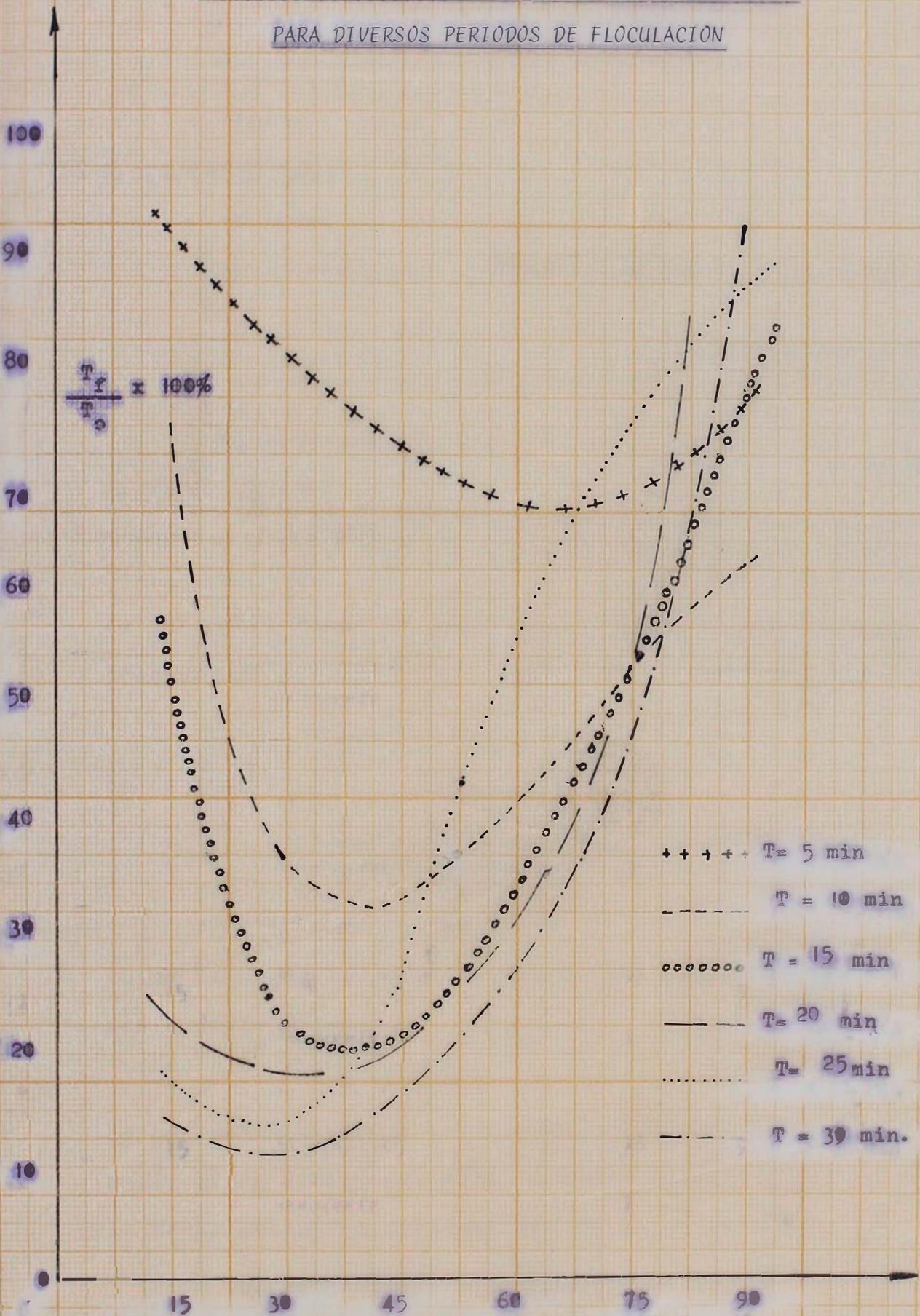
FLOCULACIÓN  
\*\*\*\*\*

$G(s^{-1})$	$T(mín)$	5		10		15		20		25		30	
		$T_{\delta}$	$\frac{T_{\delta}}{T_0}$										
15		20	0.91	16	0.73	12	0.54	5	0.23	4	0.18	3	0.14
30		18	0.82	8	0.36	5	0.23	4	0.18	3	0.14	2.5	0.11
45		18	0.82	7.5	0.34	4.8	0.22	4.7	0.21	6.2	0.28	10	0.45
60		15	0.68	10	0.45	9	0.41	11	0.50	13	0.59	12.5	0.57
75		18	0.82	12	0.54	13	0.59	12	0.54	7.8	0.35	14	0.64
90		17	0.77	14	0.63	17	0.63	17.5	0.79	19	0.85	20	0.90

TURBIEDAD RESIDUAL VRS PERIODO DE FLOCULACION PARA DIVERSOS VALORES DE "G"



TURBIEDAD RESIDUAL VS. VALOR OPTIMO DE GRADIENTE  
PARA DIVERSOS PERIODOS DE FLOCULACION



PUNTO	1	2	3	4	5	6
T (min)	5	10	15	20	25	30
G (s <sup>-1</sup> )	63	56	39	34	25	30

La ecuación que correlaciona estas variables es de la forma :

$$G = a (T)^B$$

la que puede tomar la forma de una recta en escala logarítmica :

$$\log G = \log a + B \log T$$

en la cual :

$$Y = \log G$$

$$A = \log a$$

$$X = \log T$$

luego la ecuación general que tomaría esta recta sería de la forma:

$$Y = A + B X$$

la que podrá ajustarse por mínimos cuadrados por medio de la Aplicación N° 3, y cuyos resultados - se dan a conocer a continuación en la Tabla N°3.9

De esta última podemos obtener los siguientes valores para las constantes que buscamos

4 Diciembre 1985 8:37 AM Página: 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
"TESIS DE GRADO"

FOR: SARA FERNANDEZ  
ROSA GALVEZ

TITULO: CORRELACION DE VARIABLES  
\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

VARIABLES: 1.-Tiempo (min)  
2.-Gradiente (seg-1)  
NÚMERO DE DATOS: 6

ECUACION:  $G = a(T)^b$   
 $\text{LOG}(G) = \text{LOG}(T) + b \text{LOG}(T)$   
INCÓGNITAS: A, B

EM	LOG(T)	(LOG(T)) <sup>2</sup>	GRADIENTE	LOG(G)	(LOG(G)) <sup>2</sup>	LOG(T)LOG(G)	OBSERVA
5	0,699	0,489	63	1,799	3,238	1,258	
10	1,000	1,000	56	1,748	3,056	1,748	
15	1,176	1,383	39	1,591	2,531	1,871	
20	1,301	1,693	34	1,531	2,345	1,993	
25	1,398	1,954	25	1,398	1,954	1,954	
30	1,477	2,182	30	1,477	2,182	2,182	
AT R.	7,051	8,701	247,000	9,545	15,307	11,006	
=	-0,511		A =	2,191			

$$A = 2.191$$

$$B = - 0.511$$

$$r = 0.93 \quad (\text{Grado de Ajuste})$$

aplicando antilogaritmos tenemos :

$$a = 10^{2.191}$$

luego la ecuación que correlaciona ambas variables será :

$$G = 10^{2.191} (T)^{-0.511}$$

o su expresión equivalente :

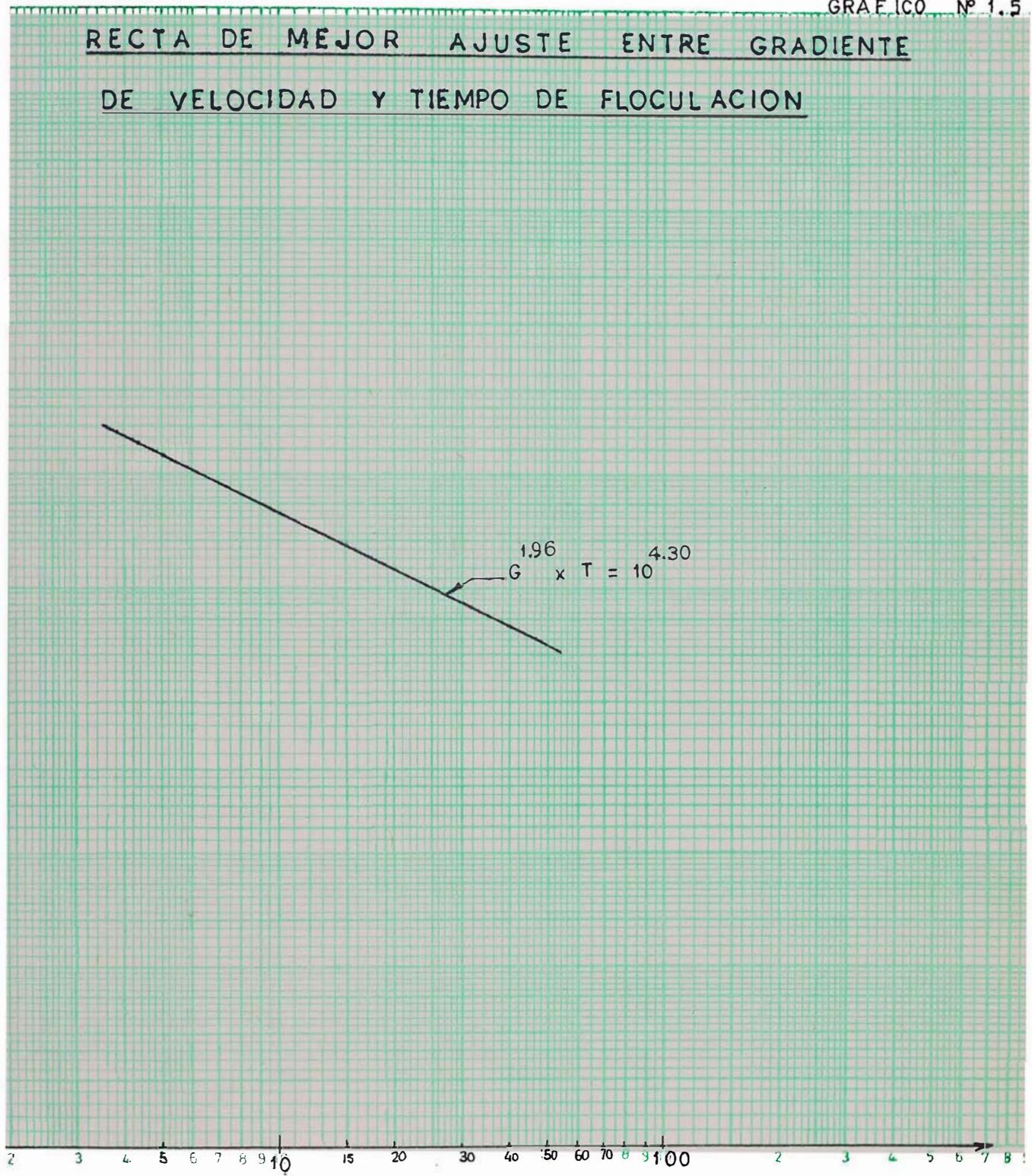
$$G^{1.96} \times T = 10^{4.30}$$

De esta última ecuación se obtienen los nuevos puntos con que construímos la tabla siguiente, y de ésta la recta de correlación del Gráfico N° 1.5, así como la curva de correlación del Gráfico N° 1.6.

PUNTO	1	2	3	4	5	6
T (Min)	5	10	15	20	25	30
G (s <sup>-1</sup> )	68	47.9	39	33.7	30	27.4

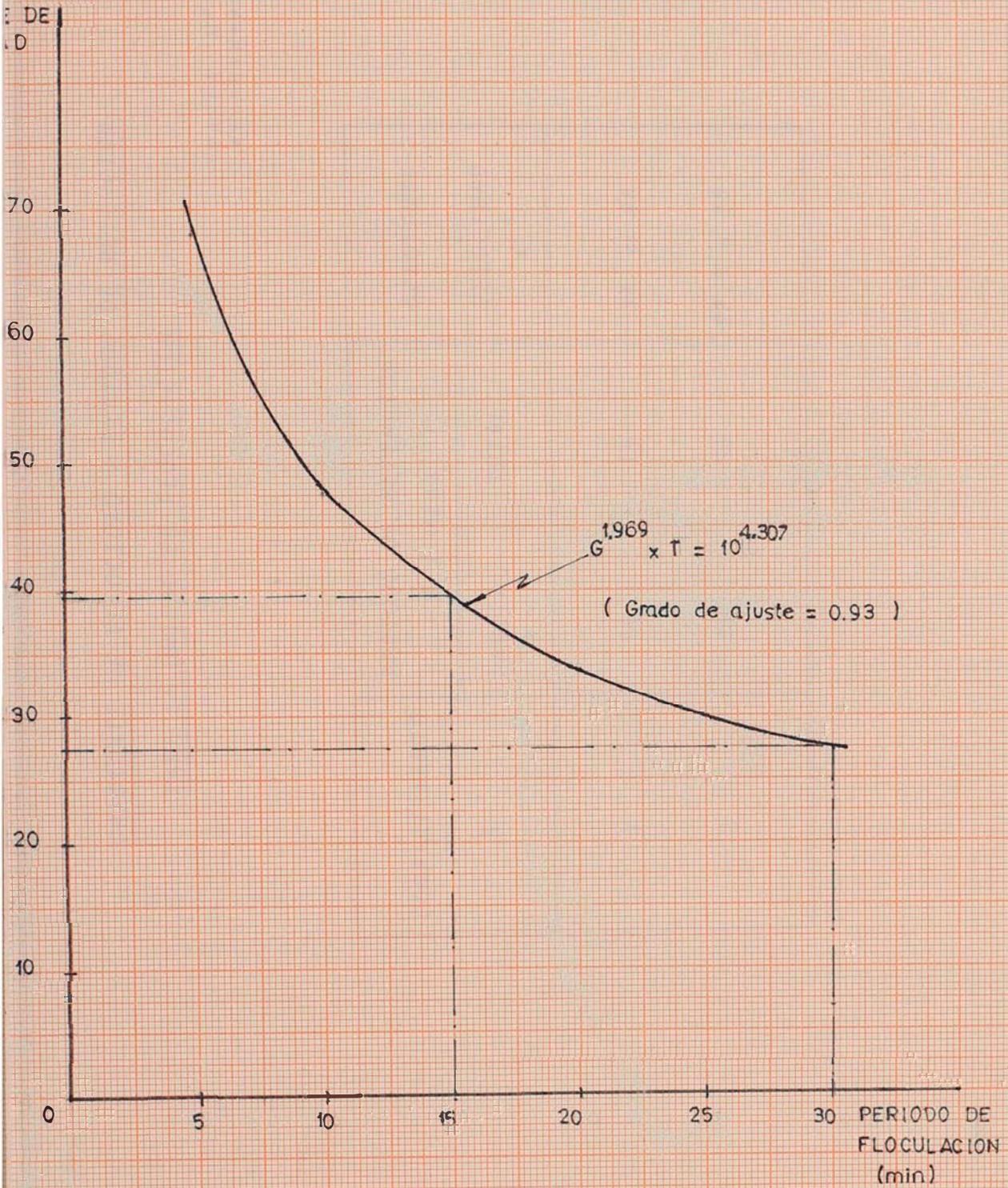
Del Gráfico N° 1.6 y teniendo en cuenta que la unidad de floculación tiene dos compartimentos y un período de floculación total de 30 minutos, deduciremos el gradiente de velocidad para cada compartimento los cuales mostramos en la Tabla N° 3.10 .

RECTA DE MEJOR AJUSTE ENTRE GRADIENTE  
DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE FLOCULACION



TIEMPO DE FLOCULACION (Min)

### CORRELACION DE GRADIENTES OPTIMOS CON PERIODOS DE FLOCULACION



### 3.5.1.4 SEDIMENTACION:

#### a. Velocidad de Sedimentación Óptima :

El objetivo de esta prueba es determinar la velocidad de sedimentación que produce la mayor eficiencia.

La metodología utilizada es la prueba de jarras modificada mediante la cual obtendremos turbiedades residuales para diferentes tiempos y velocidades de sedimentación.

La velocidad de sedimentación la determinamos por la relación siguiente :

$$v = \frac{h}{t_i}$$

siendo :

$h$  = altura de muestreo,

$t_i$  = tiempos de sedimentación.

La prueba se realizó bajo las siguientes condiciones :

- Características del agua cruda :

\* Turbiedad : 20 NTU

\* pH : 8.6

- Dosis Óptima : 20 mg/lt

- Mezcla Rápida :

\*  $G = 180 \text{ seg}^{-1}$  (100 RPM)

\*  $T = 60 \text{ seg}$

- Floculación :

\*  $G = 30 \text{ seg}^{-1}$

\*  $T = 25 \text{ minutos}$

- Sedimentación :

•  $T = \text{Variable}$

(altura de muestreo : 6 cm)

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla N°3:11, de donde se construyó el Gráfico N°5 en el que se aprecia la remoción de turbiedad vs. el tiempo de sedimentación.

En dicha tabla podemos apreciar que la velocidad que produce la mayor eficiencia es de 0.0125 cm/seg.

Por otro lado, en el mismo gráfico se observa que a partir de 300 segundos se obtiene una turbiedad residual de 3 NTU ó menos, pero que si prolongamos este período de sedimentación hasta 600 segundos, en ningún caso la eficiencia supera el 90%.

También en base a esta Tabla se construyó el Gráfico N°6 de donde vemos que en la curva correspondiente a los resultados de laboratorio, - las velocidades de sedimentación que producen la mayor eficiencia están entre 0.01 y 0.0125 cm/seg las que corresponden a períodos de sedimentación de 480 a 600 segundos respectivamente.

De este Gráfico podemos asumir como velocidad óptima de sedimentación el valor de :

$V = 0.0125 \text{ cm/seg.}$

## " RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SEDIMENTACION "

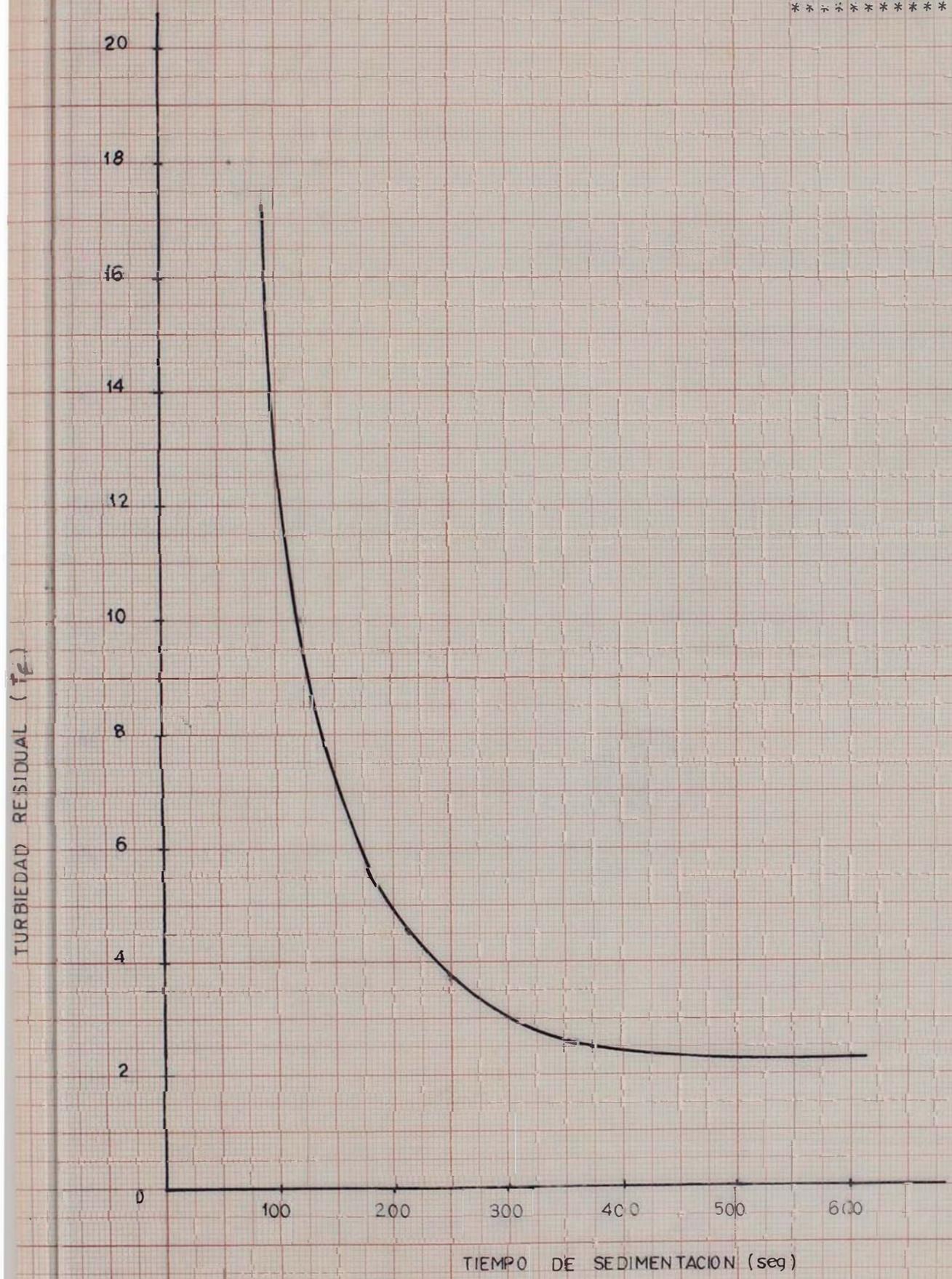
TABLA N° 3.11  
\*\*\*\*\*

$T_0 = 20 \text{ UTN}$

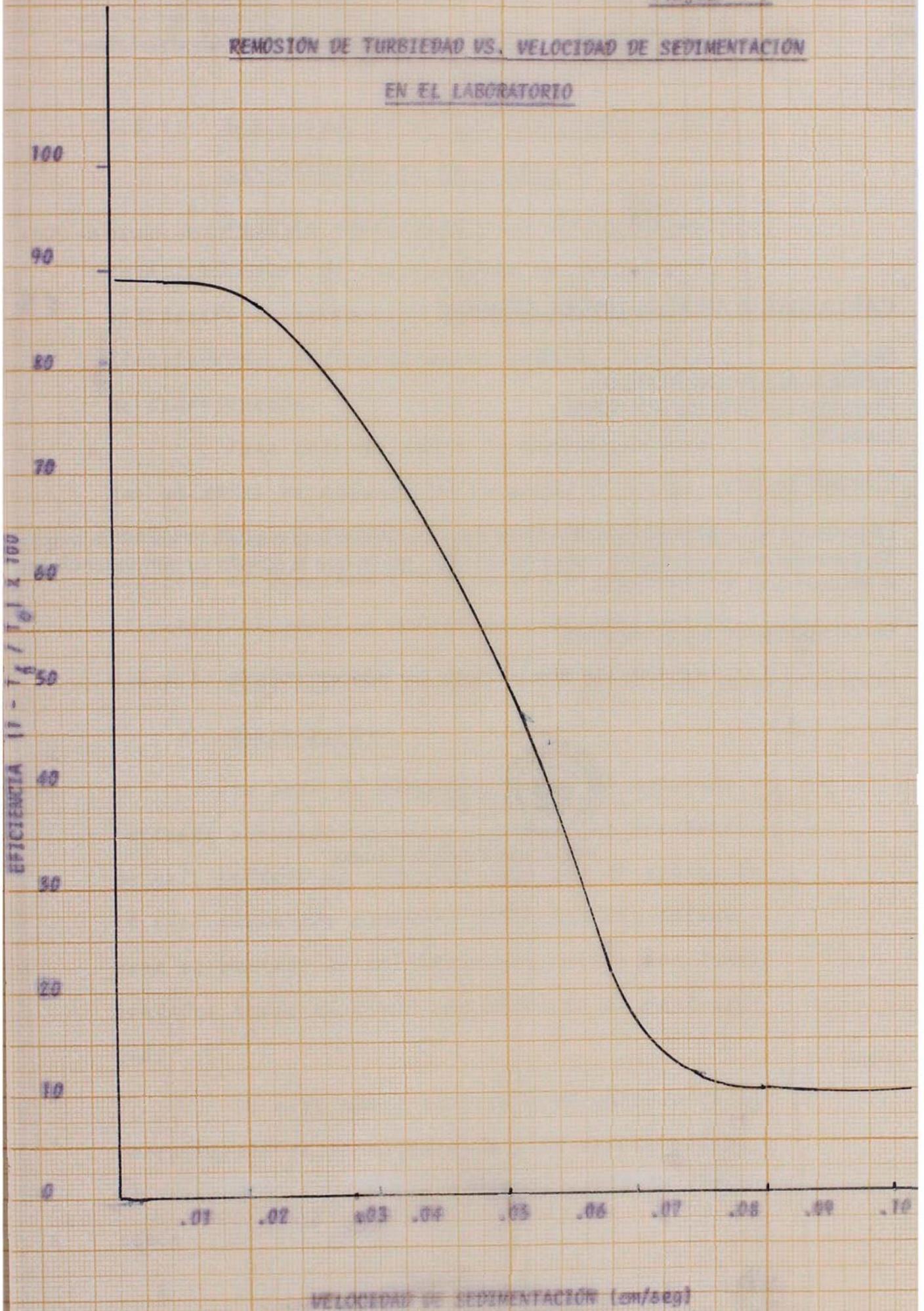
TIEMPO DE SEDIMENTACION seg	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION cm/seg	TURBIEDAD RESIDUAL UTN	$\frac{T_d}{T_0}$	$(1 - \frac{T_d}{T_0}) \times 100$
30	0.2	23		
60	0.1	18	0.9	10
90	0.067	17	0.85	15
120	0.05	10	0.50	50
180	0.033	5.5	0.275	72.5
240	0.025	4.8	0.24	76
300	0.02	3.0	0.15	85
360	0.0167	2.6	0.13	87
480	0.0125 *	2.3	0.115	88.5
600	0.01	2.3	0.115	88.5

# TURBIEDAD RESIDUAL VS. TIEMPO DE SEDIMENTACION

GRAFICO No. 5  
\*\*\*\*\*



REMOSIÓN DE TURBIEDAD VS. VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN  
EN EL LABORATORIO



### 3.5.2 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA :

Aquí se analizarán y se determinarán las características de las unidades en cuanto a la dosificación de sustancias químicas, mezcladores, floculadores, sedimentadores, filtros, unidades de desinfección.

