

131  
299



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION DE FACTIBILIDAD PARA SUSTITUIR  
AIRE POR OXIGENO PURO EN EL PROCESO  
BIOLOGICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CERRO DE LA ESTRELLA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
RUIZ VEGA JOSE ALBERTO

TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

i)	INDICE GENERAL	PAG.
	Introducción.	1
I.	Fundamentos del proceso de lodos activados.	8
1.1	Parámetros de diseño.	11
1.2	Factores que influyen en el proceso.	12
1.3	Variaciones del proceso.	14
II.	Descripción de la planta "Cerro de la Estrella".	16
2.1	Caracterización del agua residual influente.	17
2.2	Calidad del efluente.	18
III.	Diseño experimental.	20
3.1	Descripción física del modelo experimental.	20
3.2	Modelo matemático.	22
3.3	Experimentación.	26
3.3.1	Selección del sitio de muestreo.	26
3.3.2	Condiciones de arranque.	26
3.3.3	Metodología.	27
3.3.4	Programa de muestreo.	28
3.3.5	Formatos de captura e información.	29
3.3.6	Control de proceso.	29
3.3.7	Procesamiento de la información.	30
IV.	Análisis de resultados.	31
V.	Conclusiones y recomendaciones.	34
	Referencias.	37
	Anexos.	
	Anexo número 1 formatos , tablas y gráficas.	38
	Anexo número 2 memoria de cálculo .	69

ii)	INDICE DE FIGURAS	PAG.
	1.1 proceso de biodegradación	8
	1.2 esquema gral. del proceso de tratamiento	10
	2.1 estructura global de la planta Cerro de la estrella	17
	3.1 diagrama gral. del dispositivo experimental	20
	3.2 características del dispositivo experimental	22
iii)	INDICE DE FORMATOS	
	No. 1 análisis tipo 3 B	39
	No. 2 análisis B especial	40
	No. 3 reporte diario	41
	No. 3.1 reporte de control de proceso	42
	No. 4 reporte microscópico	43
iv)	INDICE DE TABLAS	
	Análisis probabilístico influente	44
	Análisis estadístico período estiaje ( influente )	46
	Análisis estadístico período lluvia ( influente )	48
	Análisis estadístico período estiaje ( efluente )	50
	Análisis estadístico período lluvia ( efluente )	52
	Comparación con criterios de calidad	54
	Condiciones de operación ( fase I )	55
	Condiciones de operación ( fase II )	56
	Porcentajes de remoción	57
	Comportamiento de los contaminantes en el proceso de lodos activados con aeración convencional	

comparado con la difusión de oxígeno puro	58
Comparación de los efluentes con criterios de calidad	59
Comparación entre el número de parámetros que cumplen con los criterios de calidad	60
Valores promedio para el cálculo de las constantes cinéticas	61
Valores para el cálculo de la constante k	61
Valores para el cálculo de las constantes a y b	61
Valores para el cálculo de las constantes a'y b'	62
Valores de las constantes cinéticas con oxígeno puro y por difusión de aire	62

v)

#### INDICE DE GRAFICAS

Cálculo de la constante cinética k	63
Cálculo de las constantes cinéticas a y b	64
Cálculo de las constantes cinéticas a'y b'	65
Variación del índice volumétrico de lodos y remoción con $F/M$ , y tiempo de retención celular con características del flóculo en el proceso	66
Porcentaje relativo de microorganismos contra la calidad del flóculo ( mod. oxígeno )	67
Porcentaje relativo de microorganismos contra la calidad del flóculo ( mod. aire )	68

#### AGRADECIMIENTOS

## INTRODUCCION

México es un país que presenta diferentes características geográficas y climatológicas , lo que ha ocasionado que sus recursos naturales estén concentrados en áreas definidas .

La distribución irregular de los recursos hidráulicos , su sobreexplotación y el excesivo crecimiento demográfico e industrial así como las diferencias de elevación entre las regiones de asentamientos y de recursos ha provocado serias restricciones de consumo y calidad del agua .

Por otra parte el creciente deterioro en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas que son las principales fuentes de abastecimiento ,se debe fundamentalmente a las descargas de aguas residuales municipales e industriales conteniendo una carga orgánica la cual es uno de los factores de la contaminación .

La Ciudad de México y su área metropolitana , con cerca de 18 millones de habitantes , requiere aproximadamente de 45 m<sup>3</sup>/s de agua para sus servicios y actividades industriales . La problemática para el abastecimiento es compleja y sus implicaciones no son solamente técnicas e hidrológicas , sino que tiene consecuencias de orden político , económico y social . Tal situación ha obligado a las autoridades respectivas a efectuar estudios y obras encaminadas a aumentar las fuentes de abastecimiento de agua .

De lo anterior se puede observar la necesidad de implantar políticas de optimización del recurso hidráulico , como aprovechar el agua residual previo a un tratamiento, con la doble finalidad ,de prevenir la contaminación y reusar el agua ; tales acciones

están orientadas a liberar volúmenes de agua de primer uso (potable) El principio básico en el tratamiento de las aguas residuales es separar de éstas los constituyentes indeseables que alteran sus propiedades físicas , químicas y biológicas , con el objeto de alcanzar niveles compatibles para su reuso .

Aun dentro de las propias aguas residuales existen diferencias notables en la composición cualitativa y cuantitativa .Dependiendo de su origen éstas, pueden ser :

Domésticas . Se generan principalmente en las viviendas y el comercio .

Industriales . Son aguas de desecho de procesos y operaciones de transformación y agua de enfriamiento .

Agropecuarias .Se producen en explotaciones pecuarias , procesado de cosechas y aguas resultantes de cultivos .

Los procesos de tratamiento de aguas residuales están formados por combinaciones de operaciones unitarias , las cuales pueden categorizarse como de transporte de masa , momento o calor , sin embargo para propósitos de tratamiento se prefieren clasificar de una forma más simple como :

Físico-químico . En donde por adición de compuestos químicos se busca la desestabilización y precipitación de partículas indeseables .

Biológico . En el cual una gran cantidad de microorganismos aprovechan la materia presente en el agua para su alimentación y reproducción , depurandola de esta forma .

La selección de la alternativa dentro de la variedad existente de procesos de tratamiento , se efectúa atendiendo las consideraciones de orden técnico y económico .

Una de las formas más sencillas y económicas para remover la carga orgánica de las aguas residuales y controlar la contaminación que se produce en el medio ambiente , así como propiciar el reuso de éstas aguas , es mediante la utilización de procesos biológicos , donde una cantidad de microorganismos degradan en condiciones aerobias o anaerobias la materia soluble presente en el agua .

Estos procesos biológicos se pueden clasificar en dos tipos de sistemas que son los floculados y los de biopelícula .

Los sistemas floculados , son aquellos en donde los microorganismos que se encuentran en flotación en el agua se adhieren unos a otros formando un flóculo lo suficientemente pesado que se sedimente fácilmente .Dentro de ésta clasificación se encuentran los siguientes sistemas principales :

Lodos activados.