Para aclarar sobre la distribución de las unidades se adjunta el Diagrama N° 3.3 en el cual mostramos el esquema general de la planta, así como el Diagrama N° 3.4 en el que se aprecia el perfil hidráulico del proceso de tratamiento.

#### 3.5.2.1 DOSIFICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS:

##### a. Descripción:

La sala de dosificación es un ambiente bastante adecuado donde se ubican los dosadores de cal, sulfato de alúmina y sulfato de cobre. En el piso inmediato superior se ubican las tolvas para el vaciado de los reactivos, estos son transportados hasta el nivel por medio de un montacargas.

En este nivel también está ubicado el almacenamiento de transferencia. No existe bodega de recepción, habiéndose adaptado una a la intemperie.

\* ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA (Diagrama 3.3)

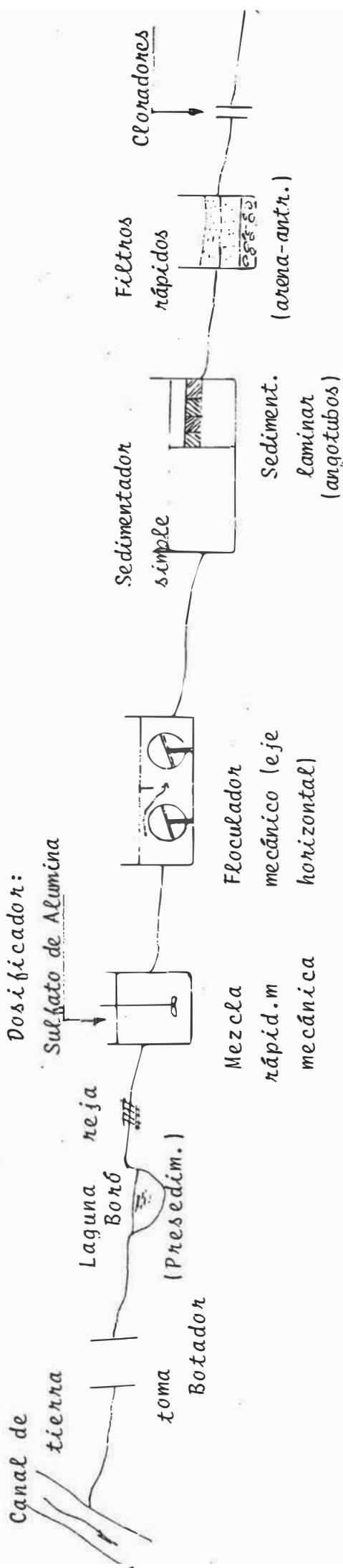
Breve descripción general del funcionamiento de la planta:

La Planta no cuenta con Instrumentas de macromedición esta planta cuenta con dos pequeños tanques independientes para la mezcla rápida, que están equipados cada uno con su correspondiente agitador electromecánico.

Luego de cada uno de los mezcladores el agua pasa por gravedad a los tanques de floculación mecánica (2), independientes teniendo cada uno de ellos instalados un equipo doble de floculación, consistente en dos ejes paralelos de aprox. 9mt de largo útil cada eje tiene montados 4 juegos de paletas de rotación horizontal. Cada conjunto es accionado independientemente por su respectivo moto reductor y un sistema de poleas y transmisión de cadena cuyas velocidades puede ser regulada a voluntad de acuerdo a las necesidades del tratamiento.

El agua floculada pasa a través del tabique de estabilización al tanque de sedimentación, para finalmente alimentar a los 8 filtros rápidos, ubicados en dos hileras, cada uno con 4 filtros, dispuestos a ambos lados de la galería de control.

DIAGRAMA 3.4 : "ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE TRATAMIENTO"  
 \*\*\*\*\*



b. Equipos:

En la identificación de los equipos se encontró la siguiente relación:

- Dosificadores de Sulfato de Alúmina:

- \* Marca : Lockwood
- \* Cantidad : 2
- \* Tipo : Tornillo sin fin.
- \* Dosificación : en seco.

- Dosificadores de Cal :

- \* Marca : Lockwood
- \* Cantidad : 2
- \* Tipo : Tornillo sin fin
- \* Dosificación : en seco.

- Dosificadores de Sulfato de Cobre:

- \* Marca : Electromac
- \* Modelo : IL-A-2 35 - 6
- \* Cantidad : 2
- \* Tipo : En solución con bomba dosificadora de 0.3 a 2.1 lt/min, potencia de 1/4 a 3/4 de H.P.

c. Calibración de Equipos:

Se realizó en un dosificador de sulfato de alúmina que era el único en funcionamiento.

Lamentablemente tanto este equipo como los restantes no cuentan con la curva teórica de dosificación y no existe sistema de medición de

caudal de ingreso de agua al tanque de solución, esta situación ha limitado la obtención de algunos datos, como el grado de exactitud del equipo y el período de retención del tanque de solución.

- Curva de Calibración del Equipo:

Para esta labor de evaluación se hizo variar los niveles de apertura del equipo pesando - los volúmenes obtenidos en un período de tiempo - determinado, los resultados así obtenidos se presentan en la Tabla N° 3.12 a continuación.

Al momento de la prueba el dosificador se encontraba funcionando en el nivel 6.

En el Gráfico N° 2 se muestra la curva de dosificación obtenida.

De acuerdo a los resultados de laboratorio se tiene que la dosis para esta calidad de agua debe ser de 20 mg/lt, esto expresado en Kg/hr para la regulación del equipo nos debe dar:

$$p = \frac{3.6 \times 100 \times D \times Q}{1000 \times (100 - I)}$$

en la cual :

D = dosis óptima seleccionada = 20 mg/lt

Q = caudal de agua a tratarse = 606 lps

I = Porcentaje de Impurezas = 10 %

luego reemplazando en dicha fórmula obtenemos :

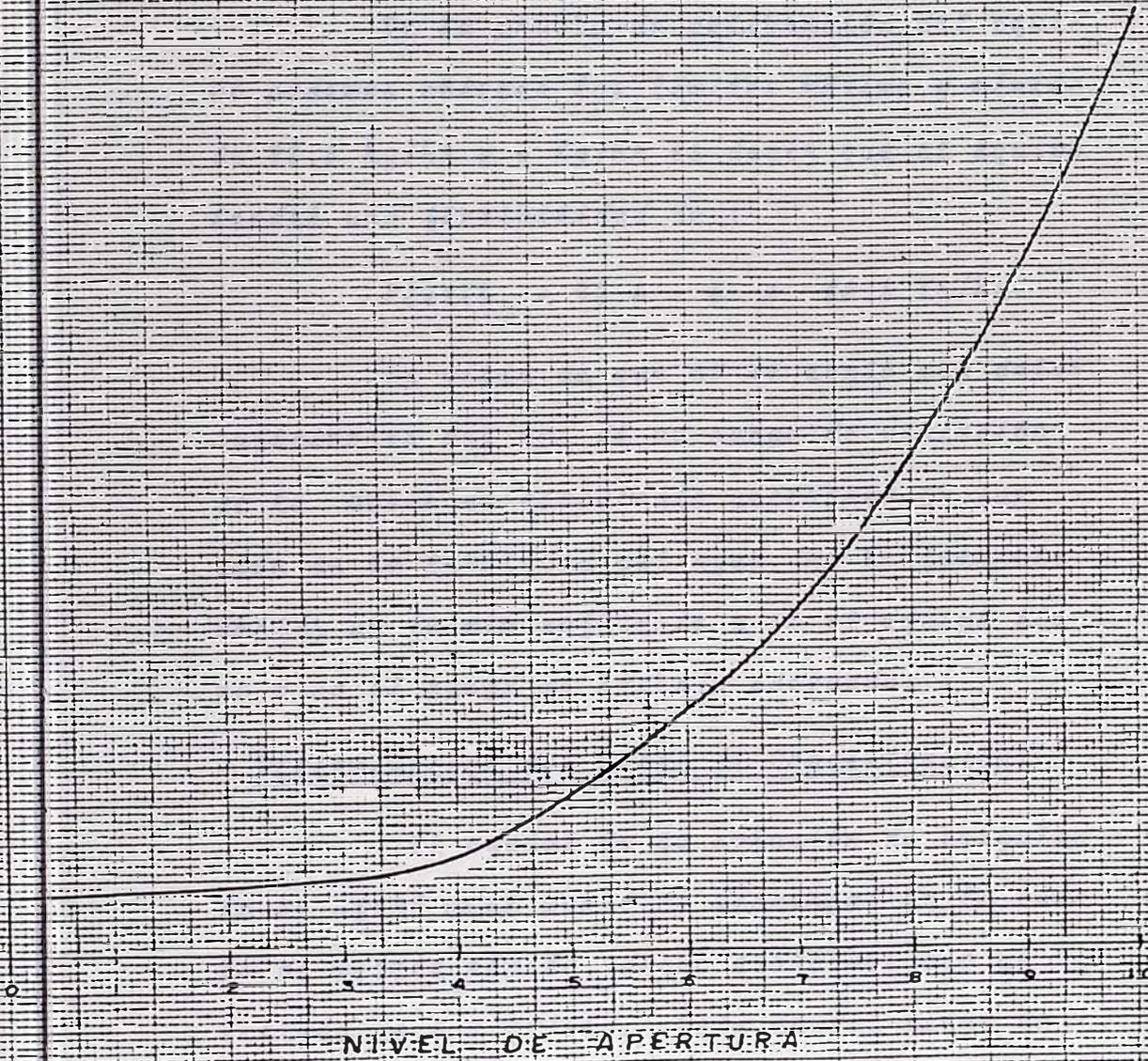
$$p = \frac{3.6 \times 100 \times 20 \times 606}{1000 \times (100 - 10)}$$

TABLA N° 3.12  
\*\*\*\*\*

" CALIBRACION DEL DOSIFICADOR "

NIVEL DE APERTURA	DOSIFICACION Kg/hr
0	6.0
4	8.9
6	23.6
8	48.8
10	92.6

CURVA DE DOSIFICACION  
DOSADOR DE SULFATO DE AMONIO



$$P = 48.5 \text{ Kg/hr}$$

Como se dijo anteriormente, el equipo está trabajando en el nivel de apertura 6 dosificando sólo 23.6 Kg/hr lo que nos indica una dosificación de coagulante por debajo de lo requerido.

- Determinación de la Flexibilidad:

De la prueba de calibración del equipo podemos obtener los límites máximo y mínimo de 92.6 kg/hr y 6 Kg/hr es decir que el equipo tendrá una flexibilidad de :

$$\text{Flexib.} = 92.6 - 6 = 86.6 \text{ Kg/hr}$$

En vista de que no se contó con datos suficientes que nos dé un rango de variación de la dosis de coagulante necesario en función de la turbiedad del agua, no es factible emitir un juicio referente a si el equipo tiene o no el rango de trabajo adecuado.

- Determinación del Grado de Concentración:

El caudal de la solución de coagulante se aforó en el punto de descarga, en la cámara de mezcla rápida, dicho aforo nos dió un resultado de 0.7 lt/seg. Este caudal tiene un contenido de sulfato de alúmina de 23.6 Kg/hr, con lo cual podemos calcular la concentración de la solución:

$$\begin{aligned} \text{Conc.} &= \frac{23.6 \text{ kg/h} \times 10^3 \text{ gr/kg}}{0.7 \text{ lt/seg} \times 3600 \text{ seg/h}} \\ &= 9.365 \text{ gr/lt} \end{aligned}$$

Una solución al 100% contiene 1000 gr de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  en un litro de agua, luego la concentración de la solución será:

$$\begin{aligned} \text{Conc.} &= \frac{9.365 \text{ gr/lt} \times 100\%}{1000 \text{ gr/lt}} \end{aligned}$$

$$\text{Conc.} = 0.94\%$$

Comparando este resultado con el obtenido en el laboratorio podemos decir que estamos muy cercano al óptimo seleccionado ( 2% ).

d. Estado y Problemas :

- Almacenamiento de Productos Químicos :

\* No se cuenta con una bodega de recepción por lo que se ha improvisado un almacenamiento a la intemperie en el cual no hay plataforma de recepción, tampoco un sistema adecuado de transporte.

\* En el segundo nivel están ubicadas las tolvas que a su vez se usa de almacenamiento de transferencia, se cuenta con un espacio muy reducido lo que ha obligado a utilizar los pasillos para el almacenamiento dificultando el normal desplazamiento.

\* No existe un orden para almacenar los

productos químicos.

\* Las tolvas se encuentran a una altura tal que dificulta la operación y el vaciado de productos químicos.

- Dosificadores :

\* No funcionan los vibradores de las tolvas

\* Los tanques de solución no cuentan con dispositivos mecánicos de mezcla.

\* Las tuberías de ingreso de agua al tanque de solución, no cuentan con un medidor que permita ajustar la concentración de la solución a límites adecuados.

\* Uno de los dosadores de sulfato de cobre, no funciona por carecer de una hélice.

\* Las unidades en general no están como para desecharlas, pero requieren reparaciones, mantenimiento, etc.

\* Las tuberías de salida, están en mala ubicación obstruyendo los pasillos de acceso.

### 3.5.2.2 MEZCLA RAPIDA:

#### a. Descripción:

La unidad está constituida por una cámara de 2.9 x 2.0 mts de sección y 4.0 mts de altura - siendo la altura del agua de 3.75 mts. El volumen de la unidad útil de mezcla, es de 21.75 M3.

El caudal de Ingreso al módulo que se evaluó fue de 286.6 lt/seg. El período técnico de retención lo determinamos por la siguiente relación:

$$T_0 = \frac{V \text{ (M3)}}{Q \text{ (m3/seg)}} = \frac{21.75 \text{ m3}}{0.2866 \text{ m3/seg}}$$

$$T_0 = 76 \text{ seg.}$$

Esta unidad está equipada con un retromezclador mecánico de eje vertical marca DELCROSA, el cual desarrolla una potencia de 3 HP.

La mariposa del rotor tiene un radio de giro de 0.45 mts y cuenta con dos deflectores inclinados a 45° entre sí y se encuentran trabajando a 9 R.P.M. Se notó que no cuenta con algún dispositivo que permita variar el número de revoluciones por minuto.

#### b. Gradiente de Velocidad:

El gradiente de velocidad de esta unidad lo determinamos sumando el gradiente hidráulico como resultado de la energía que se libera a la salida de la línea de conducción, más la energía mecánica del rotor.

El gradiente total será entonces la suma del gradiente a la salida de la tubería más el gradiente que produce el rotor:

$$G_T = G_{ST} + G_R$$

donde :

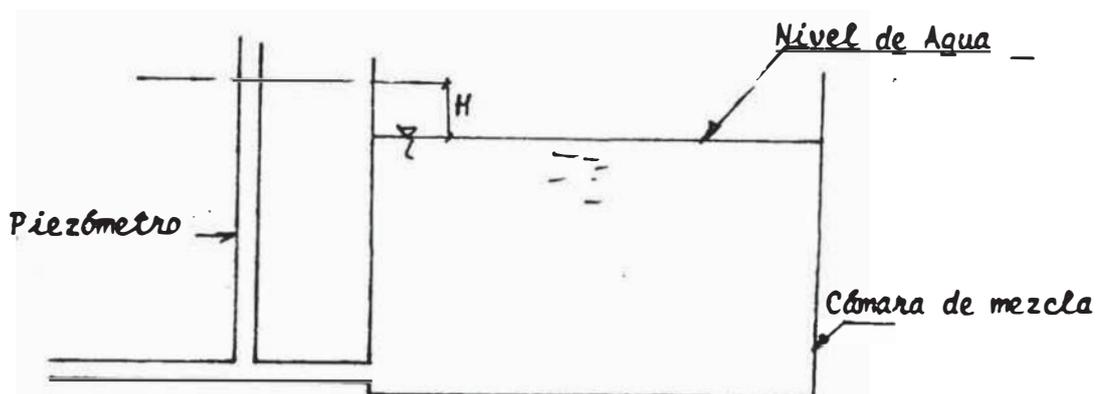
\*  $G_t$  = Gradiente total

$G_{\Delta t}$  = Gradiente a la salida de la tubería

$G_r$  = Gradiente del rotor.

-Determinación del Gradiente de velocidad a la salida de la tubería: ( $G_{\Delta t}$ )

Se instaló un piezómetro a la entrada de la cámara de mezcla rápida según mostramos en el siguiente esquema:



Este gradiente está dado por la fórmula:

$$G_{\Delta t} = \sqrt{\frac{H \times 100}{\mu \times T_0}}$$

donde:

\*  $H$  = Pérdida de carga (m)

$\mu$  = Viscosidad absoluta del agua  
(Kg-fxseg/m<sup>2</sup>)

$T_0$  = Tiempo teórico de retención  
(seg)

Para nuestro caso tenemos:

$$* H = 0.158 \text{ mt.}$$

$$\mu = 0.000103 \text{ Kg-f x seg /m}^2.$$

$$T_0 = 76 \text{ seg.}$$

Realizando los cálculos:

$$G_{\Delta t} = \sqrt{\frac{0.158 \times 100}{0.000103 \times 76}}$$

$$G_{\Delta t} = 44.9 \text{ seg}^{-1}$$

Presentamos  $G_{\Delta t}$  como resultado del gradiente a la salida de la tubería en la cámara de mezcla rápida.

-Determinación del gradiente de velocidad del

Rotor.: ( $G_r$ )

Este gradiente de velocidad se determina de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$G_r = \sqrt{\frac{k \times \rho \times N^3 \times D^5}{g_c \times \mu \times V}}$$

donde:

$k$  = Constante que depende del tipo de turbina.

$\rho$  = Densidad del agua ( Kg/m<sup>3</sup>)

$N$  = Número de revoluciones por segundo

$D$  = Diámetro del rotor ( mt.)

$g_c$  = Coeficiente de la gravedad (mt/seg<sup>2</sup>)

$\mu$  = Viscosidad absoluta del agua (kg-fxseg/m<sup>2</sup>)

Para nuestro caso tenemos:

$k$  = Constante que depende del número de Reynolds y de la forma del rotor

$$k = 1.3$$

$N$  = 0.15 Revoluciones por segundo.

$$D = 0.45 \text{ mt.}$$

$$g_c = 9.81 \text{ mt/seg}^2$$

$$\mu = 0.000103 \text{ Kg-fxseg/m}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg-m/m}^3$$

$$V = 21.75 \text{ m}^3.$$

Reemplazando estos valores en la fórmula tenemos:

$$G_n = \sqrt{\frac{1.3 \times 1,000 \times (0.15)^3 \times (0.45)^5}{9.81 \times 0.000103 \times 21.75}}$$

$$G_n = 1.92 \text{ seg}^{-1}$$

Que viene a ser el gradiente de velocidad que genera el rotor de mezcla rápida.

- Determinación del gradiente total: ( $G_t$ )

$$G_t = G_{st} + G_n$$

$$G_t = 44.9 + 1.92$$

$$G_t = 46.82 \approx 47 \text{ seg}^{-1}.$$

De lo cual concluimos que el gradiente total que se produce en la cámara de mezcla rápida es de  $47 \text{ seg}^{-1}$ .

c. Características hidráulicas:

Para esta unidad se va a determinar el período real de retención y la caracterización del flujo.

-Tiempo real de retención:

Se utilizó para esto la metodología de trazadores según la teoría de Wolf-Resnick.

El procesamiento de los datos tomados en la planta se hizo mediante la APLICACION N°2. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°3.13 con cuyos datos se construyó el gráfico N°3.

De este gráfico apreciamos que el período real de retención es de 35 seg.

- Caracterización del flujo:

Para determinar los porcentajes de flujo pistón, flujo mezclado y espacios muertos se prosiguió con las fórmulas dadas por Wolf-Resnick.

Mostramos el procesamiento de los datos de acuerdo al PROGRAMA N°2 cuyo resultado se muestra en la página siguiente.

Con los valores de la tabla N°3.13 construimos la Gráfica N°4 de la cual obtenemos:

$$t_1/t_0 = \theta = 0.275$$

$$t_2/t_0 = 1.265$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 TESIS DE GRADO"

POR: ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

LA N°: 43.13 PRUEBA DE ENSAYO DE TRAZADORES  
 \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

ANTA: Ciudad de Chiclayo

(seg)

TIEMPO. INCL : 74

O. DE Mezcla rápida

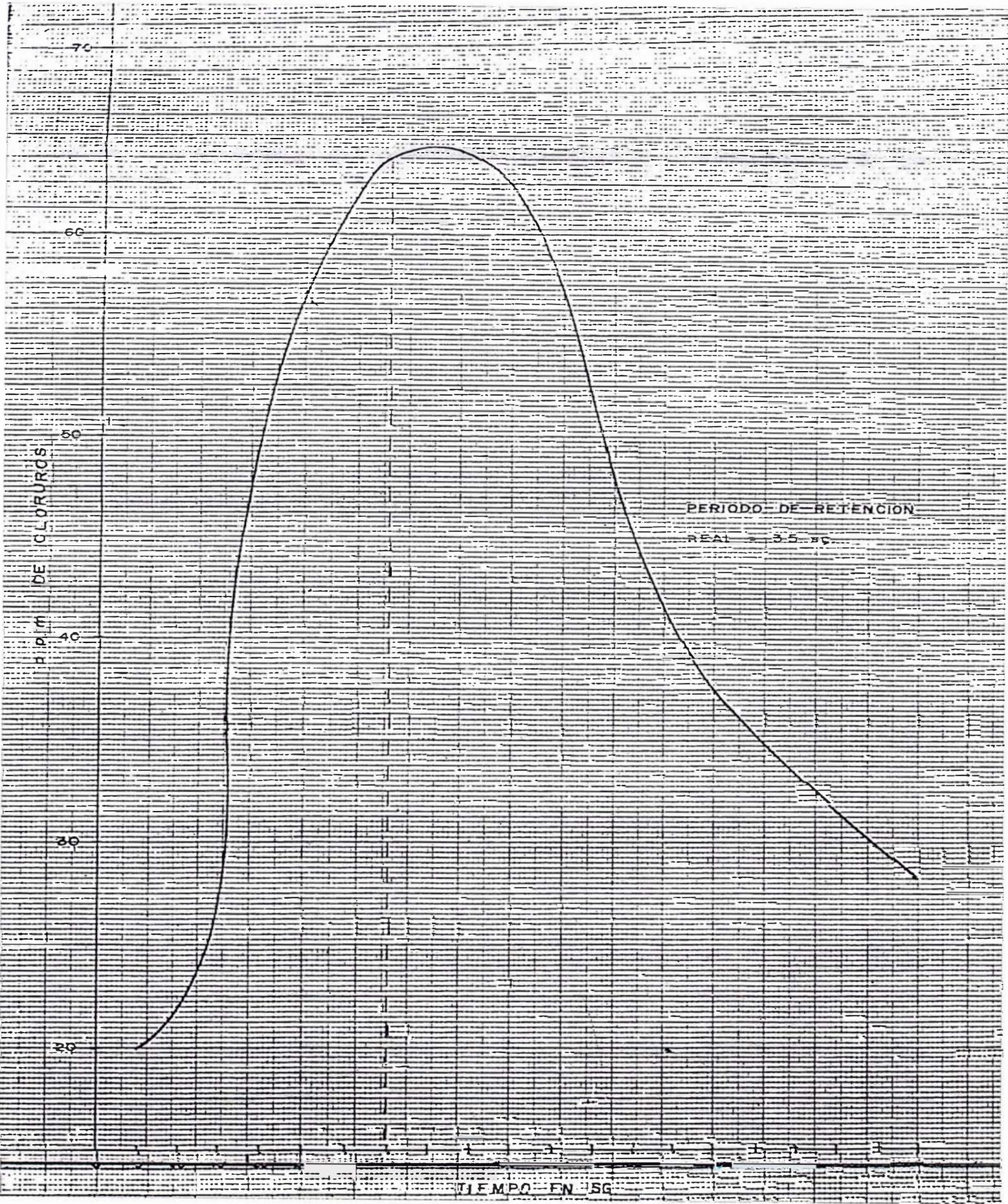
(mg/lt)

CONCT. INCL : 20

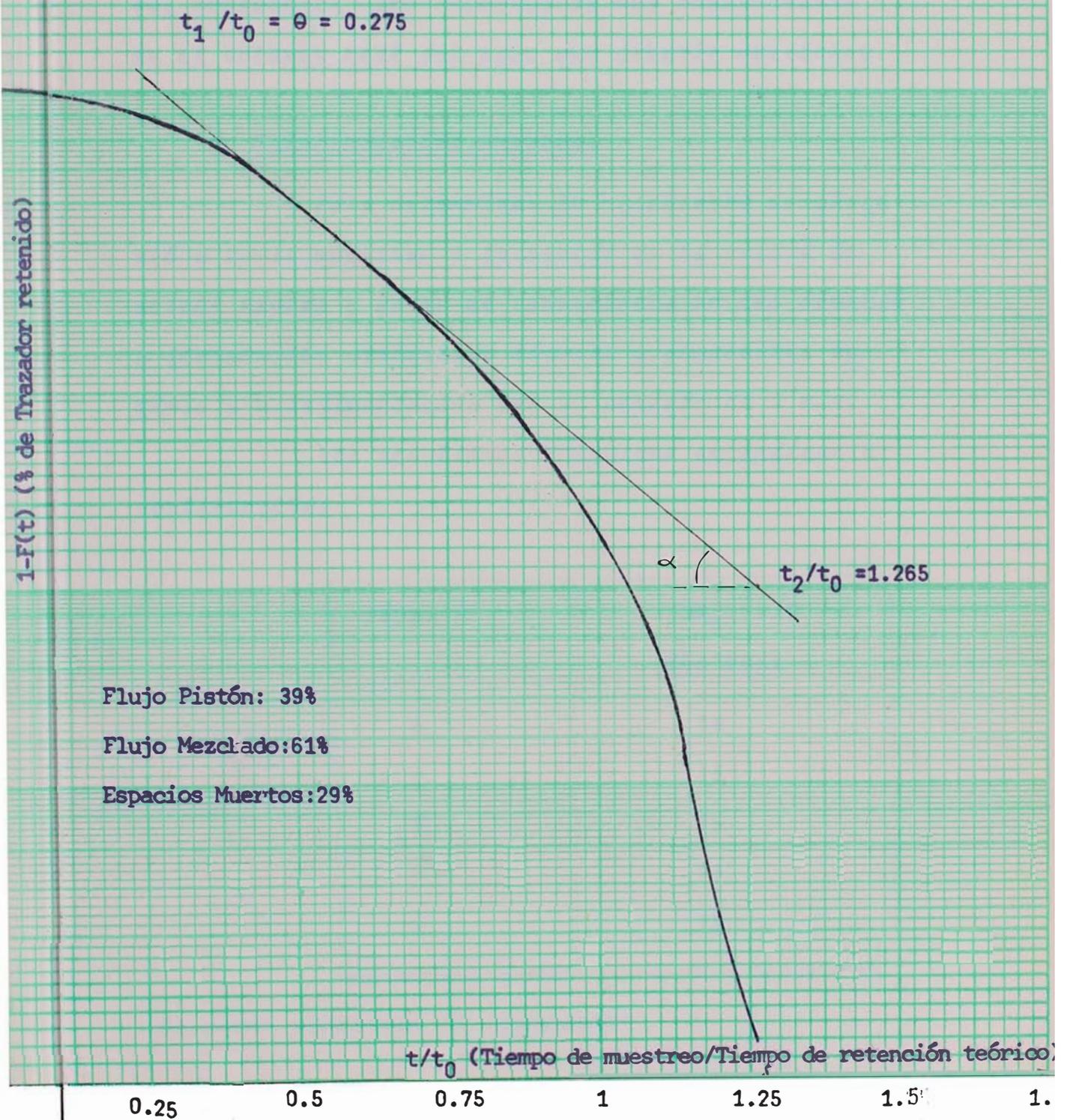
VOLUMEN DE UNID.: 20 M3.

TIPO TRAZDR: Sal Común

ESTR #	T (Seg)	T/To	C (Mg/lt)	C-Co	S(C-Co)	F(T)	1-F(T)
1	0	0,000	20	0	0	0,00	100,00
2	5	0,068	20	0	0	0,00	100,00
3	10	0,135	22	2	2	0,47	99,53
4	15	0,203	36	16	18	4,19	95,81
5	20	0,270	48	28	46	10,70	89,30
6	25	0,338	48	28	74	17,21	82,79
7	30	0,405	60	40	114	26,51	73,49
8	35	0,473	64	44	158	36,74	63,26
9	40	0,541	56	36	194	45,12	54,88
0	45	0,608	52	32	226	52,56	47,44
1	50	0,676	56	36	262	60,93	39,07
2	55	0,743	60	40	302	70,23	29,77
3	60	0,811	44	24	326	75,81	24,19
4	65	0,878	40	20	346	80,47	19,53
5	70	0,946	36	16	362	84,19	15,81
6	75	1,014	36	16	378	87,91	12,09
7	80	1,081	36	16	394	91,63	8,37
8	85	1,149	36	16	410	95,35	4,65
9	90	1,216	32	12	422	98,14	1,86
0	95	1,284	28	8	430	100,00	0,00



ENSAYO DE TRAZADORES DE MEZCLA RAPIDA  
\*\*\*\*\*



El resultado de la caracterización del flujo apar  
tir del programa N°2 aparece en la pág. 118 .

Del cual podríamos agregar que :

$$\begin{aligned} \% \text{ Volumen perfectamente mezclado} &= 100\% - 29.4 \\ &= 70.6 \% \end{aligned}$$

que representa una disminución muy considerable  
en el volumen real del agua que debería mezclarse.

d. Eficiencia del proceso:

Para determinar la eficiencia se proce  
dió a tomar muestras a la salida de la unidad de  
mezcla rápida y ya en el laboratorio se les sometió  
a floculación utilizando tiempos y gradientes óp-  
timos y a sedimentación por un período de 5 min.

Los resultados obtenidos se indican a  
continuación:

JARRA N°	TURBIEDAD RESIDUAL
1	14
2	15
3	15
4	16
5	15

De donde obtenemos lo siguiente:

PARA CARACTERIZACION DEL FLUJO DEL: MEZCLADOR  
PORCENTAJES ES LA SIGUIENTE:  
% FLUJO PISTON: 38.97116  
% FLUJO MEZCLADO: 61.02884  
% ZONAS MUERTAS: 29.435

PARA CARACTERIZACION DEL FLUJO DEL: FLOCULADOR  
PORCENTAJES ES LA SIGUIENTE:  
% FLUJO PISTON: 33.0033  
% FLUJO MEZCLADO: 66.9967  
% ZONAS MUERTAS: 9.099997

PARA CARACTERIZACION DEL FLUJO DEL: SEDIMENTADOR  
PORCENTAJES ES LA SIGUIENTE:  
% FLUJO PISTON: 42.38411  
% FLUJO MEZCLADO: 57.6159  
% ZONAS MUERTAS: 24.5

\* Turbiedad residual promedio: 15 N.T.U.

\* Turbiedad Inicial : 22 N.T.U.

De acuerdo a estos resultados podemos calcular los indicadores de aglomeración en planta y Laboratorio:

- En planta:

$$A_p = \frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_o}$$

Siendo:  $T_f = 15$  N.T.U.

$T_o = 22$  N.T.U

Tenemos:  $A_p = \frac{1}{15} - \frac{1}{22}$

$A_p = 0.02$

- En Laboratorio:

$$A_L = \frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_o}$$

Siendo :  $T_f = 4.1$  N.T.U.

$T_o = 25$  N.T.U.

Tenemos:  $A_L = \frac{1}{4.1} - \frac{1}{25}$

$A_L = 0.2$

Por lo tanto la Eficiencia relacionada sería:

$$E_f = (A_p / A_L) \times 100\%$$

$$E_f = (0.02/0.2) \times 100\%$$

$$E_f = 10\%$$

e. Estado y Problemas:

- \* Estructuralmente esta unidad no presenta problemas aparentemente.
- \* La unidad no tiene una compuerta que permita independizarla del resto de la planta lo cual obliga a bajar el nivel del agua en toda la Planta para así recién poder vacear la unidad.
- \* La válvula en la Tubería de ingreso no tiene un cierre hermético.
- \* El dispositivo de mezcla mecánico no cuenta con un dispositivo que permita variar la velocidad de giro.
- \* No existe dispositivo de By-pass entre la mezcla rápida y los filtros para los meses en que se produce muy baja turbiedad.

3.5.2.3. FLOCULACION:

a. Descripción:

Esta unidad está constituida por una cámara de 10x11.8 mts. de sección y 4 mts. de altura, con 3.75mts. de altura de agua.

El Volumen Útil de esta unidad es de 442.5 M3. lo cual nos da un período de tiempo de retención teórico de:

$$T_n = \frac{V}{Q} = \frac{442.5 \text{ m}^3}{286.6 \times \frac{60}{1000} \text{ m}^3/\text{min}}$$
$$T_n = 25.8 \text{ min.}$$

El Floculador cuenta con dos compartimientos exactamente iguales, esto se ha logrado con la ubicaci3n de una pantalla divisora a una profundidad de 2.45 m.

Estas unidades estan dotadas cada una con un sistema de agitaci3n mec3nica en paralelo con cuatro series de paletas donde la longitud de las paletas es de 2.3 mts. y el radio de giro es de 1.575 mt.

Las dos unidades tienen la misma velocidad de giro que es de 2.4 R.P.M. girando cada una en sentido contrario a la otra.

Esta unidades estan accionadas por motores el3ctricos de 7.5 H.P. y 1,800 R.P.M. seg3n datos proporcionados por la administraci3n del servicio.

#### b. Determinaci3n del Gradiente de Velocidad:

El gradiente de velocidad para este tipo de de floculador viene dado por la siguiente f3rmula:

$$G = 90 \sqrt{\frac{n^3 \times \sum A(r^3)}{\mu \times V}}$$

Donde:

$n$  = Velocidad de giro de las paletas

$\sum A(r^3)$  = Sumatoria del producto del Area multiplicado por su radio de giro

elevado al cubo.

$\mu$  = Viscosidad absoluta del agua (kg-fxseg/m<sup>2</sup>)

V = Volumen en m<sup>3</sup>.

En los planos que adjuntamos observamos las dimensiones de las paletas de los floculadores de donde obtenemos:

$$\begin{aligned} A_1 r_1^3 &= (0.345 \text{ m}^2) (1.225 \text{ m})^3 \\ &= 0.634 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 r_2^3 &= (0.345 \text{ m}^2) (1.575 \text{ m})^3 \\ &= 1.348 \end{aligned}$$

Y la Sumatoria para los cuatro juegos de Paletas se da:

$$\begin{aligned} \sum A r^3 &= 8 \times (0.634) + 8 \times (1.348) \\ &= 15.856 \end{aligned}$$

Además tenemos que:

$$\mu = 0.000103 \text{ kg-fxseg/m}^2.$$

El Volumen (V) corresponderá al total de la cámara, siendo dos los compartimientos, cada uno tendrá la mitad es decir  $(442.5/2) = 221.25 \text{ m}^3$ . con lo cual el gradiente será de:

$$\begin{aligned} G &= 90 \times \sqrt{\frac{(0.04)^3 \times 15.856}{0.000103 \times 221.25}} \\ G &= 18.99 \approx 19 \text{ seg}^{-1}. \end{aligned}$$

para cada compartimiento del floculador.

Comparando este resultado con los obtenidos en los ensayos de simulación en el Laboratorio, observamos que esta unidad no está funcionando con los gradientes óptimos seleccionados para cada compartimiento (40 y 30  $\text{seg}^{-1}$  respectivamente); Lo que no permitirá una buena formación del floc y por ende una baja eficiencia de la unidad.

### c. Características hidráulicas:

#### -Período real de retención ( $T_R$ ):

Se ha seguido la Metodología de Trazadores, para lo cual se procesaron los datos que se presentan en la tabla N°3.14 con la ayuda de la APLICACION N°2.

Con estos datos se construyó la gráfica N°7 de la cual podemos obtener el período de retención real:

$$T_R = 14 \text{ min.}$$

Comparando este resultado con el período teórico de retención de 25.8 min, vemos que este no se cumple, siendo esto una causa de la presencia de cortocircuitos.

#### - Caracterización del Flujo:

Se va a determinar el porcentaje de flujo pistón, flujo mezclado y zonas muertas, para lo cual

31 Enero 1986 8:04 PM Página: 1

ORGANIZACIÓN NACIONAL DE INGENIERIA  
 CULTIVO DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 TESIS DE GRADO"

POR: ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

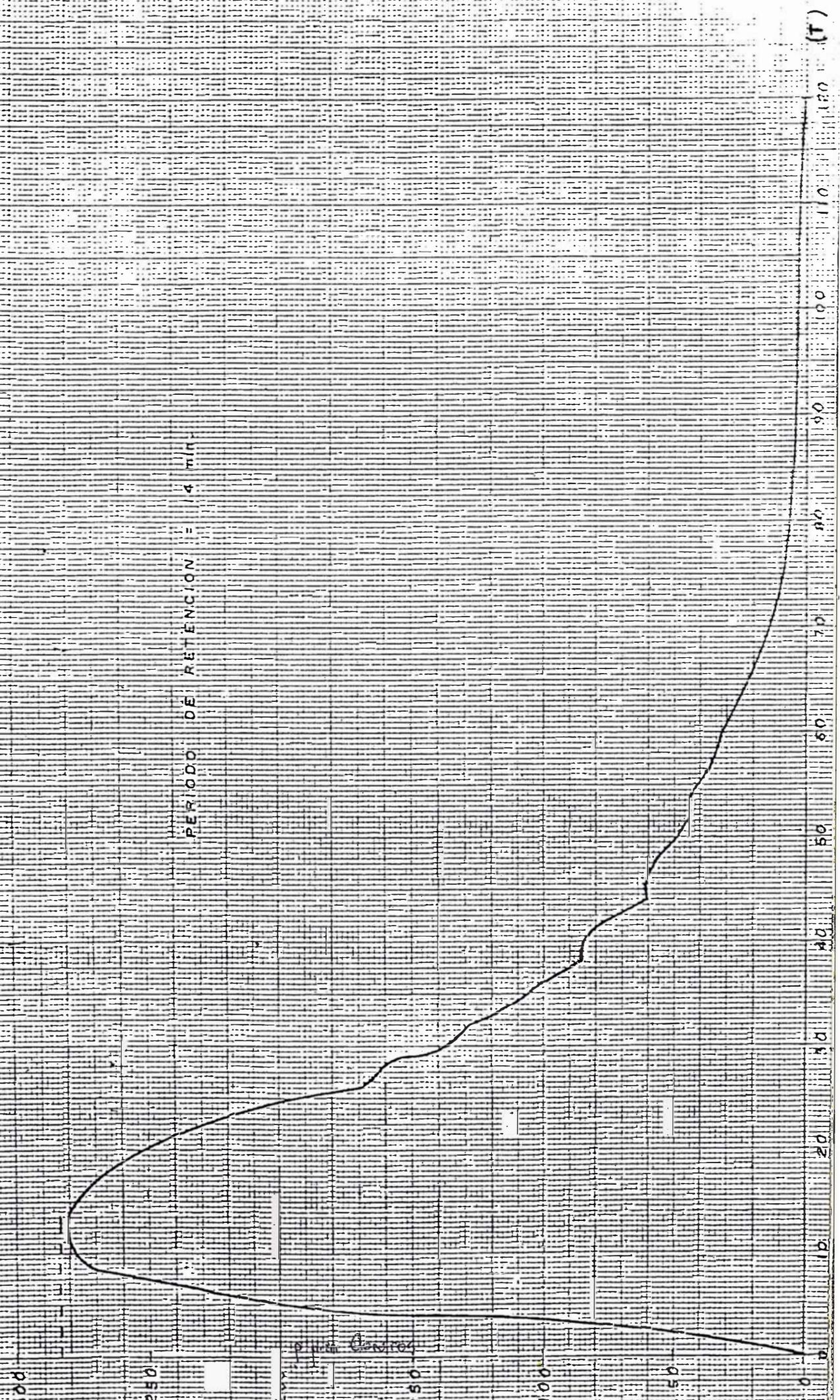
A N : 3.14 PRUEBA DE ENSAYO DE TRAZADORES  
 \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

NTA: Ciudad de Chiclayo (min) TIEMP. INCL : 173,  
 .DE : Flocculación (mg/lt) CONCT. INCL : 2  
 UME DE UNID.: 442,5 M3.  
 DAL 286,6 lt/seg TIPO TRAZDR: Sal Comú

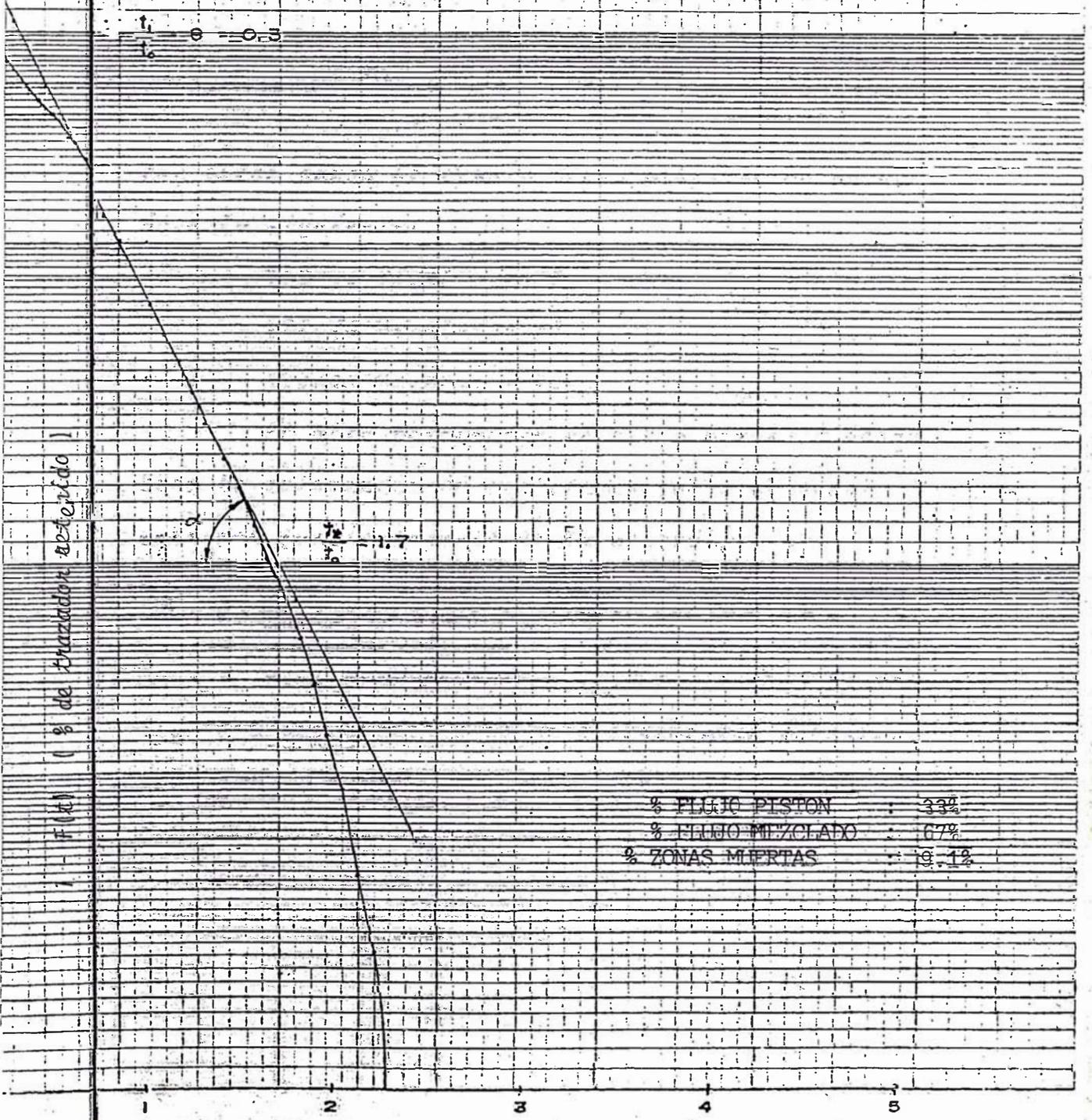
STR #	T (Seg)	T/To	C (Mg/lt)	C-Co	S(C-Co)	F(T)	1-F(T)
1	0	0,000	20	0	0	0,00	100,0
2	2	0,012	60	40	40	0,96	99,0
3	4	0,023	184	164	204	4,88	95,1
4	6	0,035	240	220	424	10,14	89,8
5	8	0,046	288	268	692	16,56	83,4
6	10	0,058	292	272	964	23,06	76,9
7	12	0,069	276	256	1220	29,19	70,8
8	14	0,081	300	280	1500	35,89	64,1
9	16	0,092	276	256	1756	42,01	57,9
0	18	0,104	284	264	2020	48,33	51,6
1	20	0,115	268	248	2268	54,26	45,7
2	22	0,127	252	232	2500	59,81	40,1
3	24	0,138	228	208	2708	64,78	35,2
4	26	0,150	188	168	2876	68,80	31,2
5	28	0,161	180	160	3036	72,63	27,3
6	30	0,173	156	136	3172	75,89	24,1
7	32	0,184	148	128	3300	78,95	21,0
8	34	0,196	132	112	3412	81,63	18,3
9	36	0,207	120	100	3512	84,02	15,9
0	38	0,219	104	84	3596	86,03	13,9
1	40	0,230	104	84	3680	88,04	11,9
2	42	0,242	96	76	3756	89,86	10,1
3	44	0,253	80	60	3816	91,29	8,7
4	46	0,265	80	60	3876	92,73	7,2
5	48	0,276	76	56	3932	94,07	5,9
6	50	0,288	68	48	3980	95,22	4,7
7	52	0,299	64	44	4024	96,27	3,7
8	54	0,311	64	44	4068	97,32	2,6
9	56	0,322	56	36	4104	98,18	1,8
0	58	0,334	60	40	4144	99,14	0,8
1	60	0,345	52	32	4176	99,90	0,1
2	90	0,518	24	4	4180	100,00	0,0
3	120	0,690	20	0	4180	100,00	0,0

PRUEBA DE TRAZADORES FLOCULADOR

PERIODO DE RETENCION = 4 min.



ENSAYO DE TRAZADORES FLOCULADOR



% FLUJO PISTON : 33%  
% FLUJO MEZCLADO : 67%  
% ZONAS MUERTAS : 9.12%

$\frac{t}{t_0}$  (FRACCION DE TIEMPO DE MUESTREO CON RELACION A TIEMPO TEORICO DE RETENCION)

se ha seguido como en casos anteriores, la metodología propuesta por Wolf-Resnick.

Los datos se han procesado en el PROGRAMA N°2 cuyos resultados se muestran en la pág. 124 .

También con los datos de la Tabla 3.14 se construyó la Gráfica N°8 de la cual obtenemos:

$$x_1/x_0 = \theta = 0.3$$

$$x_2/x_0 = 1.7$$

con estos datos se corrió dicho programa obteniéndose lo siguiente:

§Flujo Pistón = 33

§Flujo Mezclado = 67

§Zonas Muertas = 9.1

El alto porcentaje de Flujo mezclado corrobora la existencia de cortocircuitos y el consiguiente mal funcionamiento de la unidad.

#### d. Eficiencia del Proceso:

Para este ensayo se tomó muestras a la salida del floculador y se dejó sedimentar durante: 1/2' , 1' , 1 1/2' , 2' , 3' , 4' , 5' , 7 1/2' y 10' obteniéndose los resultados que se muestran a continuación en la tabla siguiente:

TIEMPO DE SEDIMENTACION (seg)	TURBIEDAD FINAL (NTU)		
	JARRA # 1	JARRA # 2	PROMEDIO
30	22	23	23
60	22	22.5	22.2
90	22	21	21.5
120	22	20	21
180	20	20	20
240	21	21	21
300 *	20	20	20
480	20	20	20
600	20	20	20

Tomando los datos obtenidos en el laboratorio para sedimentación donde la turbiedad residual para 300 seg. ( 5 min. ) fué de 3 NTU según la Tabla N° 3.11 que se vió en la página 95 , podemos hallar los porcentajes de remoción de turbiedad - a nivel de planta y laboratorio. Los resultados de la remoción de turbiedad a nivel de planta, los podemos obtener de la tabla arriba mostrada de donde observamos que para 300 seg ( 5 min ) de sedimentación la turbiedad residual fué de 20 NTU en promedio.

Luego los porcentajes de remoción de turbiedad a nivel de planta y laboratorio serán :

- En la planta :

$$T_f = 20 \text{ NTU}$$

$$T_o = 22 \text{ NTU}$$

$$E_{fic\text{Planta}} = \frac{T_o - T_f}{T_o} = \frac{22 - 20}{22} \times 100$$

$$E_{fic\text{Planta}} = 9\%$$

- En el Laboratorio :

$$T_f = 3 \text{ NTU}$$

$$T_o = 20 \text{ NTU}$$

$$E_{fic\text{Laborat}} = \frac{20 - 3}{20} \times 100$$

$$E_{fic\text{Laborat}} = 85\%$$

De la relación de estos dos valores podemos hallar la eficiencia en la unidad de floculación:

$$E_f = \frac{E_{fic\text{PLANTA}}}{E_{fic\text{LABORT}}} = \frac{9\%}{85\%} \times 10$$

$$= 10.6\%$$

De aquí observamos que la eficiencia del proceso de floculación en la planta es muy baja - comparada con la eficiencia que se obtiene en el ensayo de simulación en el laboratorio, originado por la presencia de cortocircuitos, zonas muertas, deficiente formación de flocs como hemos estado - viendo hasta aquí.

e. Estado y Problemas:

\* Estructuralmente esta unidad no presenta problemas aparentemente.