Lagunas de estabilización.

Zanjas de oxidación.

Digestores.

Lodos activados . Comprende la mezcla de agua residual (sustrato o

alimento ) con una masa heterogénea de microorganismos (lodo activado) en condiciones aerobias dentro de un tanque o reactor.

Lagunas de estabilización . Son estructuras simples de gran tamaño y poca profundidad y con periodos de retención de magnitud considerable ( 1 a 40 días ) , éstas se pueden clasificar en : lagunas aerobias , anaerobias y facultativas .

Zanjas de oxidación . Son una variante de lodos activados , sin embargo en éstas los lodos son casi totalmente recirculados (>95 %) para eliminar el problema de tratamiento de lodos .

Digestores . Es un proceso de digestión biológica y se divide en digestión aerobia y anaerobia , el primero es un proceso similar al de lodos activados en contraste con la anaerobia donde la estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo en un medio sin oxígeno .

Los sistemas de biopelícula se basan en la remoción de contaminantes por medio de comunidades que se fijan sobre una superficie inerte , dentro de éste tipo de sistemas se encuentran :

Filtros percoladores

Biodiscos

Filtros percoladores . Formado por un empaque de material inerte natural o sintético donde se forma la película de microorganismos.

El agua residual se distribuye en la parte superior del lecho mediante un mecanismo rotatorio o boquillas de pulverización .

Biodiscos . Este sistema se basa en el movimiento simultáneo del material inerte y de las aguas residuales . Esto evita la necesidad de introducir aire por convección ya que el movimiento del material de soporte permite aerar y mantener el sistema perfectamente mezclado .Generalmente , el material de soporte se encuentra en forma de discos con gran área superficial que gira sobre una flecha y que se encuentra parcialmente sumergido en el agua a tratar .

El Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, crearon el Plan Maestro de tratamiento y Reuso ( P.M.T.R. ) en el que se ha previsto un programa de optimización del sistema de tratamiento iniciado en 1956 , con la operación de la planta de aguas residuales Chapultepec , incorporando posteriormente otras instalaciones repartidas en diferentes zonas del Distrito Federal , haciendo en la actualidad un total de 12 plantas de tratamiento y capacidad instalada de  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  .

El proceso utilizado en todas ellas es el denominado lodos activados , proporcionando el requerimiento de oxígeno y mezclado por medio de difusión de aire ( plantas : Cerro de la Estrella , Coyoacan , San Juan de Aragón , Ciudad Deportiva , Chapultepec y Tlatelolco ) y mecánico ( Acueducto de Guadalupe , San Luis Tlaxiátemalco , el Rosario , Bosque de las Lomas , Colegio Militar y Reclusorio Sur ) , esto es aprovechando la cantidad de

oxígeno presente en el aire ( 20 % ) ; sin embargo ,no todo el oxígeno es aprovechado en la interfase gas-líquido lo que ocasiona una mayor demanda de aire y en consecuencia un requerimiento mayor de equipo para satisfacer la demanda de aire-oxígeno que requiere un aumento de energía . Por tal motivo en el presente estudio se efectúa una evaluación de factibilidad para sustituir el aire por oxígeno puro en el tanque de aeración o reactor biológico y basado en un modelo físico de simulación del proceso ( lodos activados ) a un modelo matemático ( Eckenfelder ) . Adoptado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica ( D.G.C.O.H. ), para la realización de estudios de tratabilidad como un paso previo al diseño de plantas o bien como auxiliar para la evaluación del funcionamiento de instalaciones ya construidas ( políticas de operación ), denominado Dispositivo Experimental de Tratamiento Biológico ( D.E.T.B. ) ( 2 ) .

El presente estudio se ha dividido en varios capítulos , cuya estructura permite definir los principios básicos que rigen el funcionamiento , así como definir en forma general y sencilla las condiciones y resultados que aportó dicho estudio .

En forma breve se explica el contenido de cada capítulo :

- I. Fundamentos del proceso . Explica de manera accesible los principales conceptos relacionados con el proceso de lodos activados , los factores que ejercen influencia sobre él , y las variantes del proceso más comunes .
- II. Descripción de la planta Cerro de la Estrella . Presenta los detalles relativos a localización , características del

- influyente y efluente, usos potenciales y distribución interna.
- III. Diseño experimental .En este capítulo se describe el modelo experimental utilizado , así como el modelo matemático correspondiente , las condiciones de arranque de la experimentación, el programa de muestreo ( incluyendo los análisis de laboratorio y de campo), los parámetros de control de proceso así como los formatos de captura de la información.
- IV. Análisis de resultados . Incluye el procesamiento de la información , así como la obtención de las constantes cinéticas y a su vez un análisis de los resultados obtenidos.
- V. Conclusiones y recomendaciones . Se mencionan algunas conclusiones y recomendaciones en cuanto a los resultados obtenidos en la realización del estudio de factibilidad , tomando en cuenta las limitaciones que se presentan, de igual forma se dan algunas consideraciones para su aplicación.

Para la realización de dicho estudio se eligió el dispositivo experimental ubicado en las instalaciones de la planta Cerro de la Estrella ( capítulo I fig. 2.1 ) debido a su importancia , capacidad y usos del agua tratada , al igual que por su perspectiva futura .El principio del funcionamiento de los dispositivos experimentales es el mismo con el que operan las plantas de tratamiento pertenecientes a la D.G.C.O.H.

## I. FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.

El proceso biológico conocido como " lodos activados " descrito en su forma más sencilla , es una oxidación biológica que comprende la mezcla de agua residual ( sustrato o alimento ) con una masa heterogénea de microorganismos que en condiciones aerobias producen sustancias estables : agua , bióxido de carbono y energía , esta última para generar nuevas células por síntesis que a su vez son transformadas a bióxido de carbono y agua al terminar su ciclo ( fig. 1.1 ).

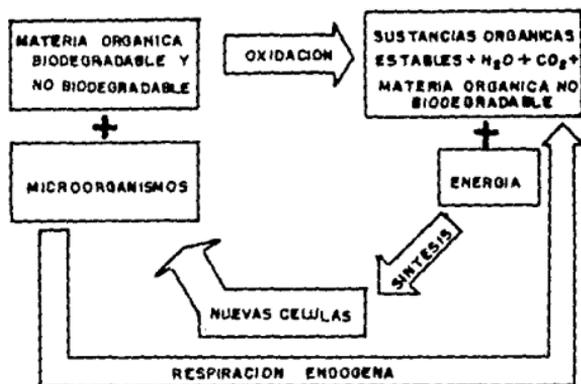


Fig. 1.1 Proceso de biodegradación .

Realmente el proceso de lodos activados en su acepción más simple solamente acelera el proceso biológico natural de purificación del agua reduciendo el tiempo y el espacio , controlando las variables que intervienen en éste.

Usualmente se requieren etapas previas de tratamiento para acondicionar las aguas crudas y facilitar el proceso ; entre éstas se pueden mencionar las unidades de tratamiento preliminar y primario .

El proceso completo aplicado para el tratamiento normalmente se forma por las siguientes etapas :

a) Tratamiento preliminar.