\* La baja eficiencia de esta unidad es debida principalmente a los problemas ya citados de una mala coagulación. A esto se suma que el equipo de floculación mecánica está trabajando con un gradiente por debajo del óptimo y sin lograr la diferenciación entre los compartimientos, originado por la velocidad de agitación constante con que ellos operan ( $19 \text{ seg}^{-1}$ ).

\* La presencia de espacios muertos (9%) nos indica una reducción del volumen útil de la unidad.

\* El tiempo de retención real encontrado de 14 minutos es muy inferior con el tiempo de retención hallado en el ensayo de simulación de laboratorio, lo que tiene como consecuencia una baja eficiencia de la unidad.

3.5.2.4 SEDIMENTACION:

a. Descripción:

La unidad de sedimentación está ubicada a continuación de la unidad de floculación formando un conjunto.

El sedimentador tiene forma de "U" y cuenta con dos secciones bien definidas, la primera de sedimentación simple y la segunda de sedimenta

ción laminar mediante un sistema patentado de angotubos.

El volumen total de la unidad es de 2,543.4 M<sup>3</sup>, y el período de retención teórico lo determinamos por la relación :

$$T_0 = \frac{V \text{ (M}^3\text{)}}{Q \text{ (M}^3\text{/s)}} = \frac{2,543.4}{0.2866 \times 60}$$

$$T_0 = 147.9 \text{ min} \approx 148 \text{ min.}$$

El sistema de recolección de lodos está formado por tuberías perforadas ubicadas en el fondo las cuales drenan el lodo acumulado aprovechando la carga hidráulica que proporciona el tirante de agua en el sedimentador.

Los lodos son drenados constantemente, estando esta labor incluida dentro de las labores diarias de operación. Para esta labor basta con abrir las válvulas ubicadas a ambos lados del sedimentador.

b. Determinación de las Características Hidráulicas :

Determinaremos el período real de retención, las características del flujo, las líneas de turbiedad, así como la carga superficial real.

- Período Real de Retención:

Este se determinó por medio de la prueba de trazadores la que se llevó a cabo en forma conjunta con la unidad de floculación.

Los datos fueron procesados en la Aplicación N°2 y cuyos resultados se muestran en la Tabla N°3.15, en base a la cual se construyó el Gráfico N°10, en el cual se han representado las concentraciones de cloruros a la salida del decantador vs. tiempo. El tiempo de retención dado por esta curva nos indica el periodo de retención para el floculador y el sedimentador. Para hallar el tiempo de retención - del decantador unicamente, le descontaremos el tiempo de retención del floculador :

$$\begin{aligned} T_R &= 110 - 14 = 96 \text{ min.} \\ &= 1 \text{ hora y } 36 \text{ minutos.} \end{aligned}$$

- Caracterización del Flujo:

Utilizando la teoría de Wolf & Resnick, - con los datos procesados en la Tabla N°3.15, construimos el Gráfico N°11, del cual podemos obtener los siguientes resultados :

$$t_1 / t_0 = \theta = 0.59$$

$$t_2 / t_0 = 1.59$$

Al igual que cuando caracterizamos los flujos en las unidades de mezcla rápida y floculación utilizaremos en este caso el Programa N°2, cuyos resultados fueron los siguientes :

%FLUJO PISTON	:	42.4
%FLUJO MEZCLADO	:	57.6
%ZONAS MUERTAS	:	24.5

tal como aparecen en la página 118 .

31 Enero 1986 8:10 PM Página: 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 "TESIS DE GRADO"

POR: ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

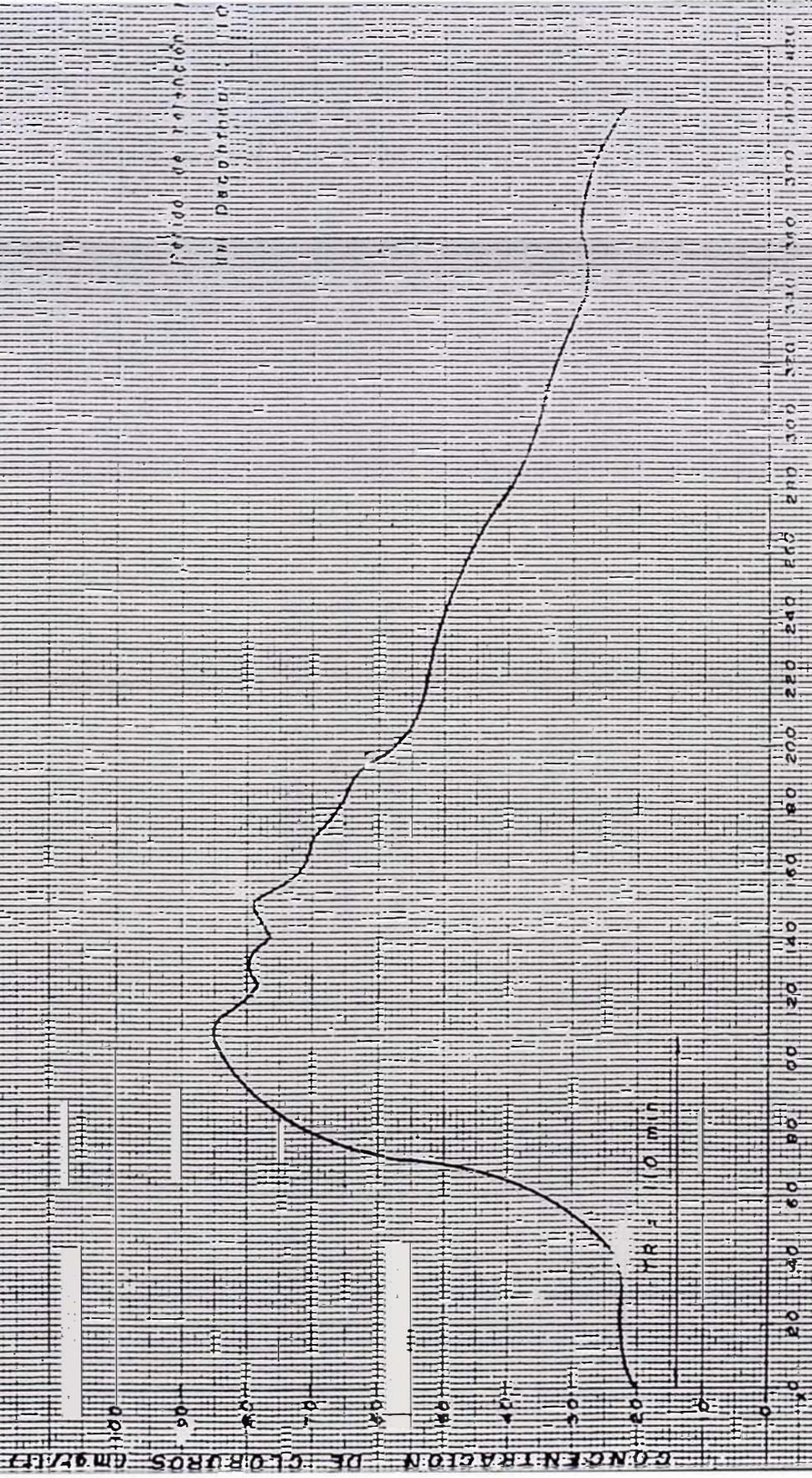
LABORATORIO: 3.15

PRUEBA DE ENSAYO DE TRAZADORES  
 \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

PLANTA: Ciudad de Chiclayo (min) TIEMP. INCL : 173,8  
 O. DE: Decantación + Floculación (mg/lt) CONCT. INCL : 22  
 VOLUMEN DE UNID.: 2543,3 M3.  
 CARGA: 286,6 lt/seg TIPO TRAZDR: Sal Común

ESTR. #	T (Seg)	T/To	C (Mg/lt)	C-Co	S(C-Co)	F(T)	1-F(T)
1	0	0,000	22	0	0	0,00	100,00
2	10	0,055	22	0	0	0,00	100,00
3	20	0,110	22	0	0	0,00	100,00
4	30	0,164	22	0	0	0,00	100,00
5	40	0,219	22	0	0	0,00	100,00
6	50	0,274	28	6	6	0,71	99,29
7	60	0,329	34	12	18	2,13	97,87
8	70	0,384	56	34	52	6,16	93,84
9	80	0,438	70	48	100	11,85	88,15
10	90	0,493	76	54	154	18,25	81,75
11	100	0,548	82	60	214	25,36	74,64
12	110	0,603	86	64	278	32,94	67,06
13	120	0,658	78	56	334	39,57	60,43
14	130	0,712	80	58	392	46,45	53,55
15	140	0,767	76	54	446	52,84	47,16
16	150	0,822	78	56	502	59,48	40,52
17	160	0,877	70	48	550	65,17	34,83
18	170	0,932	70	48	598	70,85	29,15
19	180	0,986	66	44	642	76,07	23,93
20	190	1,041	64	42	684	81,04	18,96
21	200	1,096	56	34	718	85,07	14,93
22	210	1,151	52	30	748	88,63	11,37
23	220	1,205	52	30	778	92,18	7,82
24	250	1,370	48	26	804	95,26	4,74
25	280	1,534	38	16	820	97,16	2,84
26	310	1,699	34	12	832	98,58	1,42
27	340	1,863	28	6	838	99,29	0,71
28	370	2,027	28	6	844	100,00	0,00
29	400	2,192	22	0	844	100,00	0,00

# PRUEBA DE TRAZADORES - DECANTADOR



ENSAYO DE TRAZADORES - DECANTADOR

(% de trazador retenido)

i - F (%)

$$\frac{f_1}{f_0} = 10.52$$

$$\frac{f_2}{f_1} = 1.52$$

FLUJO PISTON : 42.4 %  
 FLUJO MEZCLADO : 57.6 %  
 Zonas Muertas : 24.5 %

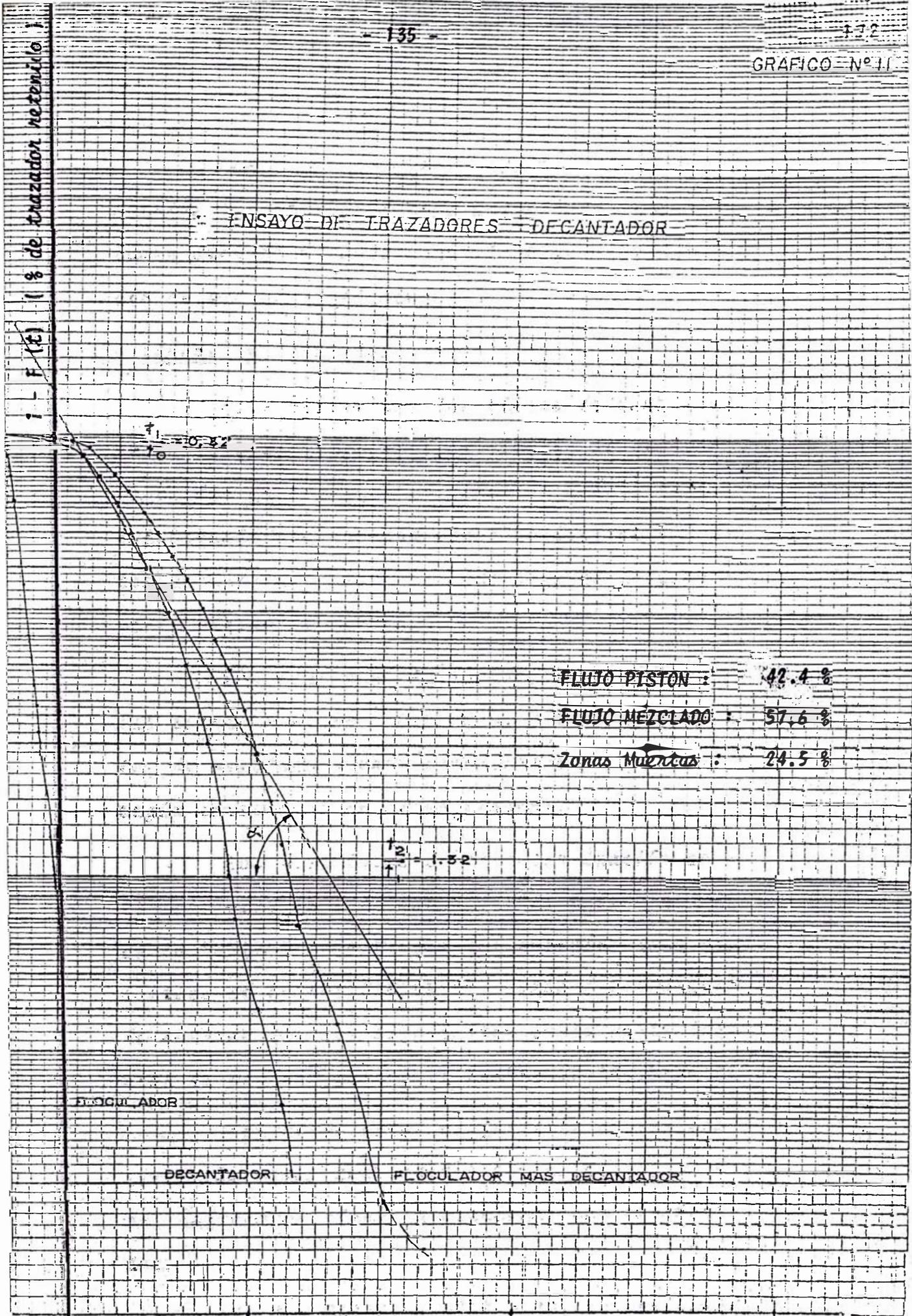
FLOCULADOR

DECANTADOR

FLOCULADOR MAS DECANTADOR

$t$   
 $t_0$

(Fracción de tiempo de muestreo con relación al tiempo teórico de retención)



Vemos que el alto porcentaje de zonas muertas (24.5%) nos indica una reducción del volumen útil de la unidad con la lógica consecuencia de una baja eficiencia.

- Líneas de Turbiedad:

Para determinar las líneas de turbiedad en la zona de sedimentación simple, se dividió la unidad en 5 planos imaginarios horizontales, estableciéndose en cada plano horizontal 9 puntos de muestreo según se indica en el esquema de la página siguiente.

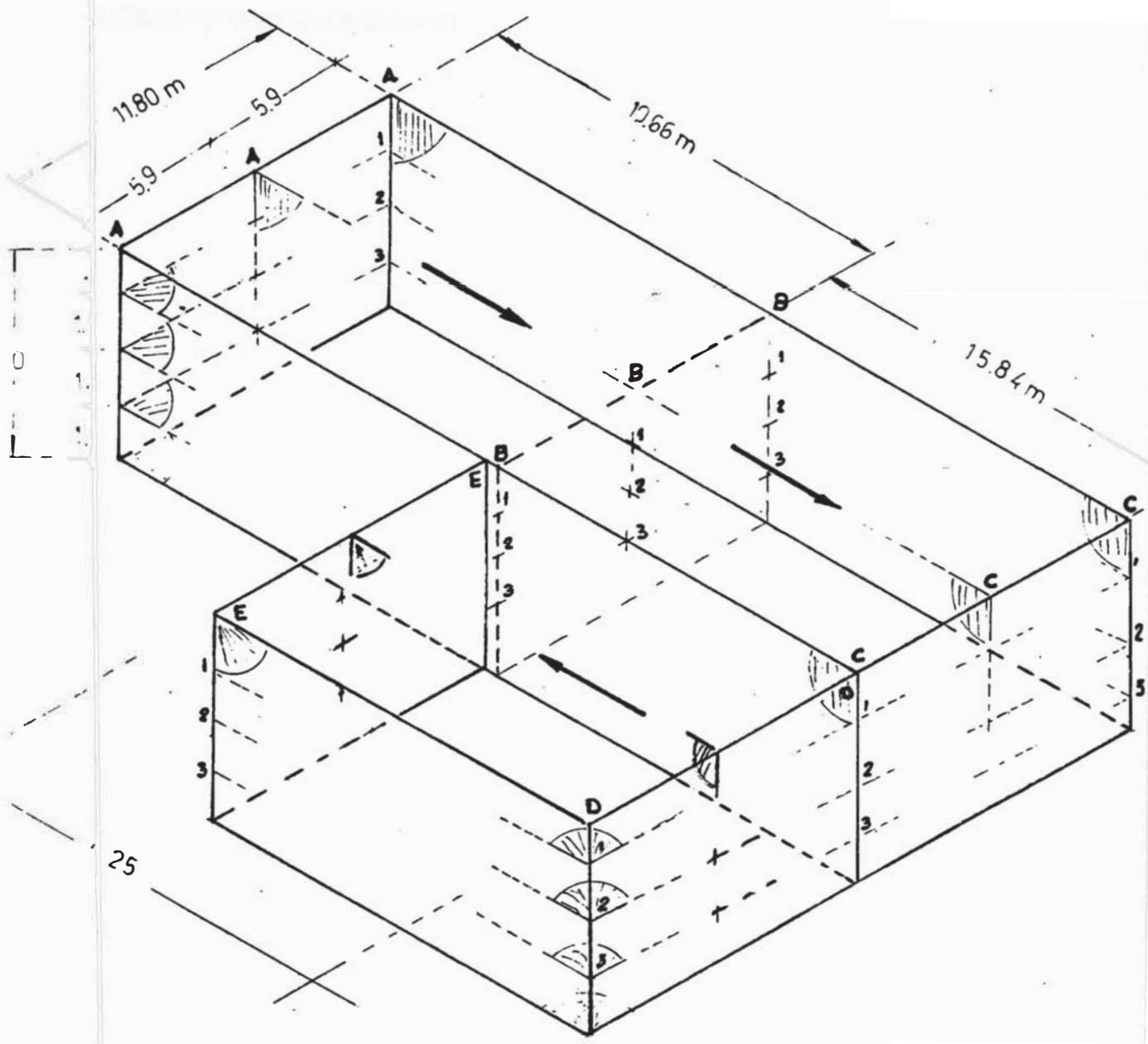
Las secciones fueron denominadas por las letras A-A, B-B, C-C, D-D, y E-E, y los puntos de muestreo fueron denominados por números según apreciamos en dicho esquema.

Los resultados de la determinación de la turbiedad en cada uno de estos puntos se dan en la Tabla N° 3.16 la que fué obtenida como resultado de la APLICACION N° 1, siendo los datos de entrada los que se muestran en la parte inferior de dicha tabla con el nombre de 'turbideces'.

Con estos datos es factible trazar las curvas de igual turbiedad ó líneas de flujo en los diferentes planos y secciones del sedimentador.

En los Gráficos N° 12 y 13, se representan las líneas de flujo para el 1er. y 2do. tra

ESQUEMA DE UBICACION DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL TRAZO DE LAS CURVAS DE TURBIEDAD.



Esc.H 25

Esc.V 125

A,B,C : orbes verticales

1,2,3 : orbes horizontales.

2 Diciembre 1985 6:49 PM Página: 1

RSIAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 JLTD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 "ESIS DE GRADO"

FOR: ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

N 3.16

\*\*\*\*\* LINEAS DE TURBIEDAD \*\*\*\*\*

A: Ciudad de Chiclayo >  
 D: Dantador  
 : 253.4 M3

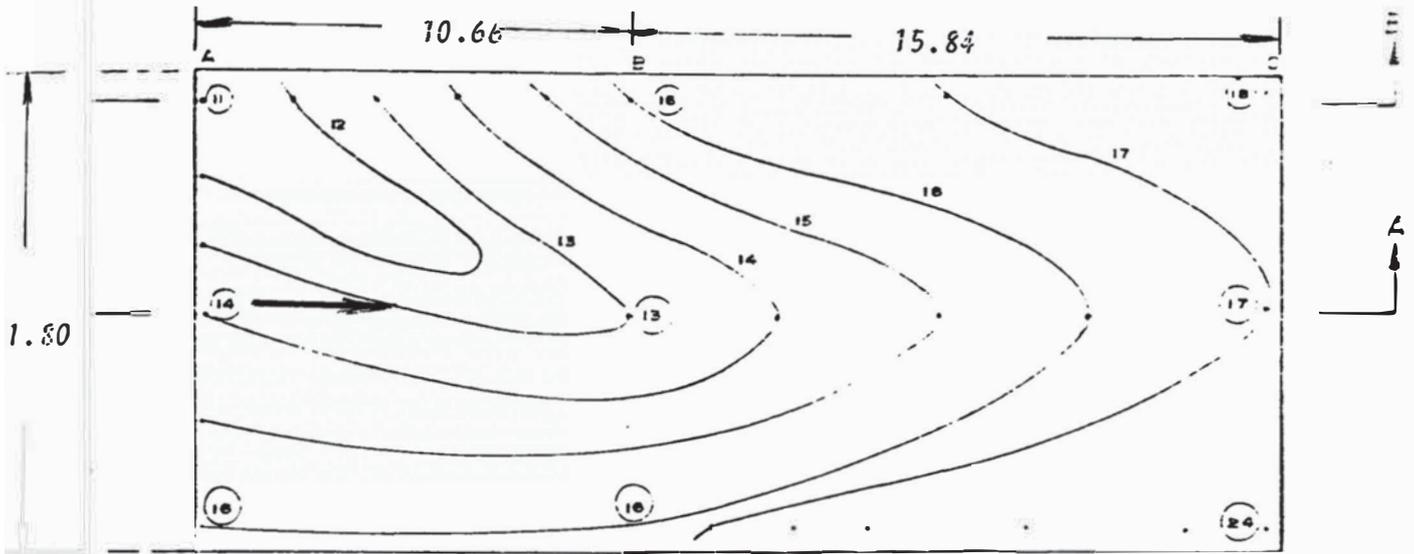
SECC: AB: 10,7  
 BC: 15,8  
 DE: 16,3

R	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	2,13	4,26	6,4	8,53	10,7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	7,92	15,8	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3,96	7,92	11,9	15,8	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	7,92	15,8	23,8	31,7	39,6	47,5	55,4	63,4
1	0	0	0	0	0	0	0	16,3	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,15	16,3	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	5,28	10,6	16,3	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,33	10,7
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,7
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,55	7,11	10,7	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,8	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,96
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,92
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,26	6,52	9,78	13,04
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,26	6,52	9,78	13,04
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,66	5,33
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,59	1,18
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,96
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,92
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2,04	4,08	6,11	8,15	10,2	12,24
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,04	4,08	6,11
3	0	0	0	0	0	0	0	0	4,08	8,15	12,2	16,3	20,4	24,5

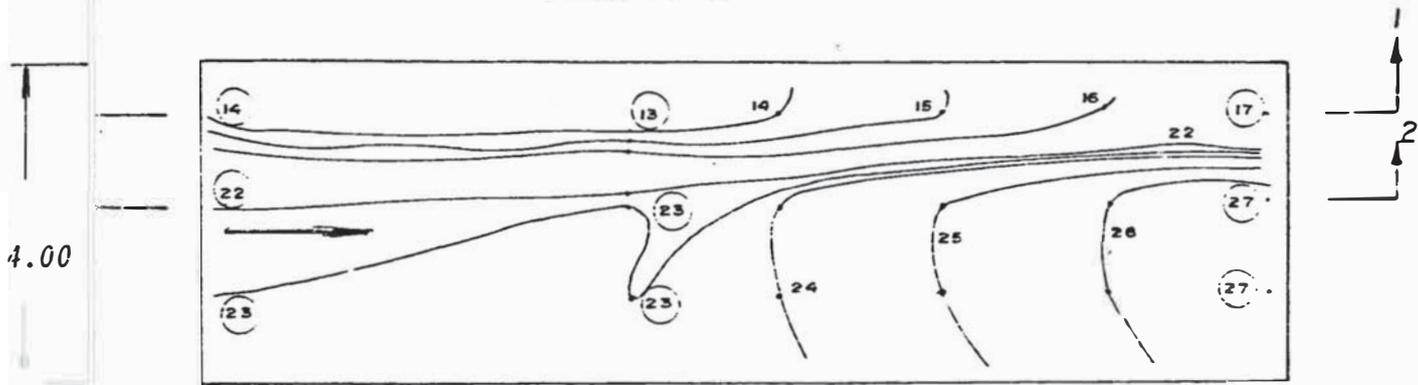
TABLA DE TURBIDECE

	A	B	C	D	E
1	14	16	16	13	16
4	22	20	22	23	23
6	23	23	22	23	23

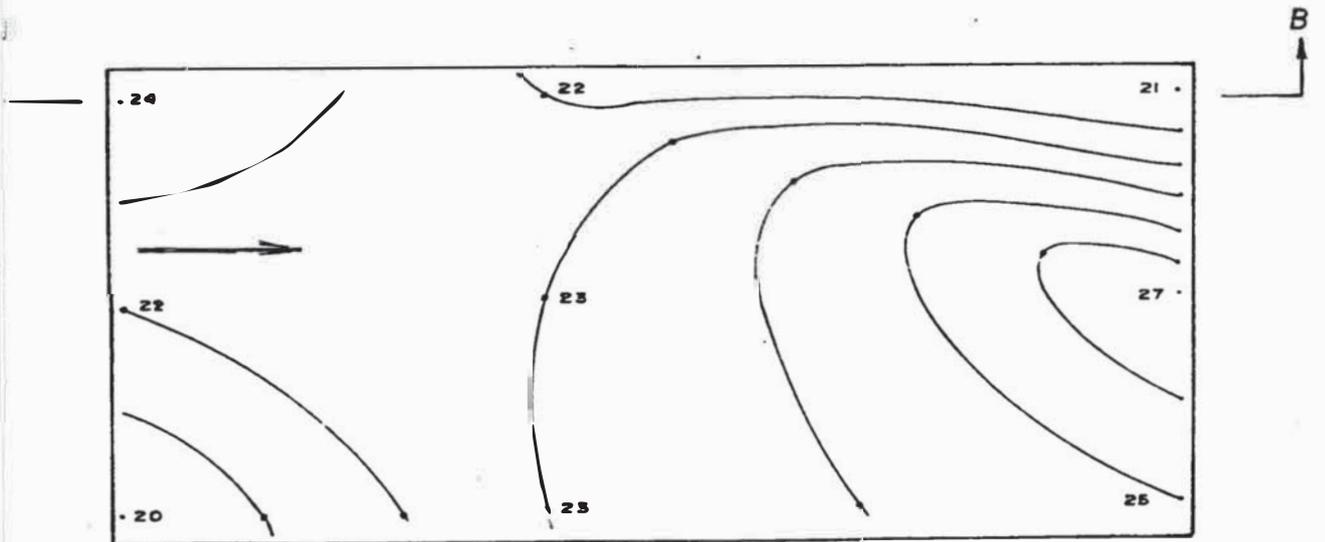
LINEAS DE TURBIEDAD  
PRIMER TRAMO DEL SEDIMENTADOR.