Cuyo propósito es separar de las aguas residuales los sólidos de gran tamaño que puedan obstruir y dañar el equipo de bombeo esto se realiza principalmente por medio de rejillas, desmenzadores y desarenadores ,aunque pueden utilizarse procesos adicionales como flotación y homogeneización .

b) Sedimentación primaria .

Su propósito es la separación de sólidos suspendidos y sedimentables , así como grasas y aceites y materia flotante; esto se realiza en tanques normalmente de forma rectangular o circular con sistema de desnatao .

c) Aerador o reactor biológico .

Su propósito es proveer los requerimientos de oxígeno, nutrientes , mezclado y otras condiciones ambientales para que los microorganismos existentes degraden la materia orgánica contenida en el agua residual .Esto se realiza en un tanque rectangular o circular por medio de un sistema de aeración ya sea por difusión o en forma mecánica .

d) Sedimentación secundaria.

En la cual se realiza la separación por gravedad de los flóculos o lodos activados del licor mezclado produciendo un efluente clarificado.

Por otro lado los lodos sedimentados son recolectados en tolvas del sedimentador para recircular al aereador una parte y mantener la concentración adecuada de microorganismos y otra parte se desecha del proceso mediante purgas .

En el siguiente diagrama de flujo se muestra a manera de ejemplo el proceso general de tratamiento de lodos activados ; sin embargo se considera que existen variantes de este proceso , las cuales se mencionan más adelante .

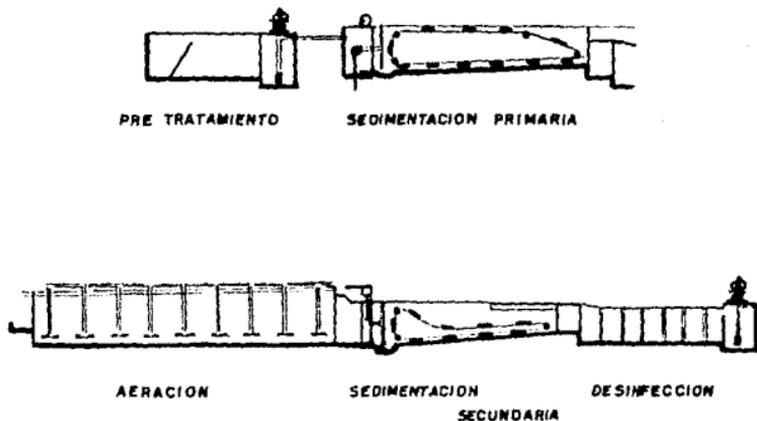


Fig. 1.2 Esquema general del proceso de tratamiento .

### 1.1 Parámetros de diseño .

El diseño de plantas de tratamiento biológico dependió durante mucho tiempo del uso de parámetros de diseño y correlaciones empíricas .

El trabajo de Eckenfelder ( 3 ) ha sido de gran contribución para la racionalización de las prácticas de diseño del proceso de lodos activados ;obteniéndose a través de éste modelo constantes cinéticas que permiten dimensionar el sistema y que son :

Constante de reacción o remoción  $K$  (  $d^{-1}$  ) .

Coefficiente de síntesis  $a$  ( Kg SSVrem./ Kg DQO ) .

Coefficiente de respiración endógena  $b$  ( Kg SSVox./ Kg SSV-d)

Demanda de oxígeno para oxidación  $a'$  ( Kg O<sub>2</sub>/ Kg DQO rem.) .

Demanda de oxígeno fase endógena  $b'$  ( Kg O<sub>2</sub>/ Kg SSV -d )

Muchos de los parámetros de diseño también son de utilidad para evaluar el funcionamiento del proceso ( 7 ) . A continuación se definen algunos de los parámetros existentes.

a) Tiempo de retención hidráulica ( THR ) .

Es el tiempo en horas que transcurre entre la entrada de agua a un tanque y su salida .

b) Carga orgánica volumétrica .

Definida como la cantidad de materia orgánica aplicada metro cúbico del agua residual por unidad de tiempo. La materia orgánica es expresada indirectamente mediante la demanda bioquímica de oxígeno ( DBO ) o demanda química de oxígeno ( DQO).

c) Sólidos suspendidos volátiles en licor mezclado ( SSVLM ) .

Se le considera como una medida indirecta de la cantidad de microorganismos activos ( biomasa ) existentes en el tanque de

aeración.

d) Relación alimento-microorganismos ( F/M ).

Expresa la relación existente entre la cantidad de materia orgánica aplicada como alimento en el tanque de aeración por día y la cantidad de microorganismos existentes.

e) Tiempo medio de retención celular ( TMRC ).

Se define como el tiempo promedio, en días que un microorganismo permanece en el proceso.

f) Tasa de recirculación ( r ).

Indica el porcentaje del gasto retornado al tanque de aeración.

g) Gasto influente (  $Q_i$  ).

Se refiere al caudal en l/s que ingresa al proceso de tratamiento.

h) Gasto de recirculación (  $Q_r$  ).

Cantidad de lodos en l/s que retornan al tanque de aeración del sedimentador secundario.

i) Gasto de purga (  $Q_p$  ).

Cantidad de lodos en l/s que se desechan del sistema.

1.2 Factores que influyen en el proceso.

a) Requerimiento de oxígeno.

Este elemento es vital para que los microorganismos cumplan con sus funciones. El requerimiento depende fundamentalmente de los siguientes parámetros :

- Carga orgánica aplicada.
- Cantidad de lodos activados.

En cualquiera de los casos se acepta que la cantidad mínima de oxígeno disuelto en el licor mezclado debe ser de 2 mg/l, en las inmediaciones de la entrada por razones del ingreso de la recirculación.

b) Requerimiento de nutrientes.

Para las reacciones biológicas que se llevan a cabo en la síntesis de nuevas células se necesitan elementos químicos como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno fundamentalmente; con pequeñas cantidades de fósforo, azufre, sodio, potasio, calcio, etc., estos elementos se encuentran en su mayoría en las aguas residuales. En dado caso de que se presente alguna deficiencia es necesario añadir y evitar la llamada respiración endógena que hace su aparición cuando falta alimento.

c) Presencia de sustancias tóxicas.

No es raro o difícil encontrar en las aguas residuales compuestos que pueden inhibir el proceso. Los agentes tóxicos más importantes son los de origen industrial por ejemplo:

- Metales pesados.
- Grasas y aceites.
- Hidrocarburos.
- Compuestos orgánicos sintéticos.
- Sustancias radiactivas.

d) Temperatura.

Influye directamente en la velocidad de degradación de la materia, así como en la solubilidad del oxígeno.

e) Recirculación y purga de lodos.

Siendo parámetros de operación, se considera porque inciden en forma considerable en el comportamiento del proceso, ya que afectan en cantidad y calidad a los microorganismos.

f) Comportamiento hidráulico.

Este comportamiento ha demostrado ser de suma importancia, ya que el modo en que se realiza el paso del agua a través de las diferentes unidades que integran el proceso determinan el aprovechamiento al máximo de las instalaciones, definiendo zonas muertas, de transición, de corto circuito; traduciéndose en eficiencias del proceso.

### 1.3 Variaciones del proceso.

Con la finalidad de conseguir mejoras técnicas y económicas en la operación y en algunos casos resolver ciertos problemas internos; se introdujeron variantes respecto al proceso convencional, de las cuales se mencionan algunas ( 7 ):

#### 1.3.1 Mezcla completa.

Es el sistema de lodos más sencillo, consiste en la mezcla completa y purga total de lodos, formado solamente un depósito de aeración. El contenido total del tanque se mezcla uniformemente con toda la masa microbiana.

#### 1.3.2 Lodos activados con adición escalonada.

La entrada del agua residual al tanque de aeración se distribuye en varios puntos a lo largo del mismo, esto hace que varios parámetros que tienen relación con el caudal o tiempo de retención varíen considerablemente; es el caso de la concentración de microorganismos ( SSVLM ), relación

alimento-microorganismos ( F/M ) y tiempo de retención hidráulico ( TRH ) cuyos valores cambian conforme se producen las adiciones.

#### 1.3.3 Adición alta tasa .

Usualmente no utiliza sedimentador primario ,se emplea normalmente como primera etapa cuando se desea nitrificación completa .Este proceso tiene las características de altos costos de operación y baja eficiencia respecto a otras variantes .

#### 1.3.4 Aeración extendida .

La característica de la variante es la alta permanencia o tiempo de retención en el aerador así como concentraciones elevadas de sólidos suspendidos volátiles en licor mezclado ( SSVLM ). No presenta problema de disposición de lodos por la estabilización durante la permanencia en el aerador .

#### 1.3.5 Aeración con oxígeno .

El proceso se realiza con la inyección directa del oxígeno en lugar de aprovechar la cantidad existente en el aire, reduciendo la cantidad ,presentando las siguientes ventajas :

- a) Menor inmovilizado ( mayor contacto entre microorganismos con la materia orgánica ) .
- b) Menor consumo de energía .
- c) Menor producción de lodos ,por tanto menor costo en la disposición de lodo .
- d) Menor tamaño de instalaciones .

## II. DESCRIPCION DE LA PLANTA.

La planta Cerro de la estrella localizada al sur del Distrito Federal , en la delegación de Iztapalapa . Diseñada para tratar 3 m<sup>3</sup>/s en dos etapas ;la primera de 2 m<sup>3</sup>/s en operación y la segunda de 1m<sup>3</sup>/s en proceso de rehabilitación y equipamiento .

El nivel de tratamiento es secundario de lodos activados con desinfección del efluente .

El agua tratada se emplea actualmente en el riego de áreas verdes de la calzada Ignacio Zaragoza ,llenado de canales de Xochimilco ( para mantener su nivel ) y algunos usos industriales.

La planta es alimentada por el bombeo del sistema Aculco de donde se derivan las aguas del colector Apatlaco . La estructura global de la planta es la siguiente ,el detalle del arreglo se presenta en la figura 2.1 .

Caja de llegada .

Canal parshall.

Caja partidora .

Sedimentación primaria.

Tanque de aeración .

Sedimentación secundaria .

Tanque de cloración .

Cárcamo de bombeo de agua tratada

Recirculación de lodos.

Sala de cloración

Sala de controles y sopladores.

Oficina de laboratorio.

Almacén..

Subestación.

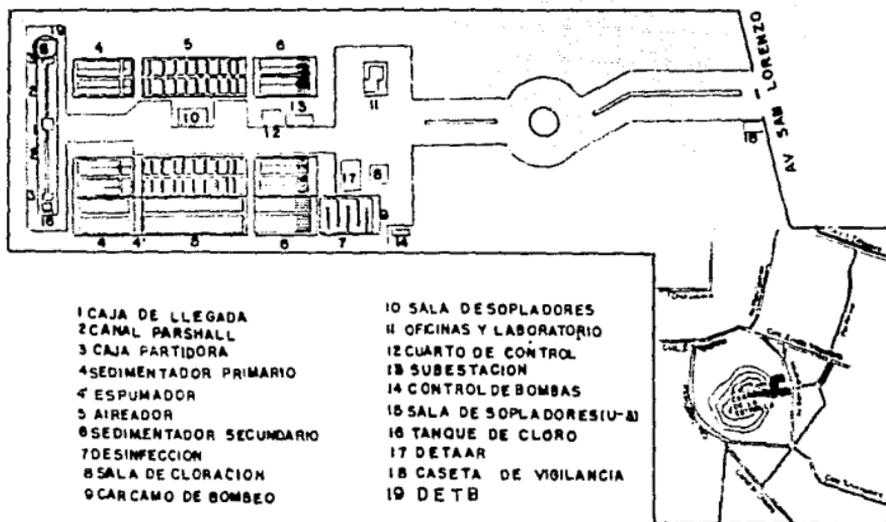


fig. 2.1 Estructura global de la planta Cerro de la Estrella.

2.1 Caracterización del influente .

En las tablas del anexo 1 se presenta la información generada y procesada de acuerdo al programa de muestreo establecido por el Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua ,que comprende los periodos de lluvia y estiaje ,dicha información fue procesada probabilísticamente al 50 % ,80 % y 95 % ( tabla No 1 ) y estadísticamente ( tablas 2 y 3 ) .

Esta información comprende 55 parámetros que pueden definir una

caracterización del tipo de agua a tratar .

En forma general de acuerdo a las características fisicoquímicas y biológicas del influente el agua residual que ingresa a la planta se puede definir como doméstica con baja influencia industrial , predominando : arsénico ,cadmio y plomo ; lo que define las características de industrias del tipo de químicos orgánicos y petroquímica ,en concentraciones que no ponen en peligro las reacciones del proceso biológico . La concentración de detergentes definido como SAAM es alta en comparación con las aguas residuales influente a la planta de Bosques de las Lomas, la cual es considerada como referencia y que define el criterio de comparación debido a que la procedencia de sus aguas son generadas en la zona residencial Bosques de las Lomas que son 100 % de origen doméstico. Respecto a la concentración de materia orgánica, definida como DBO y DQO es relativamente baja.

En lo referente a la relación de nutrientes como nitrógeno, fósforo y materia orgánica define la siguiente relación  $10.2 : 4.3 : 100$  lo cual es adecuada para el tratamiento biológico, al ser comparada con la relación recomendada que es de  $12 : 1 : 100$ , presentando mayor disponibilidad de fósforo, sin embargo no presenta alteración en el proceso.

En lo referente a grasas y aceites, su concentración no presenta problemas de interferencia entre el fluido - materia orgánica como es el de aire - oxígeno - microorganismos.