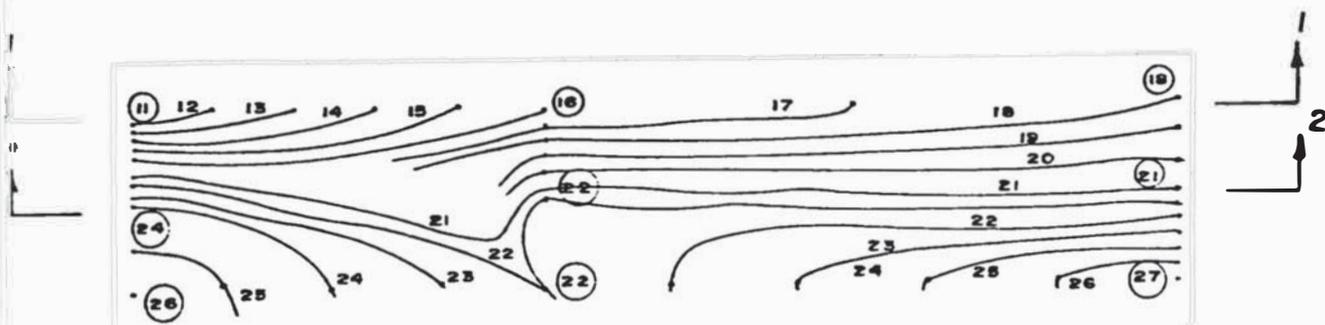
PLANTA 1-1



CORTE A-A

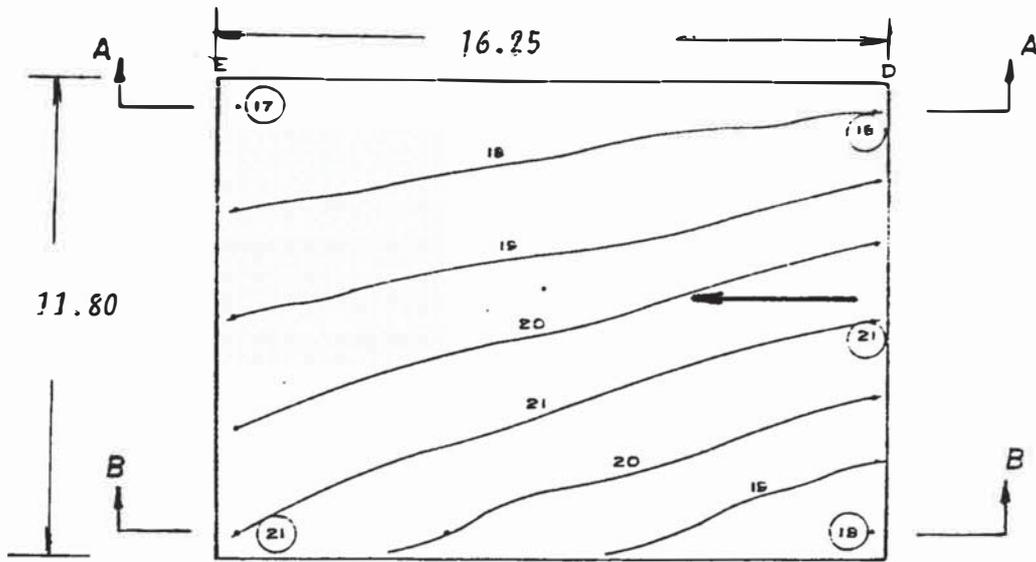


PLANTA 2-2

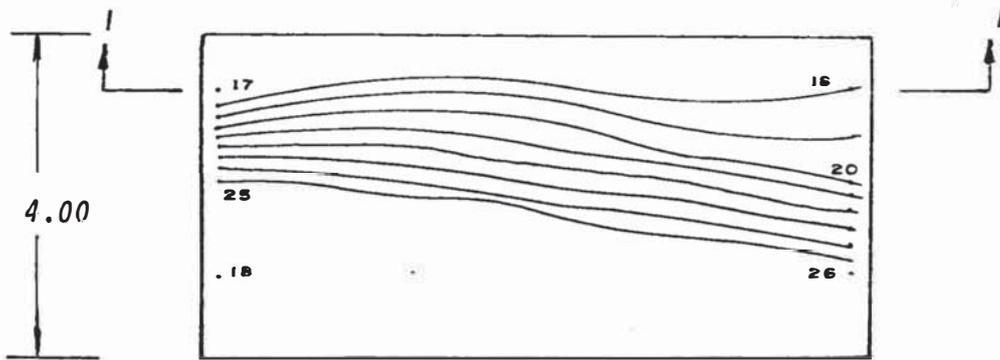


LÍNEAS DE TURBIEDAD

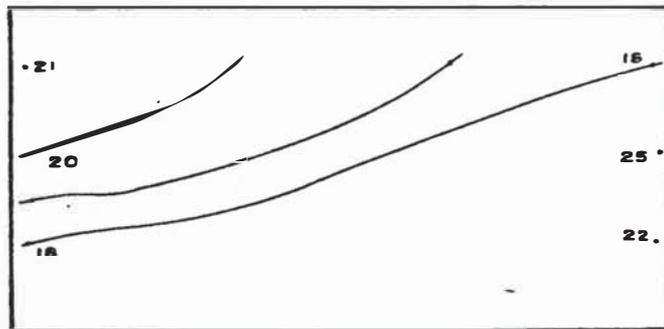
SEGUNDO TRAMO DEL SEDIMENTADOR



PLANTA 1-1



CORTE A-A



CORTE B-B

mo del decantador. Llamaremos 1er. tramo al comprendido entre el floculador y el punto en donde cambia la dirección del flujo (curva en 'U'), y el 2do. tramo desde este punto hasta el ingreso a los angotubos. Estos gráficos nos permiten apreciar el aumento de los valores de las líneas de turbiedad a la salida del 1er. tramo del decantador tanto en los perfiles verticales como vistas horizontales, demostrando una deficiente distribución del flujo produciendo un empeoramiento en la calidad del agua.

- Determinación de la Carga Superficial Real:

La carga superficial real viene dada por la fórmula siguiente :

$$q = \frac{H \times 1440}{T_0}$$

en la cual se tiene que ;

H = profundidad (mts)

T<sub>0</sub> = período teórico de retención (min)

q = carga superficial real (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d)

luego tendremos :

$$q = \frac{3.5 \times 1440}{148}$$

$$q = 34.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

expresando esta carga superficial real en su equivalente de velocidad de sedimentación tenemos:

$$v = 34.1 \text{ m/día} \times \frac{1}{864}$$

$$v = 0.0394 \text{ cm/seg.}$$

Comparando este resultado con el obtenido en los ensayos de simulación de laboratorio, vemos que esta velocidad de sedimentación es muy superior a la velocidad de sedimentación óptima encontrada (0.0125 cm/seg) por lo que diremos que el sedimentador está trabajando con una carga superficial muy superior a la óptima, es decir, está sobrecargado con la consiguiente baja eficiencia.

c. Determinación de la Eficiencia:

- En función del Agua Sedimentada:

Desde este punto de vista se vá a determinar la eficiencia en función de la calidad del agua sedimentada que se obtiene en la planta a lo largo de un período de tiempo de 9 meses de Enero a Setiembre de 1984.

Toda esta información mediante el Programa N°3, cuyo resultado se muestra en la Tabla N°3.17. En base a Ésta se elaboró la Tabla N°3.18 que nos dá los % de frecuencia de turbiedad.

Así mismo, los porcentajes de frecuencia acumulada vs. turbiedad del agua sedimentada han sido llevados al Gráfico N°14, del cual podemos - obtener las siguientes conclusiones :

\* El 16% del tiempo se obtiene agua con una turbiedad menor de 5 NTU.

\* El 28% del tiempo, la turbiedad del agua sedimentada está por debajo de 10 NTU.

TABLA N° 3.17

ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

ETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
ROCEDEN IA: SEDIMENTADA  
RE ORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

ES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
NERO/84	14	33	22.16667
EBRERO/84	16	45	23.45455
ARZO/84	20	42	30.29167
BRIL/84	15	42	20.85714
AYO/84	17	51	29.86364
UNIO/84	7	41	18.83333
ULIO/84	5.4	23	12.876
GOSTO/84	2.5	12	5.256
ETIEMBRE/84	3	10	5.643479

TABLA N° 3.18

' TURBIEDAD DEL AGUA SEDIMENTADA '

RANGO	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA F	FRECUENCIA ACUMULADA	% DE F
0 - 4.99	2.5	27	27	12.8
5 - 9.99	7.5	21	48	22.7
10 - 14.99	12.5	24	72	34.1
15 - 19.99	17.5	49	121	57.3
20 - 24.99	22.5	34	155	73.4
25 - 29.99	27.5	26	181	85.8
30 - 34.99	32.5	15	196	92.9
35 - 39.99	37.5	7	203	96.2
40 - 44.99	42.5	4	207	98.1
45 - 49.99	47.5	2	209	99.1
50 - 54.99	52.5	2	211	100.1

# TURBIEDAD DEL AGUA SEDIMENTADA

% de frecuencia Acumulada

21%  
16%

10 20 30 40 50

# TURBIEDAD DEL AGUA SEDIMENTADA

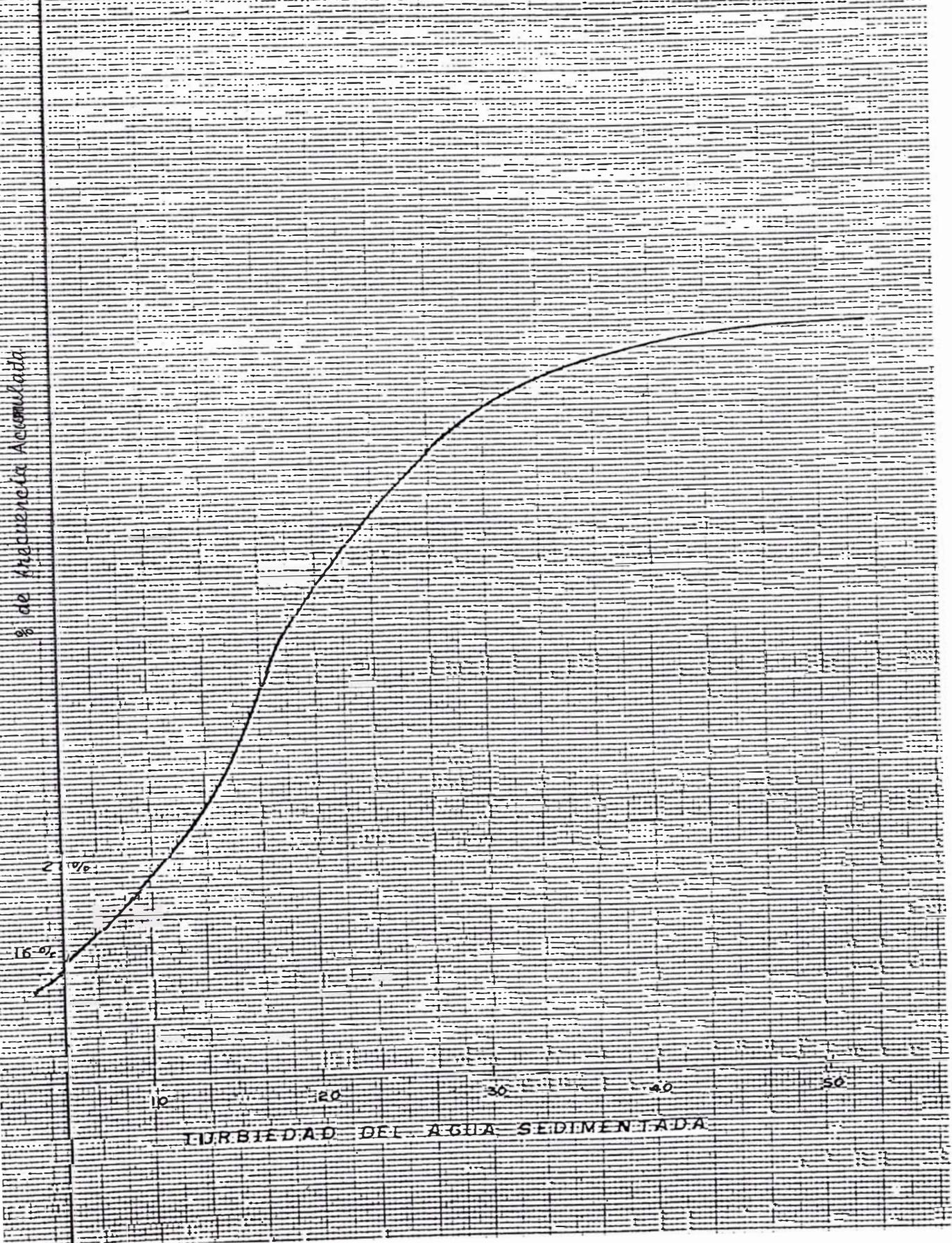


TABLA 3.19

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
SIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:

ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
DEBENIA: CRUDA  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

	MAXIMO	MEDIO
RD/84	67	39.5
RERO/84	87	59.54546
ZD/84	149	78.76923
IL/84	78	47.04546
/84	67	49.78261
IQ/84	230	50.1667
IQ/84	94	38.24
STO/8	68	13.832
TEMER/84	17	6.826087

$$Y = \log T_{A.C.}$$

$$X = T_{A.S.}$$

de esta manera la última ecuación de la recta tendrá la forma :

$$Y = A + BX$$

El resultado de dicha aplicación se muestra en la Tabla N° 3.20 y de donde deducimos:

$$a = 10^A = 10^{0.81} = 6.46$$

$$b = 10^B = 10^{0.04} = 1.1$$

por lo que la ecuación de la curva será :

$$Y = 6.46 (1.1)^X$$

siendo el grado de ajuste 'r' de la misma :

$$r = 94\%$$

Esta ecuación ha sido representada en el Gráfico N° 15. De éste observamos que la remoción de turbiedad del agua cruda podría mejorarse de manera que se logre una recta de mayor inclinación que nos indique bajas turbiedades del agua sedimentada con relación a altas turbiedades del agua cruda.

Un resultado más confiable se lograría al comparar esta recta con la que se obtendría en el laboratorio como resultado de una evaluación permanente.

8 Diciembre 1985 9:51 AM Página: 17

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 "TESIS DE GRADO"

POR: SARA FERNANDEZ  
 ROSA GALVEZ

BLANQUEO : 3.20

CORRELACION DE VARIABLES  
 \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

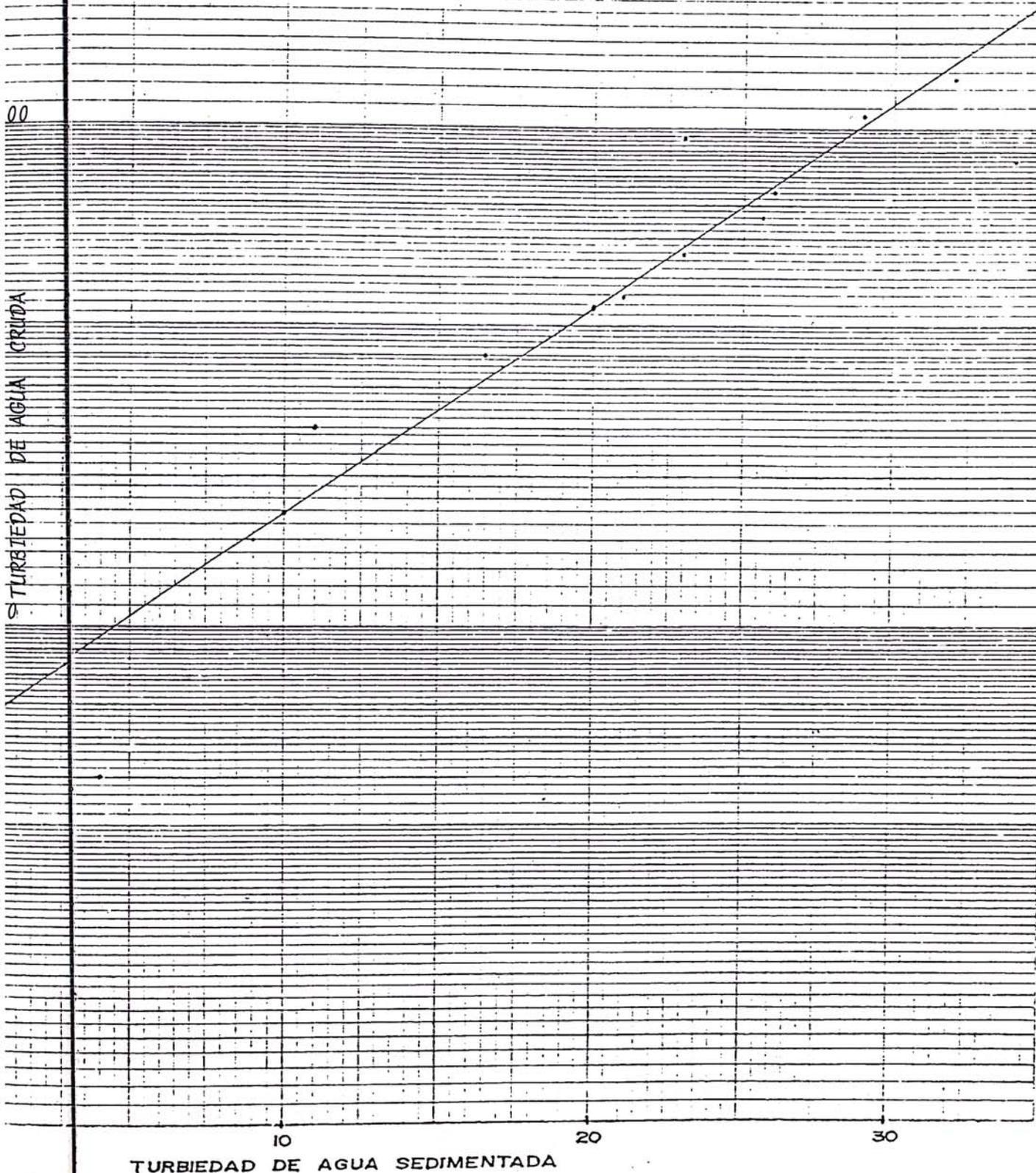
VARIABLES: 1.-Turbidez A.Cruda (T.C)  
 2.-Turbidez A.Sedimentada (T.S)  
 NÚMERO DE DATOS: 13

TS  
 ECUACION: TC=a.b  
 LG(TC)=LG(a)  
 TS.LG(b)  
 INCOGNITAS: A=LG(a)  
 B=LG(b)

T.C	LG(TC)	(LG(TC)) <sup>2</sup>	T.S	(T.S) <sup>2</sup>	T.S(LG(TC))	OBSERVACION
	0,699	0,489	4	16,00	2,80	
1	1,176	1,383	9	81,00	10,58	
2	1,398	1,954	11	121,00	15,38	
3	1,544	2,384	16,5	272,25	25,48	
4	1,653	2,733	21	441,00	34,72	
5	1,740	3,029	23	529,00	40,03	
6	1,813	3,287	25,6	655,36	46,41	
7	1,875	3,516	26	676,00	48,75	
8	1,929	3,723	34	1156,00	65,60	
9	1,978	3,911	23	529,00	45,49	
10	2,021	4,085	29	841,00	58,61	
12	2,097	4,397	32	1024,00	67,10	
14	2,161	4,672	35	1225,00	75,65	
MATOR	22,09	39,56	289,10	7566,61	536,59	

B = 0,040                      A = 0,810

RELACION DE AGUA CRUDA - AGUA SEDIMENTADA



- En función de la Carga Superficial:

Aquí se analizará la eficiencia de la remoción de turbiedad del decantador en función de la velocidad de sedimentación.

Para este ensayo se hará uso de los datos obtenidos en la determinación de las líneas de turbiedad.

En primer lugar hallaremos las áreas superficiales comprendidas entre los planos A-A y B-B, B-B y C-C, D-D y E-E tal como se aprecia en el esquema de la página 137. A dichos planos los llamaremos  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ,  $A_6$ , las áreas de estos planos se indican a continuación en la Tabla N° 3.21. En dicha tabla se dan a conocer así mismo los valores de la carga superficial, velocidad de sedimentación, turbiedad residual y eficiencia remosional de turbiedad.

Las velocidades de sedimentación hasta cada plano se calculan dividiendo el caudal entre el área superficial como veremos a continuación.

Las turbiedades residuales se obtienen de la interpolación de los valores de las líneas de turbiedad del decantador.

\* Velocidad Promedio hasta B-B :

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.2866 \text{ m}^3/\text{seg}}{125.8 \text{ m}} = 0.23 \text{ cm/s}$$

"Velocidad de Sedimentación y Remoción de Turbiedad"

PLANO N°	DISTANCIA (m $\dot{c}$ )	AREA ACUMULADA (m $\dot{c}$ )	CARGA SUPERFIC. m $\dot{c}$ /m $\dot{c}$ /d $\dot{a}$	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION cm/seg	TURBIEDAD RESIDUAL NTU.	$\frac{T}{T_0}$
1	5.33	62.9	388.80	0.45	17.87	0.89
2	10.66	125.79	198.72	0.23	18.38	0.92
3	18.58	219.24	112.32	0.13	19.44	0.97
4	26.50	312.7	77.80	0.09	21.25	1.06
5	34.63	408.63	60.48	0.07	21.90	1.10
6	42.75	504.45	51.84	0.06	21.04	1.05

EFICIENCIA DEL SEDIMENTADOR EN FUNCION  
DE LA CARGA SUPERFICIAL

TURBIEDAD RESIDUAL/TURBIEDAD INICIAL ( $T_r / T_0$ )

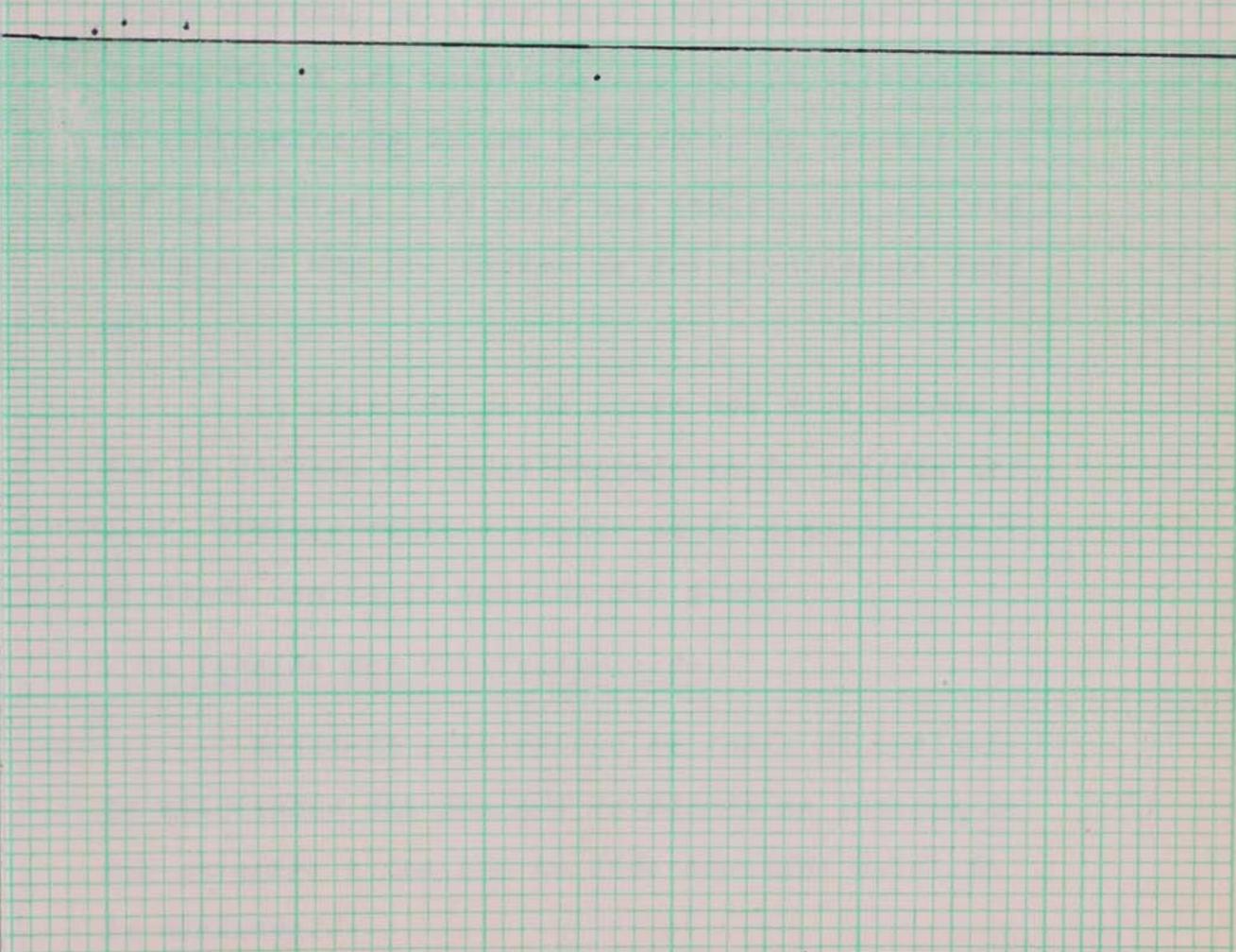
0.1

0.2

0.3

0.4

Velocidad de Sedimentación cm/seg



\* Velocidad Promedio hasta C-C:

$$v_4 = \frac{Q}{A_4} = \frac{0.2866 \text{ m}^3/\text{seg}}{312.70 \text{ m}^2} = 0.09 \text{ cm/s}$$

\* Velocidad Promedio hasta D-D:

$$v_6 = \frac{Q}{A_6} = \frac{0.2866 \text{ m}^3/\text{seg}}{504.45 \text{ m}^2} = 0.06 \text{ cm/s}$$

Los datos de la Tabla N° 3.21 se han llevado al Gráfico N° 16 en el cual se obtuvo una recta prácticamente horizontal donde a medida que se incrementa la velocidad de sedimentación se tiene un desmejoramiento de la eficiencia. Así mismo, observamos que las velocidades de sedimentación promedio halladas para las distintas secciones del sedimentador son mucho mayores que la velocidad de sedimentación óptima hallada en el laboratorio ( 0.0125 cm/seg ) lo cual nos indica que se está trabajando muy por encima de las condiciones óptimas

La posición de la recta nos dice además que se produce un empeoramiento en la calidad del agua, especialmente a partir de la zona C-C que es donde cambia el sentido del flujo.