## 2.2 Calidad del Efluente.

Del análisis de calidad de agua renovada, de acuerdo al programa de muestreo establecido por el Laboratorio Central de Control para los

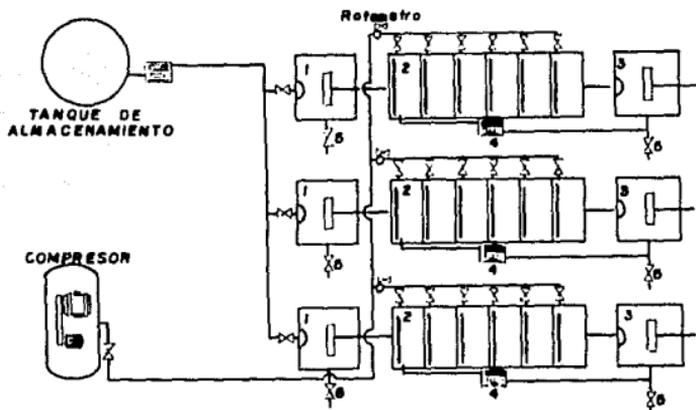
mismos períodos de lluvia y estiaje ,se revisó de acuerdo con los criterios vigentes ( 8 ) para los cuales se reutilizaría el agua , en este caso se considero riego de áreas verdes y enfriamiento . En las tablas 4 y 5 se pueden ver los resultados de acuerdo al período; así mismo en la tabla 6 se puede ver los resultados comparados con los criterios, así como los porcentajes de remoción marcando los parámetros que se exceden y que son susceptibles de ser removidos por el proceso.

### III DISEÑO EXPERIMENTAL.

#### 3.1 Descripción física del modelo

El dispositivo experimental presupone un comportamiento de flujo continuo así como un régimen hidráulico completamente mezclado en el tanque de aeración .

El dispositivo está compuesto por un tanque de igualación y almacenamiento de agua cruda ( influente ) , tres módulos en paralelo que constan de : un sedimentador primario , tanque de aeración y sedimentador secundario , un compresor para el suministro de aire , un cilindro para el suministro de oxígeno , así como equipo de bombeo para la recirculación de lodos ( fig.3.1 ) .



- 1 SEDIMENTADOR PRIMARIO
- 2 AERACION
- 3 SEDIMENTADOR SECUNDARIO
- 4 BOMBA DE RECIRCULACION
- 5 VALVULAS DE PURGA

Fig . 3.1 Diagrama general del dispositivo experimental.

Características del dispositivo :

- Sedimentador primario .

Forma de piramide rectangular invertida, con vertedor ajustable ; lo que permite variar el volúmen y el tiempo de retención sin cambiar la velocidad del flujo de alimentación . Las dimensiones son :

$$l = 44.6 \text{ cm.}$$

$$a = 44.6 \text{ cm.}$$

$$h = 67.0 \text{ cm.}$$

El volúmen se obtiene a partir de :

$$v = l \times a \times hw / 3$$

hw = altura del espejo de agua .

- Tanque de aeración .

Consiste en un tanque de forma de prisma rectangular ,dividido en seis celdillas por medio de cinco mamparas ,éstas tienen un arreglo de orificios tal que permite un patrón de flujo que induce un mezclado completo en cada celdilla ;las dimensiones del aerador son las siguientes :

$$l = 121.0 \text{ cm.}$$

$$a = 27.4 \text{ cm.}$$

$$h = 53.0 \text{ cm.}$$

$$hw = 51.0 \text{ cm.}$$

volúmen total 176.4 lts.

volúmen efectivo 169.4 lts.

- Sedimentador secundario .

Mismas características del sedimentador primario ( fig.3.2 ) .

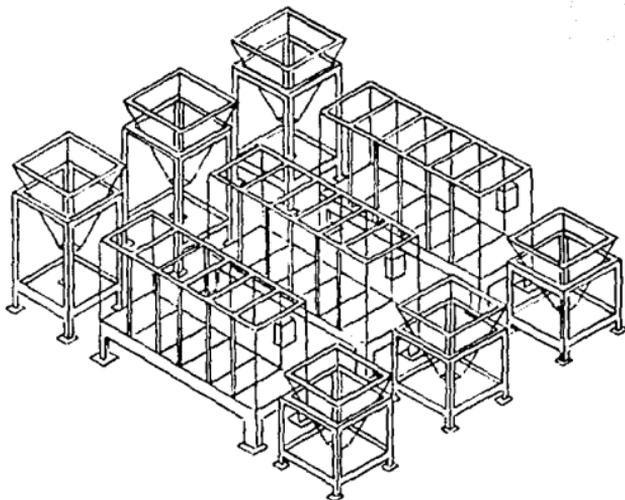


Fig. 3.2 Características del dispositivo experimental.

### 3.2 Modelo matemático .

El modelo utilizado para representar una oxidación biológica y por la cual se puede obtener las constantes biocinéticas es el de Eckenfelder ,el cual se describe a continuación en función al balance de materia ( 1,3,6 ) , esto incluye :

- a) Remoción orgánica .
- b) Requerimiento de oxígeno .
- c) Producción de lodos .

- Remoción orgánica .

Considerando el tanque de aeración con un comportamiento de flujo continuo y mezclado completo , en condiciones estables el balance de materia conduce a la siguiente expresión :

$$Q S_o - Q S_e = dS / dt V$$

donde :

Q . Gasto influente ( entrada ) al tanque de aeración,  $m^3/d$  .

$S_o$  . Materia orgánica influente en terminos de DBO o DQO ,  $kg/d$  .

$S_e$  . Materia orgánica efluente ( salida ) del sedimentador secundario en terminos de DBO o DQO ,  $kg / d$  .

V . Volúmen del tanque de aeración ,  $m^3$  .

Considerando que  $dS / dt$  es función del sustrato remanente de acuerdo a una relación cinética de primer orden ,se tiene la siguiente ecuación :

$$dS / dt = k * X_a * S_e$$

Sustituyendo en la ecuación anterior se tiene :

$$\frac{S_o - S_e}{t * X_a} = k * S_e$$

Donde :

k . Tasa de remoción ,  $d^{-1}$  .

$X_a$  . Concentración promedio de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aeración ,  $kg / m^3$

Requerimiento de oxígeno.

El requerimiento de oxígeno total en un sistema biológico relaciona los siguientes puntos:

1. Remoción biológica (  $a' * S_r$  ) .
2. Respiración endógena (  $b' * X_a$  ) .

3. Demanda química de oxígeno , como medida indirecta de oxígeno ( R<sub>c</sub> ).
4. Requerimiento de oxígeno para nitrificación o remoción de amoníaco ( R<sub>n</sub> ).

Lo que define la siguiente expresión :

$$R_r = a' * S_r + b' * X_a + R_c + R_n$$

Donde :

R<sub>r</sub>. Utilización total de oxígeno , kg O<sub>2</sub> /d.

S<sub>r</sub>. Remoción de DQO , ( S<sub>o</sub> - S<sub>e</sub> ) , kg/d.

a'. Coeficiente de utilización de oxígeno para síntesis , kg O<sub>2</sub> utilizado / kg DQO removido.

b'. Coeficiente de utilización de oxígeno para la fase endógena , kg O<sub>2</sub> utilizado / kg SSVLM - d.