- En Función del Pre-Tratamiento:

Mediante este ensayo se trata de evaluar la eficiencia del proceso en planta en función de los procesos a los que ha sido sometido antes de la decantación.

El procedimiento seguido consistió en tomar muestras a la salida del floculador y somerla a proceso de sedimentación en diferentes periodos de tiempo. Los resultados se muestran en la Tabla N°3.22, con estos datos se construyó el Gráfico N°9 en el cual la curva correspondiente a la planta se ubica muy por debajo de la del laboratorio lo que nos indica una eficiencia muy baja.

d. Estado y Problemas:

\* Estructuralmente no se presentan problemas aparentemente, pero sí se notó filtraciones en uno de los muros de la zona de salida de los angotubos.

\* La unidad presenta un alto porcentaje de flujo mezclado, lo cual indica presencia de - corto circuitos que originan que el periodo de retención sea muy inferior al teórico por lo que el tratamiento no es completo reduciendo la eficiencia.

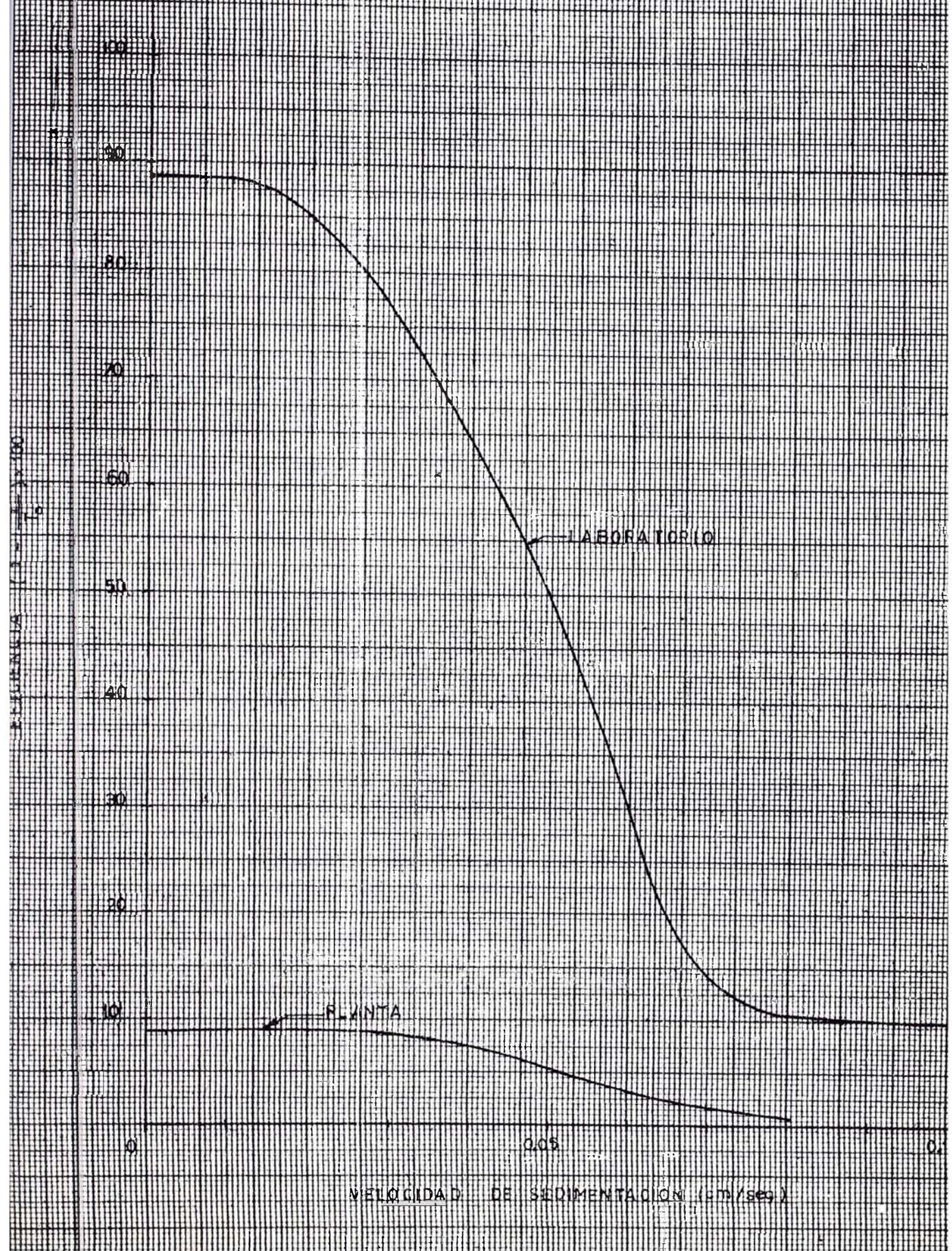
\* El análisis de las líneas de turbiedad, demuestra que esta unidad en lugar de mejorar la calidad del agua contribuye a empeorarla por lo menos en algunas zonas debido principalmente a la estructura de salida, para lo cual determinamos la carga por metro lineal de vertedero:

Tabla N° 3.22

RELACION ENTRE LA EFICIENCIA Y LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION

TIEMPO DE SEDIMENTACION (seg)	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION (cm/seg)	TURBIEDAD RESIDUAL PROMEDIO (NTU)	$T_f/T_0$	EFICIENCIA $1 - (T_f / T_0)$
30	0.20	23.0	1.04	-
60	0.10	22.2	1.01	-
90	0.07	21.5	0.98	2
120	0.05	21.0	0.95	5
180	0.03	20.0	0.91	9
240	0.025	21.0	0.95	5
300	0.02	20.0	0.91	9
480	0.013	20.0	0.91	9
600	0.01	20.0	0.91	9

# CURVA DE EFICIENCIA Vs VELOCIDAD DE SEDIMENTACION



$$\frac{286.6 \text{ lt/seg}}{11.80 \text{ m.l.}} = 24.28 \text{ lt/seg/m.l.}$$

estando muy por encima de los valores recomendados, lo que nos muestra una longitud de recolección muy corta.

\* Esta unidad está produciendo en la mayor parte del tiempo un agua con alta turbiedad que a dificultar el trabajo de los filtros.

\* En esta unidad también son notorios los efectos de la deficiencia del proceso de coagulación, lo cual contribuye a disminuir la eficiencia de estas unidades.

### 3.5.2.5 FILTROS:

#### a. Descripción:

La planta cuenta en cada uno de sus módulos con una batería de 4 filtros, cada uno con dos cajas de filtración. Cada caja tiene 2.40 x 6.50 mts de sección y 3 mts de profundidad.

En ambas cajas se ubican 3 canaletas para la recolección del agua de lavado, las cuales drenan a un canal común a ambas cajas.

El ingreso de agua es común para ambas cajas mediante un vertedero ubicado entre ambas.

El medio filtrante es doble (arena-antracita) con un espesor total de aproximadamente 70 cms. El sentido del flujo es descendente. La

manera como operan estos filtros es con velocidad y nivel constantes para lo cual se usa una válvula flotadora como control de nivel en la caja del filtro.

b. Características del Proceso de Filtración:

- Velocidad y Caudal de Filtración:

Esta determinación se realizó en los filtros 2 y 3 de la zona sur, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

• FILTRO N°2

El nivel descendió 20 cms. en 88 segundos.

$$Q = \frac{A \times h}{T}$$

siendo,

$$A = 15.59 \text{ m}^2$$

$$h = 0.20 \text{ mts}$$

$$T = 88 \text{ seg.}$$

obtenemos,

$$Q = 0.0354 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

y la velocidad de filtración 'v' será :

$$v = \frac{Q}{A} \times 86400 = \frac{0.0354 \text{ m}^3/\text{s}}{15.59 \text{ m}^2} \times 86400$$

$$v = 196. \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

• FILTRO N°3

El nivel descendió 30 cms. en 122.6 segundos

reemplazando en la fórmula obtenemos :

$$Q = 0.038 \text{ m}^3/\text{seg}$$

y la velocidad de filtración 'v' :

$$v = 210 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

Cabe aclarar que estos resultados se obtuvieron cuando el elemento regulador de caudal ( que es la válvula flotadora) no funcionaba, esta misma prueba se repitió haciendo funcionar el elemento regulador de caudal y se obtuvo los siguientes resultados:

$$Q = 0.019 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$V = 105 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

#### -Pérdida de carga y Número de Mintz:

Esta prueba se ha ejecutado también en dos filtros; en el Filtro N°2 se ha realizado la prueba tomando este con el funcionamiento del regulador de caudal; y el Filtro N°3 sin el funcionamiento del regulador.

##### \* FILTRO N°2:

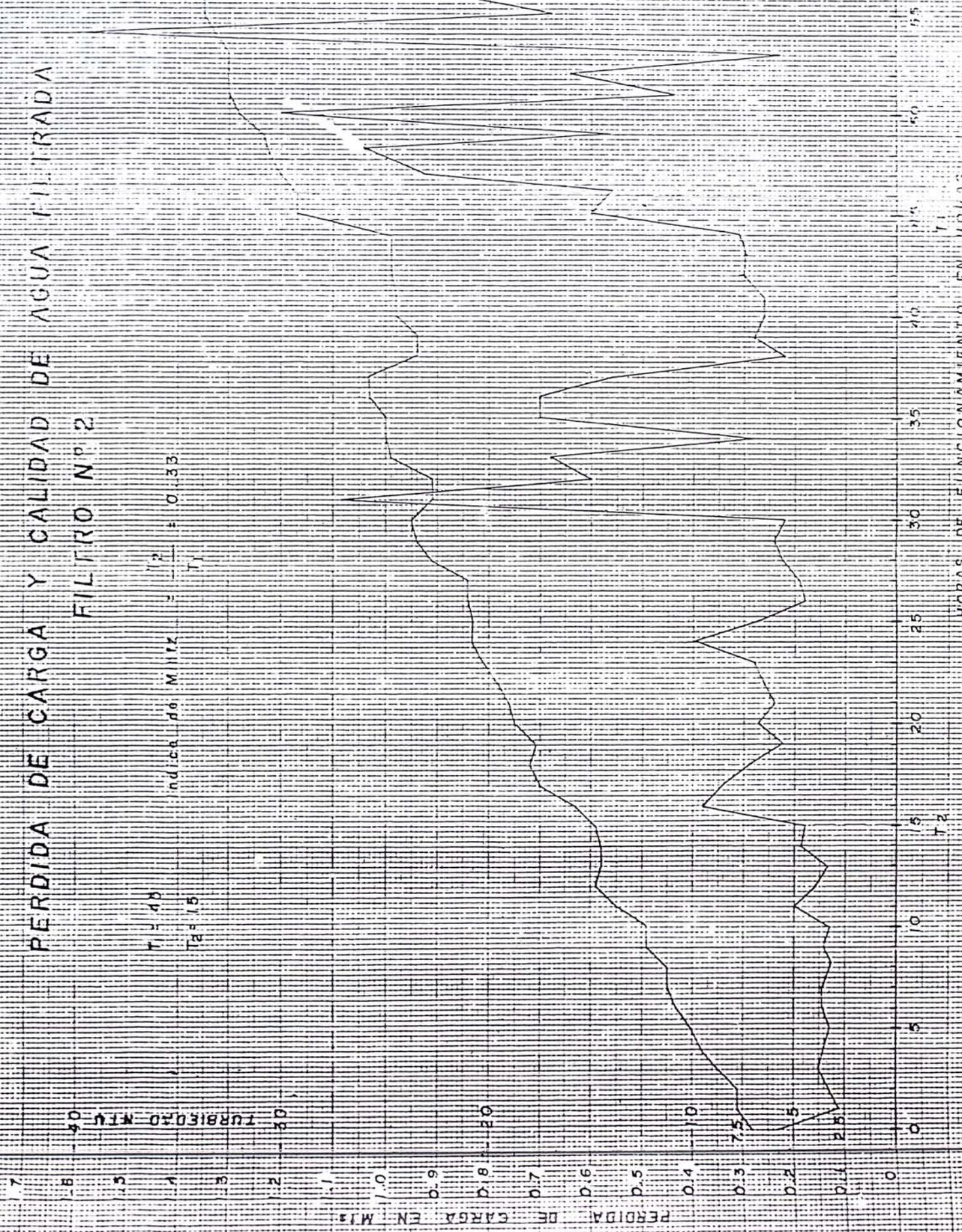
En este filtro se realizó la prueba durante 5 carreras , de estas se ha tomado para el análisis de los resultados, los obtenidos en la tercera carrera.

En el Gráfico N°17 se muestran las curvas obtenidas al plotear los datos de la prueba de campo.

Del análisis de la curva de la pérdida de

# PERDIDA DE CARGA Y CALIDAD DE AGUA FILTRADA FILTRO Nº 2

$T_1 = 48$   
 $T_2 = 15$   
 Índice de Miltz =  $\frac{T_1^2}{T_2} = 0.33$



HORAS DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS

Carga podemos observar que esta presenta un trazo discontinuo con aumentos bruscos de la pérdida de carga y si comparamos esta curva con la de turbiedad vemos que estos puntos coinciden con los aumentos bruscos de turbiedad. Estos resultados nos están indicando el mal estado del medio filtrante.

Del mencionado Gráfico también se puede obtener el Índice de Mintz:

De la curva de la pérdida de carga vemos que la máxima pérdida de carga se obtuvo a las 45 horas, es decir:

$$T1 = 45 \text{ Horas.}$$

De la curva de turbiedad vemos que a partir de las 15 horas el filtro empezó a producir agua de mala calidad; por encima de 5 N.T.U. , luego:

$$T2 = 15 \text{ Horas.}$$

Por lo tanto tenemos para el Índice de Mintz;

$$\text{Índice de Mintz} = \frac{T2 (\text{Mín. Turb. acept})}{T1 (\text{Máx. Pérd. Carga})}$$

$$\text{Índice de Mintz} = \frac{15}{45} = 0.33$$

45

El valor del Índice nos indica que la coagulación que se lleva a cabo es muy pobre.

De otro lado de acuerdo a los resultados en las cinco carreras analizadas observamos que el filtro operó con turbiedades menores de 5 N.T.U. , solo hasta completar 15 horas de trabajo como máximo, en otras carreras este tiempo disminuyó hasta 8, 10 y 12 horas, esto nos indica que al lavar los filtros cada 48 horas hay un buen periodo de tiempo en que se esta produciendo agua de mala calidad, lo cual se ha visto confirmado al analizar la eficiencia de ambas unidades.

• FILTRO N° 3:

En este filtro se anuló el trabajo de la válvula controladora de nivel y se hizo las lecturas de la pérdida de carga y calidad del agua filtrada, a intervalos de 1 hora, los resultados así obtenidos se han llevado al gráfico N° 18.

Del mencionado Gráfico podemos deducir el Índice de Mintz.. para este filtro:

$$T1 + 8 \text{ Horas}$$

$$T2 = 12 \text{ Horas.}$$

$$\text{Índice de Mintz} = \frac{12}{8} = 1.5$$

Adicionalmente en el Gráfico N° 18 se ha trazado los resultados del filtro N° 2 que trabajo con elemento regulador; ambos filtros operaron en forma paralela y en las mismas condiciones de turbiedad inicial y de dosificación.

**GRAFICO N° 18 PERDIDA DE CARGA Y CANTIDAD DE AGUA FILTRADA  
 FILTROS N° 2 y N° 3**



FILTRO N° 2  
 FILTRO N° 3

PERDIDA DE CARGA  
 TURBIEDAD

De la comparación de ambos resultados vemos que el Filtro N°3 produce un agua de mejor calidad aunque la pérdida de carga aumenta en forma mucho mas rápida lo que probablemente se deba a una arena mas fina en dicho filtro.

- Calidad del filtrado inicial:

Cuando se concluyó el lavado del Filtro N°2, se inició el muestreo de agua filtrada a intervalos de tiempo de un minuto, obteniéndose los resultados que se indican en la Tabla de la página siguiente.

De dicha tabla se trazó el Gráfico N°19 y de su analisis podemos deducir que por lo menos durante los primeros 5 minutos de filtración se está produciendo agua de mala calidad, debiendo durante es te tiempo desecharse esta producción.

- Eficiencia del proceso:

• Por el porcentaje de tiempo que el efluente permanece dentro de los límites aceptables: Para medir la eficiencia de los filtros desde este aspecto ,se ha recurrido a los datos históricos de Enero a Setiembre de 1,984 los que se han procesado en el PROGRAMA N°3 .El resultado de este procesamiento se muestra en la tabla N°3.23.

## "CALIDAD DEL FILTRADO INICIAL"

TIEMPO EN MINUTOS	TURBIEDAD DEL AGUA FILTRADA
1	5.1
2	5.2
3	5.4
4	4.5
5	7.5
6	4.2
7	4.3
8	4.5
9	4.2
10	4.1
11	4.0
12	4.1
13	3.9
14	3.8
15	3.7

# GALIDAD DEL FILTRADO INICIAL FILTRO Nº 2

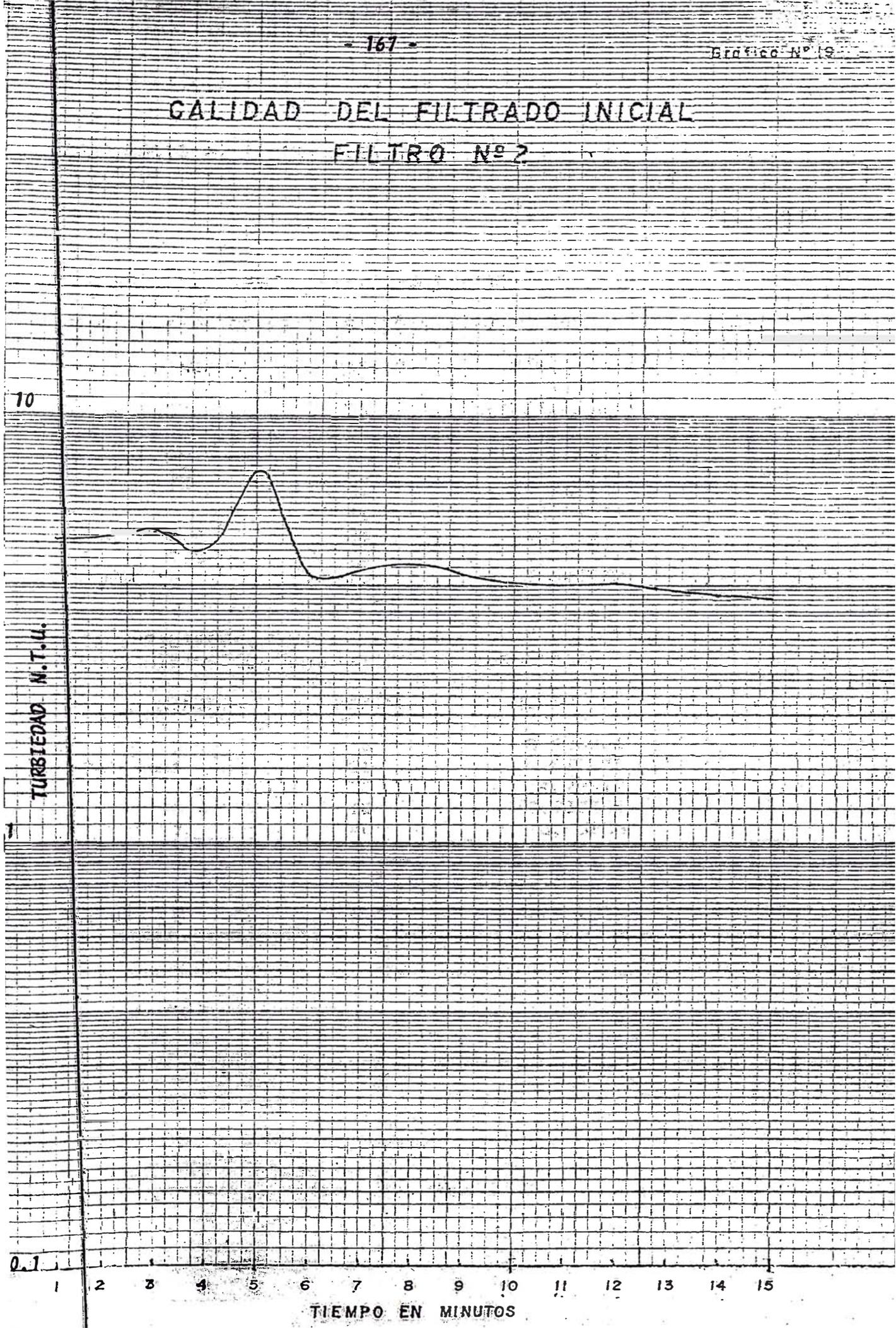
10

TURBIEDAD N.T.U.

0.1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

TIEMPO EN MINUTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
 ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	14	33	22.16667
FEBRERO/84	16	45	23.45455
MARZO/84	20	42	30.29167
ABRIL/84	15	42	20.85714
MAYO/84	17	51	29.86364
JUNIO/84	7	41	18.83333
JULIO/84	5.4	23	12.876
AGOSTO/84	2.5	12	5.256
SEPTIEMBRE/84	3	10	5.643479

PROCEDENCIA: FILTROS  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	5	16	8.900001
FEBRERO/84	1	21	9.477273
MARZO/84	7.6	30	14.72917
ABRIL/84	5.4	18	7.933333
MAYO/84	7	40	16.63636
JUNIO/84	2.6	205	15.76667
JULIO/84	1.4	3.9	2.48
AGOSTO/84	1.2	4.1	2.168
SEPTIEMBRE/84	2	6.5	3.447826

En base a ellos, se elaboró la tabla N°3.24 de Frecuencia de Turbiedad del Agua Filtrada.

Así mismo en el Gráfico N°20 podemos ver la curva de frecuencia correspondiente de la cual se deduce que solo el 5% del tiempo la Planta proporciona un agua con 1 unidad de turbiedad y que el 48% del tiempo la turbiedad final está por debajo de 5 N.T.U. resultados que indican un funcionamiento bastante deficiente.

\* Por la capacidad de reducir la turbiedad presente en el agua sedimentada:

La determinación de la Eficiencia desde este aspecto se ha realizado en base a los resultados históricos con que se cuenta; la tabulación de los mismos se presenta en la Tabla N°3.23 como ya se vio.

La curva que correlaciona estos datos es de la forma:

$$Y = A + BX$$

donde:

Y = Turbiedad promedio del agua Sedimentada.

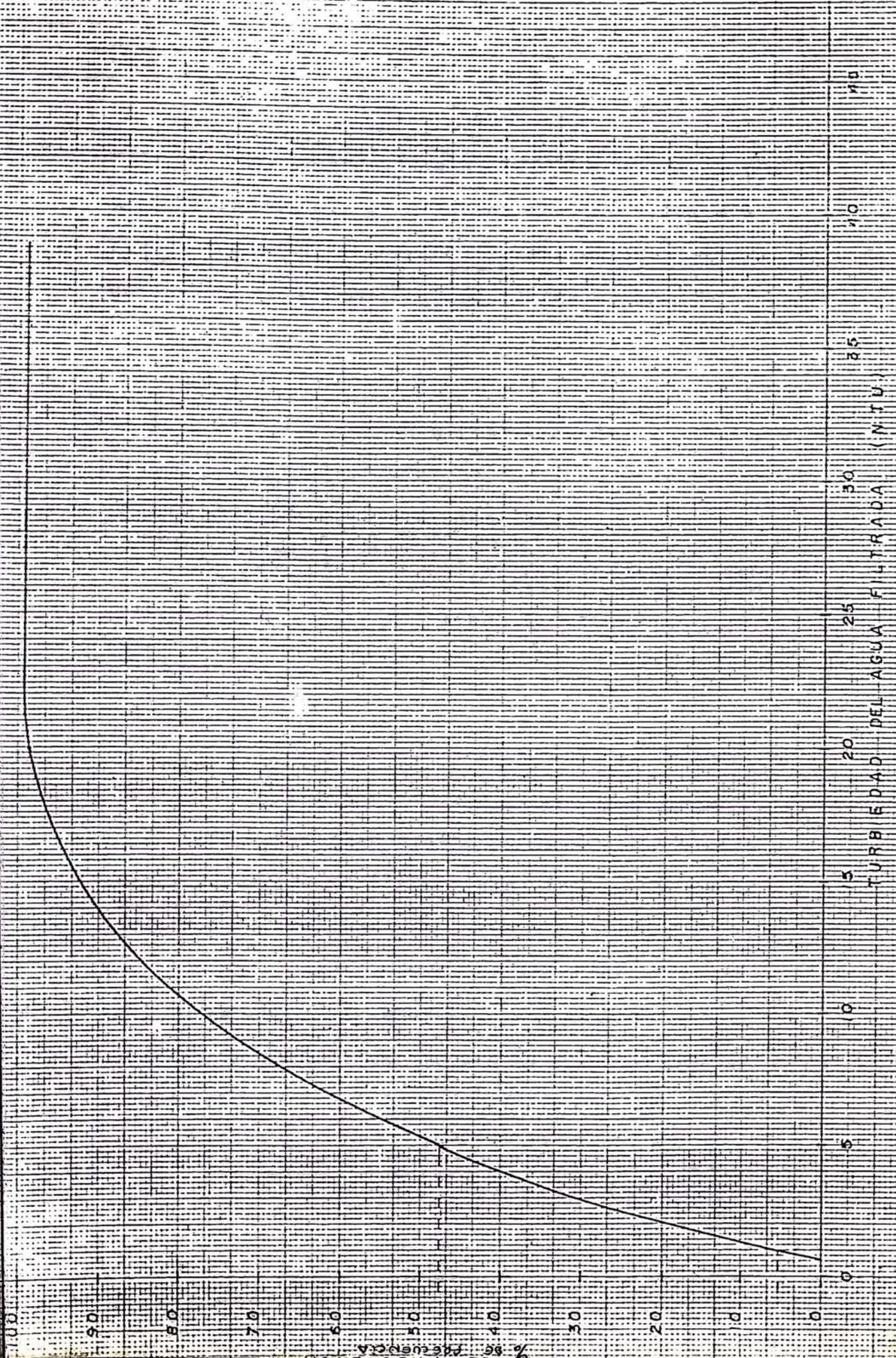
X = Turbiedad promedio del agua Filtrada

PERFORMANCE DE UNO DE LOS EJEMPLOS DE AGUAS DURA

Tabla No 3.04

CLASIFICACION	PUNTO P.D.I.	FACTOR DE CORRECCION	% DE PRECIPITACION QUE QUEDA	% DE PRECIPITACION
0 - 0.99	0.5	1	0	0
1 - 1.99	1.5	15	15	15
2 - 2.99	2.5	34	34	35
3 - 3.99	3.5	52	76	36
4 - 4.99	4.5	12	8	42
5 - 5.99	5.5	17	105	50
6 - 6.99	6.5	15	170	57
7 - 7.99	7.5	11	131	62
8 - 8.99	8.5	5	136	65
9 - 9.99	9.5	5	141	67
10 - 14.99	12.5	39	180	82
15 - 19.99	17.5	23	203	97
20 - 24.99	22.5	5	200	98
25 - 29.99	27.5	-	206	98
30 - 34.99	32.5	1	217	98.6
35 - 39.99	37.5	1	208	99.0
40 - 44.99	42.5	2	210	100.0

CURVA DE FRECUENCIAS DE CALIDAD DE AGUA FILTRADA



$A, B = \text{Constantes a determinarse.}$

La ecuación de dicha recta la ajustamos por mínimos cuadrados, por medio de la APLICACION N°3 y cuyo resultado se muestra en la Tabla N°3.25, habiéndose encontrado las siguientes constantes:

$$A = 6.398$$

$$B = 1.372$$

la ecuación de la recta ajustada será:

$$Y = 6.398 + 1.372X$$

siendo el grado de ajuste  $r' = 94\%$

De esta última ecuación, encontramos los nuevos puntos de la recta siendo estos:

X	5	10
Y	13.6	20.12

Comparando estos resultados con los de las curvas dadas por el CEPIS, según se muestra en el gráfico N°21, vemos que la nueva recta de mejor ajuste obtenida para la planta se ubica muy por debajo de la que correspondería a una planta de tratamiento en condiciones regulares de funcionamiento, confirmando así la baja eficiencia de los filtros.

10 Diciembre 1985 8:58 AM Página: 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
 "TESIS DE GRADO"

FOR: SARA FERNANDEZ  
 ROSA GALVEZ

TABLA N : 3.25 CORRELACION DE VARIABLES  
 \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

VARIABLES: 1.-Turbidez A.Sedimentada (T.S)  
 2.-Turbidez A.Filtrada (T.F)

ECUACION: TS=A+B.TF

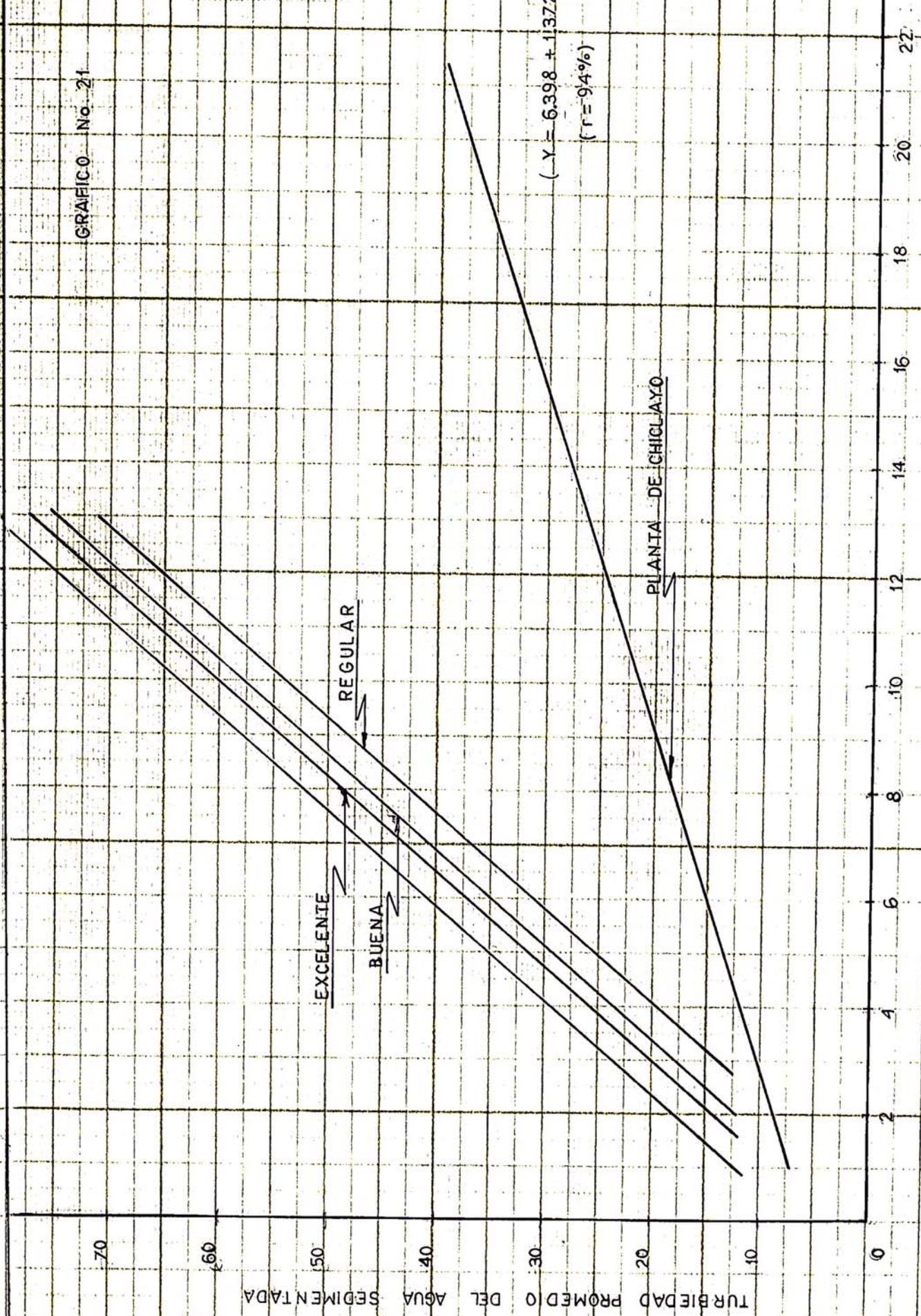
NUMERO DE DATOS: 9

INCOGNITS: A  
 B

MES	T.S	(T.S) <sup>2</sup>	T.F	(T.F) <sup>2</sup>	(T.S*T.F)	OBSERVAC
ENERO	22,2	492,84	8,9	79,21	197,58	
FEBRERO	23,5	552,25	9,5	90,25	223,25	
MARZO	30,3	918,09	14,7	216,09	445,41	
ABRIL	20,9	436,81	7,9	62,41	165,11	
MAYO	29,9	894,01	16,6	275,56	496,34	
JUNIO	18,8	353,44	15,8	249,64	297,04	
JULIO	12,9	166,41	2,5	6,25	32,25	
AGOSTO	5,3	28,09	2,2	4,84	11,66	
SEPTIEMB	5,6	31,36	3,4	11,56	19,04	
SUMATOR.	169,4	3873,30	81,50	995,81	1887,68	
B =	1,372		A =	6,398		

AGUA SEDIMENTADA VS. AGUA FILTRADA

GRAFICO No. 21



TURBIDAD PROMEDIO DEL AGUA FILTRADA

c. Características del lecho filtrante:

-Granulometría del lecho filtrante:

Para esta prueba se procedió a tomar una muestra del medio filtrante del FILTRO N°2; dicha muestra fue sometida al análisis granulométrico correspondiente cuyos resultados se presentan en la Tabla N°3.26 y a partir de ésta se graficó la curva granulométrica de la muestra (Gráfico N°2).

Apartir de la curva hallamos el tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad del siguiente modo:

Tamaño efectivo = Abertura que deja pasar el  
10% en peso de la muestra  
= 0.49

Coefficiente de Uniformidad = Abertura que deja pasar el  
60% en peso de la muestra  
Tamaño efectivo.

$$= \frac{0.92}{0.49} = 1.88$$

De este resultado observamos que el medio filtrante es de material muy fino para este tipo de filtración y que tiene un alto coeficiente de uniformidad

Cabe aclarar que la muestra tomada era una mezcla de arena antracita, es decir que en estos filtros se ha producido una intermezcla total de ambos medios, ocasionados posiblemente por su mala selección.

## "ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MEDIO FUMIGANTE"

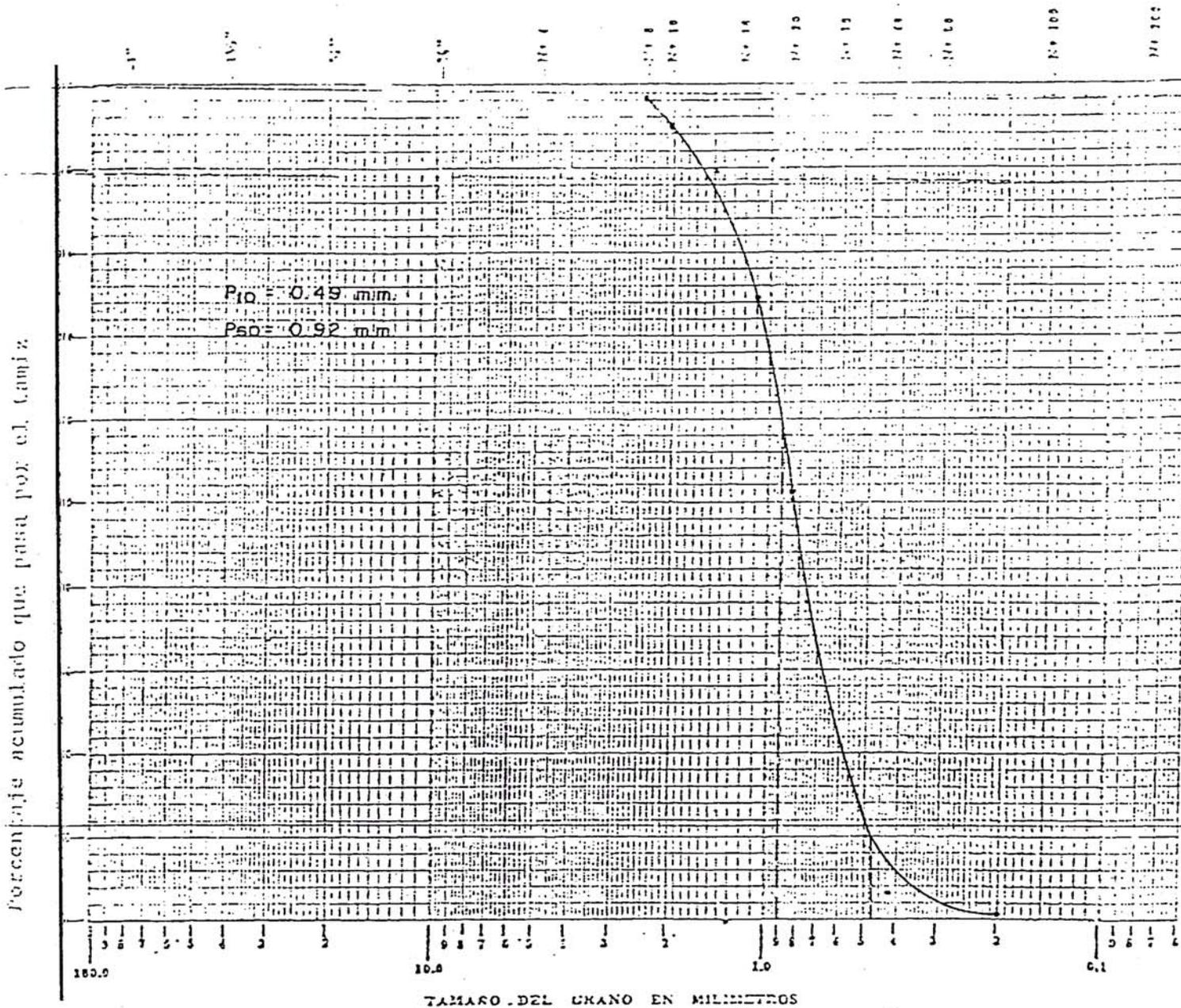
TABLA Nº 3.26

MALLA Nº	PESO RETENIDO (GR)	PESO QUE PASA ACUMULADO ( GR )	ACUMULADO QUE PASA
8	2.02	145.34	98.6
10	4.28	141.03	95.7
16	31.64	109.39	71.2
20	34.99	74.39	50.5
40	60.40	4.99	3.4
60	4.78	0.21	0.0014
80	0.04	0.17	0.0011

Peso total de la muestra: 147.35 gr.

# ANALISIS GRANULOMETRICO DEL MEDIO FILTRANTE

TAMICES NORMALES U. S.



Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina
GRAVA			ARENA		

d. Lavado del filtro:

- Caudal y velocidad de lavado:

Para este tipo de prueba se tom6 los tiempos a diferentes alturas de agua alcanzadas durante el proceso de lavado; obteni6ndose los siguientes resultados:

H (cm)	T (seg)
10	11
10	12
10	11

\*Area del filtro = 15.59 M2.

De los datos anteriores calculamos:

$$Q = \frac{\text{Area} \times \text{Altura}}{\text{Tiempo}} = \frac{15.59 \times 10}{11}$$
$$= 0.14 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

y la velocidad de lavado ser6 por lo tanto:

$$V = \frac{Q \times 60}{A} = 54 \text{ cm/seg.}$$

Este valor es muy cercano al m6nimo recomendado el cual es de 60 cm/seg.

- Expansi6n del lecho:

La expansi6n medida durante el proceso de lavado del filtro N°2 fue de:

$$H = 10 \text{ cm}$$

Por otro lado ,la profundidad promedio del medio filtrante determinada después del proceso de lavado fue de 68 cm.

Con lo cual podemos entonces deducir el % de expansión del lecho durante el lavado:

$$\% E = \frac{10 \text{ cmm}}{68 \text{ cm}} = 14.7\%$$

Este resultado se encuentra muy cercano al límite inferior recomendado para este tipo de lecho, resultando así que el lecho no se lava bien.

De haberse podido realizar el ensayo de Bolas de Lodo ,podría darse un diagnóstico mas consistente del estado del lecho filtrante.y su relación con la velocidad y expansión de lavado.

- Duración del proceso de lavado:

Los resultados obtenidos de esta prueba de lavado de filtro se presenta en la página siguiente, los cuales se muestran en el Gráfico N°23 donde se puede observar que el proceso de lavado debe prolongarse por lo menos hasta 15 minutos, tiempo que no se cumple en el proceso de operación de rutina.

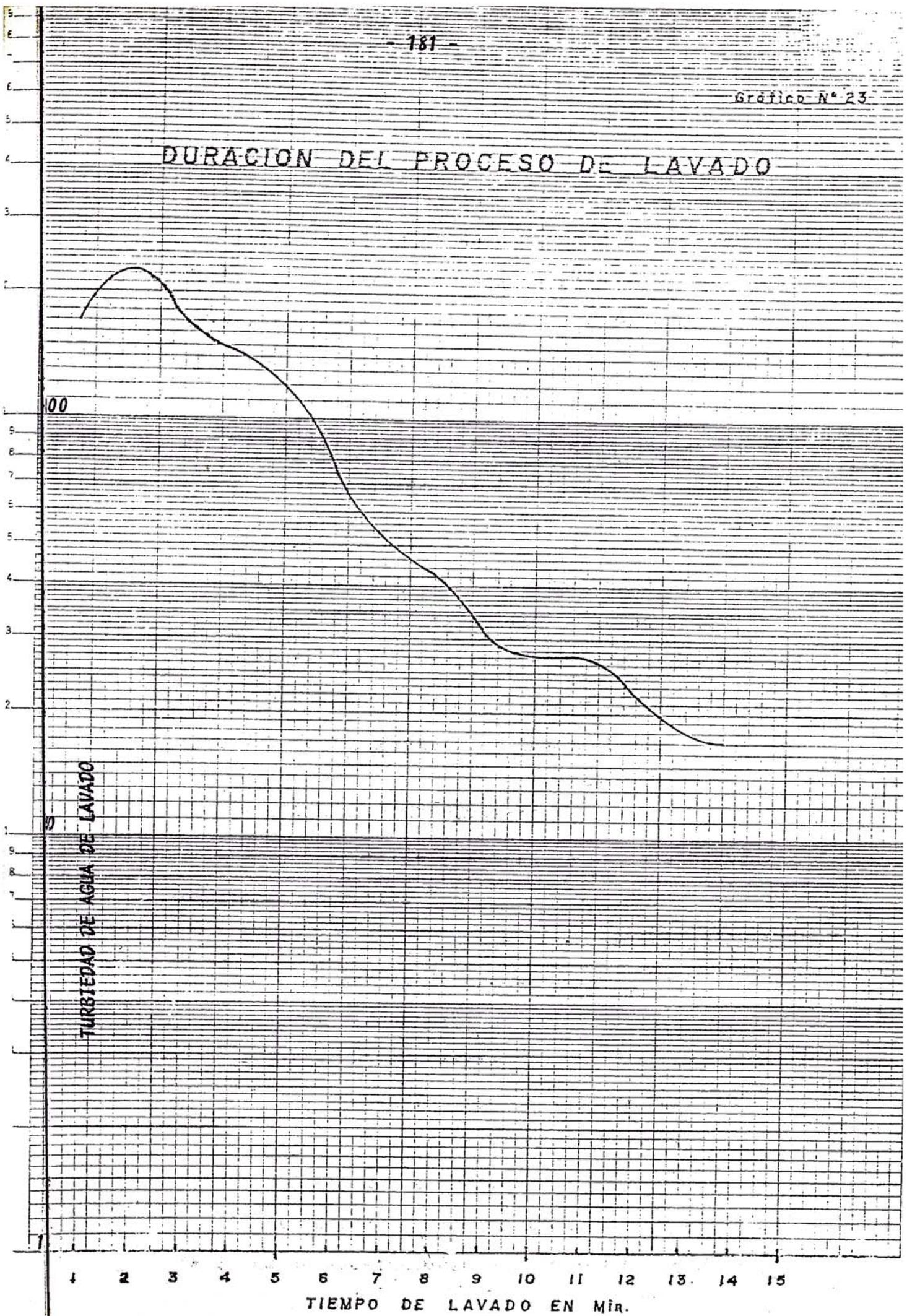
- Lecho de Grava:

Esta prueba se realizó en el Filtro N°2 en cada una de las cajas, las mediciones se hicieron en 15 puntos, obteniéndose los resultados que se muestran en la página siguiente:

" DIBUJOS DEL PROCESO DE LAVADO "

MUESTRA Nº	Nº DE LUGO min	TURBIDEZ N.T.U
1	1	173
2	2	225
3	3	173
4	4	159
5	5	129
6	6	75
7	7	51
8	8	43
9	9	39
10	10	21
11	11	37
12	12	21
13	13	19
14	14	15

# DURACION DEL PROCESO DE LAVADO



Del análisis de los resultados mostrados en dicha tabla vemos que para la caja de la derecha, la diferencia entre el máximo y el mínimo es de: 20.5 cm. , mientras que para la caja de la izquierda esta diferencia es de 17 cm. Esto nos indica que existe un excesivo desnivel en el lecho de Grava, sobrepasando grandemente los parámetros recomendados que establecen un desnivel máximo de 5 cms.

En el gráfico N°24 se ha dibujado las curvas que indican la topografía del lecho de grava.

En la tabla que damos a continuación las profundidades han sido tomadas con relación al nivel superior de la canaleta de lavado. ( pág. 183 ).

e. Estado y problemas:

\* En el aspecto estructural no se presentan problemas aparentes.

\* La baja eficiencia de los filtros podemos decir que se debe principalmente a :

' Mal estado del medio filtrante.

' Lavado deficiente.

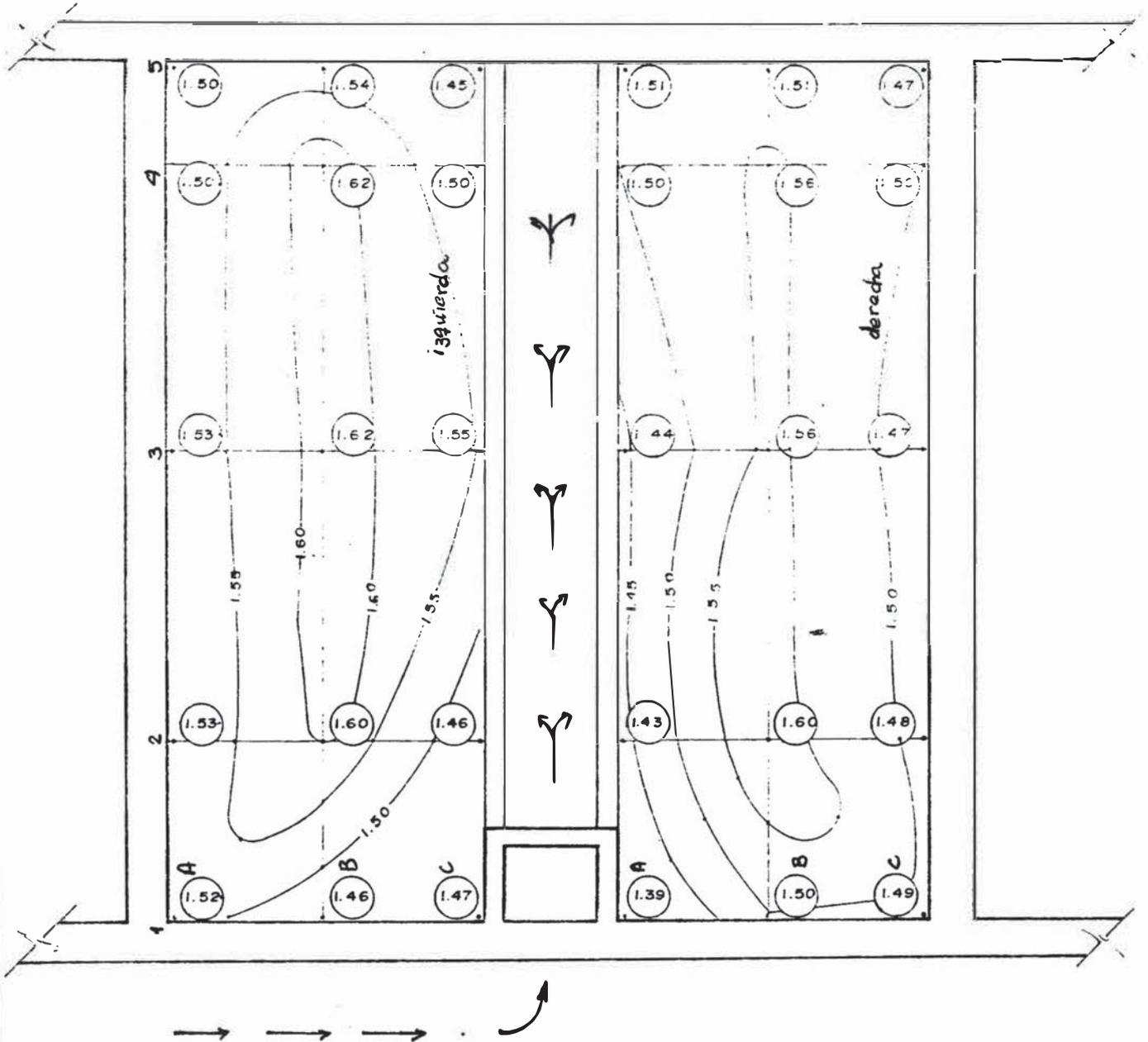
' Baja dosificación de Sulfato de Alúmina.