R<sub>c</sub>. Demanda química de oxígeno como medida para la demanda inmediata de oxígeno , kg O<sub>2</sub> / d.

R<sub>n</sub>. Oxígeno utilizado en la oxidación de amoníaco a nitrato , kg O<sub>2</sub> / d.

X<sub>a</sub>. Promedio de SSVLM en el tanque de aeración , kg / d.

Simplificando la ecuación anterior y reordenando términos se tiene:

$$\frac{R_r}{X_a} = a' \frac{(S_o - S_e)}{X_a * t} + b'$$

por lo tanto

$$\frac{R_r}{X_a} = a' \frac{S_r}{X_a * t} + b'$$

Consecuentemente los coeficientes a' y b' pueden ser determinados por las correlaciones R<sub>r</sub>/X<sub>a</sub> en kg de O<sub>2</sub> utilizado / kg SSVLM-d vs. tasa de remoción , S<sub>r</sub> / X<sub>a</sub> \* t en kg de DQO rem. / kg SSVLM-d ; donde la pendiente de esta recta corresponde al valor de a' , en

tanto que la ordenada al origen es el valor de  $b'$ .

Producción de lodos.

La acumulación de lodos activados ( biomasa ) para la oxidación biológica del desecho , se puede estimar a partir de los siguientes componentes:

1. Incremento de lodos , debido a los sólidos suspendidos en el influente ,  $F * X_i$ .
2. Incremento de lodos debido a la síntesis celular ,  $a * S_r$
3. Decremento de lodos debido a la oxidación celular o respiración endógena ,  $b * X_a$ .
4. Decremento de lodos debido a las pérdidas de sólidos suspendidos en el efluente ,  $X_e$ .

Lo anterior define la siguiente expresión para calcular el exceso de lodos volátiles producidos :

$$X_a = a * S_r - b * X_a$$

La expresión para calcular la producción total de lodos es:

$$X = f * X_i + \frac{X_a - X_e}{f'}$$

Donde:

- $X_a$  . Exceso en la producción de lodos volátiles , kg SSV/ d.
- $a$  . Coeficiente de síntesis de lodos , kg SSV / kg DQO rem.
- $b$  . Coeficiente de auto-oxidación de lodos , kg SSVox./ kg SSVLM-d en el tanque de aeración .
- $X$  . Producción total de lodos .
- $f$  . Fracción no biodegradable de SS en el influente .
- $X_i$  Sólidos suspendidos volátiles en el influente ,kg SS/d.
- $f'$  . Fracción volátil de SSVLM en el tanque de aeración

kg SSVLM / kg SSLM .

Xe Sólidos suspendidos en el efluente , kg SS / d .

Considerando sólo la producción de lodos biológicos y corrigiendo para los sólidos suspendidos perdidos en el efluente . La ecuación se puede expresar :

$$\frac{X_a / V}{X_a} = a \frac{(S_o - S_e)}{X_a * t} - b$$

Las constantes a y b pueden ser calculadas por correlaciones de producción de lodos , graficando  $\frac{X_a / V}{X_a}$  vs. DQO removido ( So - Se ) / Xa \* t en el sistema .

### 3.3 Experimentación .

#### 3.3.1. Selección del sitio de muestreo .

La experimentación se llevó a cabo en los dispositivos ubicados en la planta Cerro de la estrella , a un costado de la caja partidora hacia la unidad norte .

El sitio fué elegido dado que de este punto el agua cruda alimenta directamente al proceso sin tener ninguna variación que pudiera afectar cualitativamente el agua a tratar en el dispositivo , es decir , se puede considerar homogénea . Además de la disposición de área sin interferir en las actividades de operación y rutina de la planta .

#### 3.3.2. Condiciones de arranque .

Previo a la experimentación es necesario determinar y calcular las condiciones de operación de cada dispositivo , lo que incluye :

- Determinar el gasto influente a cada módulo , esto es en función del comportamiento de operación de la planta y el gasto de diseño .

- Determinar el valor de la carga orgánica (  $DQC_g$  ) influente , basada en los datos reportados por el laboratorio , utilizando un análisis probabilístico .
- Seleccionar los valores de concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado ( SSVLM ) para cada módulo , dependiendo de las condiciones que se van a evaluar y en que época .
- Determinación del gasto de recirculación para cada módulo , esto es para mantener la concentración deseada de SSVLM .
- Calcular los sólidos suspendidos volátiles en la recirculación (  $SSV_r$  ) .
- Calcular la relación alimento-microorganismo ( F/M ) .
- Determinación del gasto de aire y oxígeno para mantener el requerimiento mínimo de 2 mg/l de oxígeno disuelto en el aerador y mezclado .

En este caso la experimentación se realizó en dos fases , sus condiciones se muestran en el anexo 1, tablas 7 , 8 y sus cálculos en el anexo 2 .

### 3.3.3. Metodología .

#### Fase I .

Se enfocó a la comparación de eficiencias entre la utilización de aire y oxígeno puro en el aerador biológico (anexo 1 tablas 7 y 8). Para ello se trabajó con dos módulos experimentales bajo las mismas condiciones de operación :  $Q_i$  , SSVLM ,  $Q_r$  ; uno de ellos se alimentó con aire y otro con oxígeno y un tercer módulo a diferentes condiciones de operación ( SSVLM ,  $Q_r$  ) , pero con suministro de oxígeno .

## Fase II .

Se determinaron las constantes cinéticas , con la modalidad de oxígeno puro en el tanque de aeración , para esto se emplearon tres módulos con diferentes condiciones de operación ( SSVLM , Qr ) , que cubrían el comportamiento de la planta .

Así mismo se realizó la comparación de las constantes cinéticas obtenidas en el proceso convencional y las de oxígeno puro , posteriormente se aplicaron a la planta para determinar la factibilidad técnico-económica de su posible sustitución .

### 3.3.4 Programa de muestreo .

El programa de muestreo se realizó de acuerdo a los requerimientos y evaluación de cada una de las fases y de la capacidad de tiempo y número de muestras que marcó el laboratorio , conforme al programa general del mismo .

Dado lo anterior se determinó la secuencia siguiente :

## Fase I .

Frecuencia : 2 veces por semana ( martes y jueves ) .

Tipo de análisis : 3-B ( 55 parámetros ) anexo 1 formato 1 .

Hora de muestreo : 7:30 hrs.

Lugar de muestreo : influente común , efluente de cada módulo .

Número de muestras : 4 por día ( 8 a la semana ) .

Duración : 2 meses ( 18 días de muestreo ) .

## Fase II .

Frecuencia : 3 veces por semana ( lun .mierc. vier.) .

Tipo de análisis : B especial ( 6 parámetros ) formato 2 .

Hora de muestreo : 9 :00 hrs.

Lugar de muestreo : influente común , aerador , recirculación y  
efluente .

Número de muestras : 10 por día ( 30 a la semana ) .

Duración : 2 meses ( 27 días de muestreo ) .