' No se realiza control para determinar la carrera del filtro.

\* El Lavado se realiza utilizando presión de la línea de abastecimiento a la red, habiéndose de

PUNTO	PROFUNDIDAD (mt)	
	CAJA DERECHA	CAJA IZQUIERDA
A-1	1.39	1.52
A-2	1.43	1.51
A-3	1.44	1.50
A-4	1.50	1.50
A-5	1.51	1.50
B-1	1.50	1.46
B-2	1.60	1.60
B-3	1.56	1.62
B-4	1.56	1.62
B-5	1.51	1.54
C-1	1.49	1.47
C-2	1.48	1.46
C-3	1.47	1.55
C-4	1.50	1.50
C-5	1.47	1.45

# TOPOGRAFIA DE GRAVA FILTRO Nº 2



sechado el uso del reservorio construido para este fin, las limitaciones dadas por la cantidad de agua disponible obligan a realizar el lavado cada 48 hrs. y no cuando el filtro lo necesita, lo cual contribuye a empeorar su baja eficiencia.

\* Respecto a la galería de tuberías ubicadas en el sótano de la Planta éstas adolecen de una serie de problemas entre los que oportunamente citamos:

'No se cuenta con acceso apropiado siendo el desplazamiento del lugar incómodo y riesgo

'Las tuberías de agua filtrada presentan un recorrido complicado y su interconexión se hace en contraflujo.

'No tiene un dren especial que permita la eliminación del primer filtrado.

\* El funcionamiento de la mayoría de las válvulas es defectuoso.

\* Existen tuberías que han quedado en desuso como la del lavado superficial y otras que solo complican el sistema.

\* En general, se podría decir que las tuberías cuentan con recorridos complicados y con grandes cantidades de accesorios que hacen de esta zona un lugar difícil de controlar.

\* No existen medidores de pérdida de carga que

se encuentren en buen estado a excepción de los instalados para este estudio.

### 3.5.2.6. DESINFECCION:

#### a. Descripción de los equipos:

Las instalaciones de cloración cuentan con dos zonas: La de almacenamiento y la de dosificación

La zona de Almacenamiento cuenta con un ambiente bastante adecuado donde se almacenan los cilindros y se ubica la balanza.

Los dosificadores se ubican en la galería de control de filtros y cuentan con dos unidades cloradoras marca WALLACE-TIERNAN , una de las cuales no funciona por encontrarse en mal estado.

Ambas unidades son del tipo de solución al vacío y el inyector funciona con el agua proveniente del reservorio elevado que existe en la Planta. La inyección de cloro se ubica en la tubería del agua filtrada antes del ingreso al reservorio del Almacenamiento R-1.

El equipo de funcionamiento tiene un rango de variación de operación entre 20 a 300 libras/24 Hrs. En vista de que uno de los equipos no opera se complementa el proceso mediante la aplicación directa de cloro en el reservorio R-1, para lo cual se usan cilindros de 68 Kilos con una descarga directa en el reservorio.

b. Dosificación actual:

De acuerdo al record de consumo de cloro que se lleva a cabo en la planta se tiene que el consumo promedio medido en el dosificador es de 66 kg/día y el consumo por inyección directa es de 15 kg/día lo que totalizando se tendría un consumo diario de 81 Kg/día .

De acuerdo a la prueba realizada para determinar caudales en la Planta, hemos visto que se producen 606 lt/seg. Con estos datos podemos concluir que la dosificación actual de cloro es de:

$$\frac{81\text{Kg/día} \times 10^4}{606\text{lt/seg} \times 864} = 1.55 \text{ mg/lt}$$

valor que se encuentra dentro del rango recomendado para la desinfección.

De otro lado tenemos que los records obtenidos a la salida de la planta, para cloro residual, varían de 0.9 a 1 mg/lt.

### 3.6 EVALUACION DEL CONTROL DE CALIDAD:

Para el control de calidad la unidad operativa de SEDALAM cuenta con un Ing. Químico: Vitelio César Cava Castro, quién desempeña el cargo de Ing. Jefe del Laboratorio y control de Calidad.

El Ing. en mención lleva un control de "Mantenimiento Químico." que consta de unos formatos que son llenados diaria o semanalmente con los análisis que se realizan en la Planta para los efectos del control de calidad.

#### 3.6.1 Análisis Químicos para el control de Calidad:

Para determinaciones químicas se contempla la determinación de características como pH, turbiedad, Alcalinidad,  $CO_2$ , y dureza Total para muestras provenientes de los filtros, sedimentadores y agua cruda.

A partir de los datos tomados para un ciclo hidrológico, en este caso se ha analizado la información obtenida durante los meses de Enero a Setiembre de 1,984, se ha procesado mediante el programa N°3 cuyos resultados aparecen en las Tabla N°3.27 para el agua sedimentada, Tabla N°3.28 para el agua filtrada y Tabla N°3.2 para el agua cruda, como se vio en el acápite 3.3. .

TABLA Nº 3.27

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
 ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: PH

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	7.6	7.8	7.690909
FEBRERO/84	7.1	7.8	7.581818
MARZO/84	7.4	7.7	7.583333
ABRIL/84	7.6	7.8	7.652382
MAYO/84	7.6	8.600001	7.772726
JUNIO/84	7.6	7.8	7.658335
JULIO/84	7.6	7.8	7.692
AGOSTO/84	0	8.100001	7.480001
SEPTIEMBRE/84	7.8	8.100001	7.995653

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
 ROSA GALVEZ  
 SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	14	33	22.40909
FEBRERO/84	16	35	22.31818
MARZO/84	19	45	30.125
ABRIL/84	15	36	21.90476
MAYO/84	17	51	29.59091
JUNIO/84	7	41	19.625
JULIO/84	5.4	23	13.396
AGOSTO/84	2.5	12	5.408001
SEPTIEMBRE/84	3.2	11.5	6.073913

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: ALCAL/TOTAL

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	90	104	96.63636
FEBRERO/84	88	96	91.09091
MARZO/84	80	92	87.5
ABRIL/84	90	104	95.33334

	112	234	177.8333
JULIO/84	152	2560	286.24
AGOSTO/84	164	290	199.76
SEPTIEMBRE/84	0	166	143.6087

- 190 -

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: CO2

- Continuación -

MESES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	.8	1	.8181818
FEBRERO/84	.1	.8	.7681819
MARZO/84	.8	1	.8166666
ABRIL/84	.4	.8	.5180952
MAYO/84	.4	1	.7909092
JUNIO/84	.8	1.2	.9083335
JULIO/84	.8	1.4	1.016
AGOSTO/8	.8	1	.9039998
SEPTIEMBRE/84	.6	1	.8173913

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
 PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR  
 RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: DUREZA/TOTAL

MESES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	80	96	83.5
FEBRERO/84	80	88	80.90909
MARZO/84	80	92	86.33334
ABRIL/84	0	92	0
MAYO/84	92	96	94.18182
JUNIO/84	92	184	142.5
JULIO/84	120	180	151.72
AGOSTO/84	144	180	159.92
SEPTIEMBRE/84	124	144	131.2174

TABLA Nº 3.28

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS  
PROCEDENCIA: FILTROS  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: PH

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	7.5	7.7	7.591667
FEBRERO/84	7.5	7.7	7.54091
MARZO/84	7.4	7.6	7.533335
ABRIL/84	7.5	7.6	7.519048
MAYO/84	7.6	8.600001	7.731817
JUNIO/84	7.5	7.8	7.626087
JULIO/84	7.5	7.7	7.635999
AGOSTO/84	7.2	7.9	7.72
SETIEMBRE/84	7.7	8	7.868181

PROCEDENCIA: FILTROS

RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: TURBIEDAD

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	5	16	8.900001
FEBRERO/84	1	21	9.477273
MARZO/84	7.6	30	14.72917
ABRIL/84	5.4	18	7.933333
MAYO/84	7	40	16.63636
JUNIO/84	2.6	205	15.76667
JULIO/84	1.4	3.9	2.48
AGOSTO/84	1.2	4.1	2.168
SETIEMBRE/84	2	6.5	3.447826

PROCEDENCIA: FILTROS

RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: ALCAL/TOTAL

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	86	100	91.83334
FEBRERO/84	84	102	90.09091
MARZO/84	8	88	81.16666
ABRIL/84	84	96	92.28571
MAYO/84	92	122	103.0909
JUNIO/84	112	275	181.125
JULIO/84	152	252	187.625
AGOSTO/84	22	286	182.32
SETIEMBRE/84	138	164	149.7391

PROCEDENCIA: FILTROS  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: CO2

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	.6	.8	.6750002
FEBRERO/84	.6	.8	.6818184
MARZO/84	.6	.8	.6833335
ABRIL/84	.4	.8	.4742857
MAYO/84	.6	.8	.7090911
JUNIO/84	.8	1	.8499999
JULIO/84	.6	1.2	.9279999
AGOSTO/84	.6	1	.7360003
SEPTIEMBRE/8422		.6	.8

TABLA No 3.28

.618182

PROCEDENCIA: FILTROS  
RECORD HISTORICO-ESTADISTICO DE: DUREZA/TOTAL

MES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	80	84	80.16666
FEBRERO/84	76	89	80.31818
MARZO/84	80	90	84.5
ABRIL/21	88	100	92.85714
MAYO/84	9	96	89.31818
JUNIO/84	92	168	140.4167
JULIO/84	120	176	150.16
AGOSTO/84	120	152	130.4546
SEPTIEMBRE/84	134	176	157.1667

### 3.6.2 Análisis Bacteriológicos:

En cuanto a los análisis bacteriológicos que se realizan en la Planta para los efectos del control de Calidad tenemos la prueba de conteo en Placas del número más probable de coliformes por ml. contenidos en placas de 0.1, 0.5, y 1 ml de muestra.

Estos análisis se tomaron diariamente por espacio de 8 meses, de igual forma la procedencia de las muestras puede ser de los sedimentadores, filtros y agua cruda.

Estos datos se tabulan mediante el Programa N°3 y el procesamiento de datos se muestra a continuación según la tabla N°3.29 para el agua cruda, y en la tabla N°3.30 para el agua filtrada y sedimentada.

TABLA No 3.29

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

ANALISIS BACTERIOLOGICOS NUMERO DE COLONIAS/ML CONTENIDAS EN  
PLACAS DE 0.1, 0.5 Y 1.0 ML.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HRS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CHICLAYO

PROCEDENCIA: CRUDA

RECORD HISTORICO-ESTADISTICO

MESES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	286.6	436.6	356.4864
FEBRERO/84	278.6	468.6	354.5609
MARZO/84	287.6	489.6	379.0591
ABRIL/84	1	532	449.5365
MAYO/84	0	472	318.2762
JUNIO/84	294.6	532.6	401.3273
JULIO/84	319.6	5454.6	661.2808
AGOSTO/84	273.6	489.3	347.4
SEPTIEMBRE/84	326.6	459.6	382.65

TABLA Nº 3.30

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

ANALISIS BACTERIOLOGICOS NUMERO DE COLONIAS/ML CONTENIDAS EN  
PLACAS DE 0.1, 0.5 Y 1.0 ML.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HRS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CHICLAYO

PROCEDENCIA: POTABLE

RECORD HISTORICO-ESTADISTICO

MESES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	4	298	25.86364
FEBRERO/84	4	27.3	14.57391
MARZO/84	4	46	9.29091
ABRIL/84	6.3	16.3	10.26714
MAYO/84	0	23.3	7.45524
JUNIO/84	2	32	10.58637
JULIO/84	3	38	14.62381
AGOSTO/84	3	46.6	9.210436
SEPTIEMBRE/84	3.6	12.6	6.144445

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
TESIS DE GRADO

PROGRAMA ELABORADO POR:  
ROSA GALVEZ  
SARA FERNANDEZ

ANALISIS BACTERIOLOGICOS NUMERO DE COLONIAS/ML CONTENIDAS EN  
PLACAS DE 0.1, 0.5 Y 1.0 ML.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HRS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CHICLAYO

PROCEDENCIA: SEDIMENTADOR

RECORD HISTORICO-ESTADISTICO

MESES	MINIMO	MAXIMO	MEDIO
ENERO/84	222.6	368.3	278.2909
FEBRERO/84	232.21	384.3	297.2613
MARZO/84	164.4	465.3	301.1818
ABRIL/84	167.1	317	244.3643
MAYO/84	193.6	348.6	266.3048
JUNIO/84	236.3	493.6	348.9545
JULIO/84	224.3	496.6	343.6524
AGOSTO/84	228.6	373.3	276.5609
SEPTIEMBRE/84	226.3	346.3	271.4

### 3.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La finalidad de estas recomendaciones es de dar indicaciones sobre el funcionamiento de la planta con la idea de que éste sea más práctico y funcional, además se dan opiniones sobre algunas modificaciones que será necesario hacer para aumentar la capacidad de producción de la planta de la ciudad de Chiclayo.

#### 3.7.1 DEL MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS:

##### a. Conclusiones :

- La coagulación se realiza en forma deficiente ya que no se está utilizando la cantidad requerida de coagulante.
- El almacenamiento de productos químicos adolece de problemas de espacio y acondicionamiento.
- De los tres dosadores existentes en la planta ( sulfato de alúmina, sulfato de cobre y cal ) sólo funciona el primero y se encuentran malogrados los restantes.

##### b. Recomendaciones:

- Regular el equipo dosador en base a un nuevo cálculo para dosis óptima determinado en el laboratorio.
- La concentración de la solución de coagulante que se utilice deberá ser del 2% de acuerdo

a los ensayos en el laboratorio.

- De acuerdo a la determinación del pH óptimo en el laboratorio se recomienda no alterar el pH natural del agua ya que éste ( 8.6 ) se encuentra muy cercano al óptimo hallado ( 9.5 ).

- Se recomienda construir una bodega de recepción en el primer nivel implementada con tarimas de apoyo para acomodar debidamente los productos químicos.

- Ampliar el área del 2do. nivel para el almacenamiento de transferencia y corregir la ubicación de la tolva.

### 3.7.2 DE LA MEZCLA RAPIDA:

#### a. Conclusiones:

- Existe una baja eficiencia en esta unidad del orden del 10% que es debida a una dosificación insuficiente de coagulante que la precede.

- El dispositivo mecánico realiza un deficiente trabajo produciendo un gradiente de velocidad de solo  $1.92 \text{ seg}^{-1}$ .

- La unidad presenta un alto porcentaje de flujo mezclado ( 61% ) lo cual señala la presencia de corto circuitos que se manifiestan a través de una disminución en el periodo de retención real ( 35 seg ) en comparación con el periodo de retención teórico ( 76 seg. )

- Con respecto al período de retención teórico, éste está entre los límites para este tipo de unidades ( de 30 a 45 seg. ).

- Esta unidad presenta un alto porcentaje de zonas muertas que se manifiesta en una disminución importante del volumen útil ( sólo el 70% )

- Con respecto al gradiente de velocidad obtenido para esta unidad en la planta, el valor es sumamente bajo ( $47 \text{ seg}^{-1}$ ) en relación al gradiente óptimo de laboratorio ( $180 \text{ seg}^{-1}$ )

b. Recomendaciones:

- Mantener fuera de operación el dispositivo de mezcla mecánico.

- Poner una compuerta en el canal de ingreso a los floculadores, y abrir una conexión entre la cámara de mezcla rápida y el canal de ingreso a los filtros, ubicando en ésta otra compuerta que permitirá establecer un by-pass que comunique a ambos, de manera que en la época de bajas turbiedades se logre una filtración directa descendente.

3.7.3 DE LA FLOCULACION:

a. Conclusiones:

- Como conclusión principal podemos anotar que esta unidad no está cumpliendo con la finalidad para la que fue diseñada por que no -

ayuda a la formación del floc.

- El gradiente obtenido es de  $19 \text{ seg}^{-1}$  para cada compartimiento de esta unidad que comparado con los gradientes obtenidos en el laboratorio de  $40$  y  $30 \text{ seg}^{-1}$  para el 1er. y 2do. compartimiento respectivamente, vemos que ninguno de ellos se cumple, de allí la baja eficiencia de la unidad.

- En cuanto al período real de retención fué hallado igual a 14 minutos, que comparándolo con el teórico de 25.8 minutos vemos que éste no se cumple, lo que origina cortocircuitos que es - además confirmado por el alto porcentaje de flujo mezclado en esta unidad (67%).

- La eficiencia del proceso según resultados evaluados en la planta fué muy baja ( del orden - del 9% ) comparada con la eficiencia obtenida en el laboratorio (85%)

- Adicionalmente, la disminución en el período real de retención trae como consecuencia la - disminución del volumen útil de la unidad de manera que no permite una formación adecuada del floc.

#### b. Recomendaciones:

-Es necesario antes que todo mejorar las condiciones del proceso de coagulación que le precede.

-Será conveniente hacer trabajar los floculadores a una velocidad apropiada de giro en base a las de terminaciones hechas en el laboratorio que corres

ponden a un ~~gradiente~~ de velocidad de  $.40$  y  $30 \text{ seg}^{-1}$  respectivamente para cada compartimiento.

### 3.7.3. DE LA SEDIMENTACION:

#### a. Conclusiones:

- Como conclusión principal podríamos decir que esta unidad presenta una eficiencia muy baja y más aún podemos decir que esta unidad en algunas zonas produce un empeoramiento en la calidad del agua, debido en algunas veces al mal diseño a la salida de la unidad (cambio en el sentido del flujo o muy poca longitud de vertedero para la carga con que trabaja) y debido también a la deficiencia de los procesos anteriores de coagulación y floculación.

-El período de retención real que hemos encontrado en la planta es de 96 min. siendo el período teórico de 148 min, lo que se refleja en el alto porcentajes de flujo mezclado (57.6%), es una causa más para la baja eficiencia de la unidad.

-En cuanto a la carga superficial real encontrada fue de  $34.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ , equivalente a una velocidad de sedimentación de  $0.0394 \text{ cm/seg}$ , podemos decir comparándola con la velocidad de sedimentación óptima ( $0.0125 \text{ cm/seg}$ ) que esta unidad está sobrecargada.

-En cuanto a la eficiencia de la unidad sabemos por los resultados obtenidos que el 16 % del tiempo se obtiene un agua con turbiedades menores de 5 NTU.

T.U., el 20% la turbiedad es menor de 10 N.T.U y el 72% del tiempo la turbiedad es superior a 10 N.T.U. lo que demuestra que hay un empeoramiento de la calidad del agua en la mayor parte del tiempo.

-El empeoramiento de la calidad del agua viendolo desde las distintas zonas del sedimentador se acentúa en la sección C-C (esquema de la pág.137) que es donde se produce el cambio de flujo.

b.Recomendaciones:

-Recomendamos una modificación de esta unidad, especialmente en sus sistemas de ingreso y salida.

-También deberá hacerse un incremento en la altura de los muros perimétricos (mín.30 cm) incluyendo a la pasarela central.

-Para el sistema de ingreso recomendamos el retiro de la pantalla perforada que comunica al sedimentador con el floculador.

3.7.4. DE LA FILTRACION:

a. Conclusiones:

-El funcionamiento de los filtros es deficiente ya que el 5% del tiempo la turbiedad del agua filtrada es de 1 N.T.U. mientras que el 48 % del tiempo la turbiedad está por debajo de 5N.T.U., proporcionando el resto del tiempo (mayor del 50%) un agua de turbiedad superior a las 5 N.T.U que es la mínima recomendada

- En cuanto al tiempo de lavado que se realiza

cada 48 hrs. y no cada 15 hrs como máximo diremos que el resto del tiempo apartir de las 15 hrs de lavado está produciendo agua de mala calidad.

- El estado del medio filtrante es muy malo se ha producido una intermezcla desordenada de los medios (arena y antracita) habiéndose perdido bastante del medio antracita debido al deficiente lavado que se viene realizando.

b. Recomendaciones:

- Cambiar el lecho filtrante por las malas condiciones en que este se encuentra.

- Mejorar el sistema de lavado de manera que este se realice cada vez que la pérdida de carga y la calidad del efluente lo requieran.

3.7.5. DE LA DESINFECCION:

a. Conclusiones:

- Actualmente se viene dosificando cloro con una dosis de 1.55 mg/lt de acuerdo a la cantidad de cloro consumida en la Planta.

- Las determinaciones de cloro residual a la salida de la Planta nos dan valores entre 0.9 y 1 mg/lt que se encuentran dentro del rango recomendado

b. Recomendaciones:

- Como recomendación principal diremos que es necesaria la reparación o sustitución de la unidad cloradora que no funciona.

**3.7.6 DEL CONTROL DE CALIDAD:**

**a. Conclusiones:**

Normalmente no se lleva control de los procesos. Para efectos de realizar la presente evaluación se tomaron los datos que hemos visto en el capítulo 3, correspondientes a un ciclo hidrológico.

**b. Recomendaciones:**

Organizar un archivo técnico de datos sobre el control de calidad rutinario y eventual de los procesos.

CAPITULO IV

" REFERENCIA BIBLIOGRAFICA "

4.1. AUTORES PERSONALES (Por orden alfabético):

1. CANEPA DE VARGAS, Lidia: "TECNOLOGIA DE LA EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Procesos Unitarios, Submódulo: Prácticas de Laboratorio. Agosto 1981.

2. CANEPA DE VARGAS, Lidia: "EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA": Módulo: Actividades de Evaluación. Submódulo: Procesos Unitarios. Agosto 1981.

3. CANEPA DE VARGAS, Lidia: "EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Actividades Preliminares Submódulo: Información Básica. Agosto 1981.

4. CANEPA DE VARGAS, Lidia: "EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Auxiliar de Evaluación de Procesos. Submódulo: Procedimientos y Prácticas de Evaluación. Abril 1981.

5. CASTRO DE ESPARZA, María: "CIENCIAS BASICAS DEL TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Determinación de variables Químicas Submódulo: Procesos Unitarios-Ensayos de Laboratorio. Mayo 1981.

6. GOMEZ MORENO, B : "GENERALIDADES SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO".

7. GOMEZ MORENO, B : "ADMINISTRACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA".

8. GOMEZ MORENO, B : "ORGANIZACION PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO".

9. PALACIOS Enrique: "MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE AGUA". Abril 1981.

10. PEREZ CARRION, José: "EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Actividades de Evaluación Submódulo: Diagnostico y Conclusiones. Mayo 1981.

11. PEREZ CARRION, José: "CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA".

12. PEREZ CARRION, José: "HIDRAULICA APLICADA A PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Caracterización de Flujos y Periodos de retención. Agosto 1981

13. PEREZ CARRION, José: "EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA": Módulo: Actividades de Evaluación submódulo: Submódulo: Analisis de Vulnerabilidad. Mayo 1981.

14. PULIDO PARRA, Héctor: "OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo: Control de Calidad y procesos. Abril 1981.

15. SAENZ FORERO, Rodolfo: "ESTADO DE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA AMERICA LATINA" XVII Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental; LA PAZ Diciembre 1980.

16. RITCHER, Carlos; PEREZ CARRION, José; KIRCHER, Cliff  
"CIENCIAS BASICAS DEL TRATAMIENTO DE AGUA" Módulo:  
Procesos Unitarios-Teoría.

4.2. AUTORES INSTITUCIONALES (Orden Alfabético):

1. CEPIS "TEORIA, DISEÑO Y CONTROL DE LOS PROCESOS DE CLARIFICACION DEL AGUA" Compendio organizado por Jorge Arboleda. 2da. Impresión 1981.

2. HEWLETT-PACKARD: "MANUAL USER'S GUIDE" 1,983

3. HEWLETT-PACKARD: "TERMINAL USER'S GUIDE" 1983

4. HEWLETT-PACKARD: "PERSONAL COMPUTER SOFTWARE LIBRARY" 1983

5. HEWLETT-PACKARD: "SERIES BASIC/100" Setiembre 1,983.

6. HEWLETT-PACKARD: "VISICALC" Setiembre 1,983

7. MC.GRAW-HILL: "BYTE" (THE SMALL SYSTEM JOURNAL)  
Artículo: "The HP-150 a touch of magic" 1983.

8. MC.GRAW-HILL: "SISTEMA OPERATIVO MSDOS" Guía del usuario. 1ª Ed. 1982.

9. SHAUM-Mc.GRAW: "INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LAS COMPUTADORAS" por: Francis Scheid.