Además de la realización de pruebas de campo diarias en dos turnos,  
los parámetros determinados ( formato 2 ) son los siguientes :

- Temperatura ( influente y efluente ) .
- SSVLM .
- Sólidos sedimentables a los 30 ' .
- Oxígeno disuelto .
- Tasa de consumo de oxígeno ( TCO ) .

### 3.3.5. Formatos de captura e información .

Para el manejo y uso de los datos generados éstos se registran en :

- Bitacora que permanece en campo .
- Reporte diario para el control de proceso .
- Reporte de calidad ( exámen microscopico ) .
- Gráficas de evaluación de funcionamiento .

Anexo 1 , formatos 3 , 3.1 y 4 .

### 3.3.6. Control de proceso .

En el transcurso de la experimentación se hace necesario realizar  
ajustes que permitan mantener las condiciones deseadas, para esto  
es necesario mantener un control en los siguientes parámetros :

- Gasto influente .
- Gasto de recirculación .
- Gasto de purga .

### 3.3.7. Procesamiento de la información .

Los resultados analíticos de los muestreos realizados en el dispositivo experimental , se procesaron mediante análisis estadísticos . Los valores más representativos son los que se utilizaron para evaluar las eficiencias y obtener las constantes cinéticas .

En la fase I de la información generada se aprovecho el 90 % , la cual se resume en el anexo 1 .

En la fase II de la información generada se aprovecho el 85 % , de donde se obtuvo un resumen de datos con los cuales se realizaron los cálculos de las constantes cinéticas ( anexo 1 ) .

#### IV . ANALISIS DE RESULTADOS.

Las pruebas de laboratorio que actualmente se utilizan para el diseño , operación y control de los dispositivos experimentales ( D E T B ) no se encuentran estandarizados , aunque son ampliamente utilizados en la experimentación. Así mismo, estas pruebas o análisis están limitadas por la escala de los dispositivos ; así como por la cantidad de gastos a manejar .

Los resultados obtenidos están sujetos a dificultades inherentes , los errores más comunes en la operación de los DETB son los relacionados con :

- Escala física del sistema .
- Cuantificación de volúmenes .
- Niveles de potencia para transferencia de masa .
- Procedimiento de medición y evaluación de resultados .

Dado esto se buscó minimizar errores manteniendo un control en los siguientes puntos :

1. Ajustando las escalas del sistema de tratamiento , es decir del dispositivo con las reales en cuanto a dimensiones y flujos .
2. Mantenimiento periódico a líneas de conducción y componentes del sistema .
3. La cuantificación de volúmenes se ajustó con balances globales del sistema .
4. Relacionando los resultados de campo con los del laboratorio .

Con esto se puede concluir que la aplicación de cualquiera que sea el modelo aplicado a la información experimental , da valores sensiblemente similares al comportamiento real en una planta de tratamiento ; así como para la obtención de constantes cinéticas , teniendo lo siguiente :

## Fase I .

Realizando una comparación de los resultados obtenidos en cuanto a eficiencias de remoción empleando el proceso convencional ( aire ) y oxígeno puro ,de acuerdo a las condiciones implantadas en los módulos se observó lo siguiente :

- De los tres módulos , dos operando en condiciones similares de gasto influente ,concentración de SSVLM , gasto de recirculación y ajuste de gasto de purga , no presentaron cambios significativos en cuanto a la remoción de contaminantes ( tabla 9, anexo 1 ) .
- El tercer módulo , con concentración de SSVLM mayor , presenta similar característica de remoción ; con la diferencia de que se solubilizan algunos metales ( tabla 9 y 10 ) .
- En cuanto a la revisión respecto a parámetros que cumplen con el criterio de calidad se puede decir , que el número de éstos es el mismo y que no presentan variación significativa (tablas 11 y 12)
- Para determinar un posible cambio en cuanto a la sustitución de aire por oxígeno considerando únicamente remoción tendría que verificarse con un análisis económico .

## Fase II .

De la información generada y procesada en esta fase ( anexo 1 tablas 13 a 16 ) se obtuvieron las constantes cinéticas ( tabla 17 ) ; así como las gráficas correspondientes ( 1 a 3 ) que son aplicables de las formulas explicadas en el punto 3.2 del modelo matemático por ser una ecuación de primer orden ; de lo cual se observa que :

- La constante de remoción " K " presenta una rápida reacción para oxidar o degradar la materia orgánica ,esto representaría menor tiempo de retención hidráulico , así como volúmen del tanque de aeración .
- Respecto a la producción de lodos , la constante de síntesis " a " reaccionaba lentamente para generar nuevos microorganismos, esto se puede observar en la curva de la gráfica 4 ; donde el tiempo de vida es muy corto , aunado a esto , el coeficiente de respiración endógena " b " es muy bajo ; lo cual indica muy baja oxidación de lodos en el tanque de aeración , esto implica un aumento en la cantidad de purga de lodos ; así como lodos abultados que pueden provocar flotación .
- Los requerimientos de oxígeno para síntesis " a' " y fase endógena " b' " son alta y muy baja respectivamente , en cuanto a la constante de consumo para síntesis no es representativa del valor de la constante de reacción y producción de lodos , lo que indica que el contacto o distribución de oxígeno no fué adecuada .
- Así mismo las características observadas en los microorganismos presentes en el licor mezclado con oxígeno , se detecta la prevalesencia de un solo tipo ( ciliados fijos ) gráfica 5 ; con una regular sedimentación , con tipo de flóculo esponjoso o hinchado , como con un rango muy corto del tiempo medio de retención celular tendiendo a ser lodos inmaduros , en comparación con los generados por medio de difusión de aire ( gráfica 6 ) . También se observó que estos microorganismos son sensibles a las variaciones de carga orgánica teniendo efectos directos en su reproducción como en la calidad del efluente .

## V . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### V -1 . CONCLUSIONES .

Realizando un análisis global considerando las dos fases de experimentación y una sencilla evaluación económica , únicamente en el tanque de aeración o reactor biológico , se observó lo siguiente:

- La variante de sustituir el aire por oxígeno , no presenta cambios significativos de remoción .
- Respecto al comportamiento del proceso , no se observa mejoras de calidad y cantidad de microorganismos .
- Se presenta aumento en la solubilidad de metales que pueden ser removidos en procesos alternos .
- El proceso de lodos activados con oxígeno se vuelve muy sensible a los cambios de carga orgánica .
- El proceso es muy inestable , en consecuencia no es muy factible mantener un buen control sobre éste .
- La experimentación consideró condiciones reales y actuales de la planta .
- No fué aplicado un sistema cerrado en el tanque de aeración donde el oxígeno en su mayoría podría ser más aprovechado .
- La conversión del suministro de aire a oxígeno provóco problemas de mezclado, ocasionando zonas muertas, requiriendo equipo adicional para el mezclado .
- La experimentación fué limitada a un rango de condiciones de operación y proceso que la planta tiene definido .
- Técnicamente se requiere mayor cuidado para la operación con oxígeno , así como personal con mayor capacitación .
- Económicamente el proceso mencionado no es muy rentable por el

alto costo del oxígeno en comparación con la energía .

- Para el caso de la planta Cerro de la Estrella la sustitución de aire por oxígeno en lodos activados no es recomendable actualmente , por el alto costo ; así como por el cuidado y capacitación que se debe tener para su operación .
- La inestabilidad y sensibilidad que presenta el proceso no lo hace recomendable para las plantas de tratamiento pertenecientes a la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, donde la variación de calidad y cantidad en el proceso se hace presente .

## V - 2 . RECOMENDACIONES .

La alternativa de incluir oxígeno en el tratamiento de las aguas de la planta Cerro de la Estrella o a cualquier planta existente debe considerar :

- Inicio de un estudio de tratabilidad con datos recomendados bibliográficamente ( para el empleo de oxígeno ) .
- Considerar un sistema cerrado en el tanque de aeración .
- Realizar los ajustes necesarios en el transcurso de la experimentación.
- Considerar un rediseño en la estructura y proceso del sistema de tratamiento.
- Realizar un análisis técnico-económico del cambio considerando los resultados obtenidos de la experimentación .
- De los resultados obtenidos , éstos pueden ser aplicables considerando las limitaciones que esto trae en cuanto a la calidad y cantidad del agua residual a tratar .
- Por otra parte la diversificación en cuanto a métodos de tratamiento , así como las variantes que presenta el mismo proceso de lodos activados , hacen considerar proseguir con un estudio o experimentación donde se considere las variantes presentes en calidad y cantidad del agua , así como la flexibilidad que pueda presentar la sustitución de aire por oxígeno en el tratamiento biológico .

#### REFERENCIAS

- ( 1 ) Adams Carl E. Jr., Davis L Ford , Wesley Eckenfelder Jr.  
Development of design and operational criteria for  
wastewater treatment , Enviro press ,1981 .
- ( 2 ) DDF. DGCOH . Diseño y construcción de un dispositivo  
experimental para evaluar procesos biológicos de aguas  
residuales , 1981 .
- ( 3 ) Eckenfelder , W.W . y Ford ,D. L . Water pollution control.  
The Pemberton press Jenkins pub. Co. Austin y Nueva York .  
1970 .
- ( 4 ) Fair- Geyer y Okun .Purificación de aguas y tratamiento y  
remoción de aguas residuales , Limusa . 1981 .
- ( 5 ) Metcalf - Eddy . Tratamiento y depuración de las aguas  
residuales , Labor . 1977 .
- ( 6 ) R .S . Ramalho . Introduction to wastewater treatment  
process , New York , 1980 .
- ( 7 ) Yañes , Fabian ,Dr. Procesos de lodos activados y  
aeración prolongada , C.I.D.T.A.T. 1981 .
- ( 8 ) E P A . Ambient Water Quality .1980 .

## ANEXO 1



# RESULTADOS ANALITICOS



**SIVCARREN**  
Sistema de Monitoreo y Vigilancia de la  
Cobertura de Agua Residual y Resorvata

SITIO: \_\_\_\_\_

CLAVE: \_\_\_\_\_

FOLIO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_, HORA: \_\_\_\_\_

## RESULTADOS DE ANALISIS DE CAMPO

CVE	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	OBSERVACIONES
2701	pH			
2702	TEMPERATURA		°C	
2703	Oxígeno Disuelto		mg/l	
2704	Cloro Residual Libre		mg/l	
2705	Cloro Residual Total		mg/l	
2706	64870		mg/l	MUESTREO POR _____

## RESULTADOS DE ANALISIS BBB

CVE	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	CVE	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD
0101	pH			0701	CALCIO TOTAL		mg/l
0102	COLOR		Pt/Co	0702	MAGNESIO TOTAL		mg/l
0103	TURBIDEZ		UTA	0703	SODIO TOTAL		mg/l
0201	ALCALINIDAD TOTAL		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0704	POTASIO TOTAL		mg/l
0202	ALC. A LA FENOL FTALEINA		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0801	FIERRO SOLUBLE		mg/l
0203	NITRATA TOTAL		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0802	MANGANESO SOLUBLE		mg/l
0204	CAMBIOS		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0803	PLUMBO SOLUBLE		mg/l
0205	BICARBONATOS		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0804	CADMIO SOLUBLE		mg/l
0206	NITRITOS		mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	0805	MERCURIO SOLUBLE		mg/l
0207	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		µmhos/cm	0806	ARSENICO SOLUBLE		mg/l
0208	CLORURO		mg/l	0807	CROMO SOLUBLE		mg/l
0209	BORO		mg/l	0801	PLUMBO TOTAL		mg/l
0201	SOLUBIL TOTAL		mg/l	0802	MANGANESO TOTAL		mg/l
0202	SOLUBIL TOTAL FIJOS		mg/l	0803	PLUMBO TOTAL		mg/l
0203	SOLUBIL TOTAL VOL.		mg/l	0804	CADMIO TOTAL		mg/l
0204	SOL. DISUELTOS TOTAL		mg/l	0805	MERCURIO TOTAL		mg/l
0205	SOL. DISUELTOS FIJOS		mg/l	0806	ARSENICO TOTAL		mg/l
0206	SOL. DISUELTOS VOL.		mg/l	0807	CROMO TOTAL		mg/l
0207	SOL. SUSP. TOTAL		mg/l	1001	COLIFORMES FECALES		NUEP/ACOM
0208	SOL. SUSP. FIJOS		mg/l	1002	COLIFORMES TOTALES		NUEP/ACOM
0209	SOL. SUSP. VOL.		mg/l	1004	COLIFORMES FECALES		Coliformes/ACOM
0300	SOL. SEDIMENTABLES		mg/l-s	1005	COLIFORMES TOTALES		Coliformes/ACOM
0401	R.A.S. SOLUBLE		mg/l	1101	B.S.G. TOTAL		mg/l
0402	R.A.S. TOTAL		mg/l	1102	D.B.G. SOLUBLE		mg/l
0501	NITROGENO AMONIAICAL		mg/l	1103	D.G.O. TOTAL		mg/l
0502	NITROGENO TOTAL		mg/l	1104	D.G.O. SOLUBLE		mg/l
0503	NITROGENO DE NITRATO		mg/l	1105	CARBONO DMS TOTAL		mg/l
0504	FOSFORO TOTAL		mg/l	1201	GRASAS Y ACEITES		mg/l
0505	FOSFORO TOTAL		mg/l	1201	S.A.S.		mg/l
0506	NITROGENO DE NITRITO		mg/l				
0601	CALCIO SOLUBLE		mg/l				
0602	MAGNESIO SOLUBLE		mg/l				
0603	SODIO SOLUBLE		mg/l				
0604	POTASIO SOLUBLE		mg/l				

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

FORMATO N° 1

V. B. JEFE DE LA OPCION DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

V. B. JEFE DE LA SECCION DE ABSORCION ATOMICA

FECHA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

CAPTURADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_



DGCOH  
DIRECCION TECNICA  
SUB. DE DESARROLLO

UDPTR

OFICINA DE PROYECTOS EXPERIMENTALES  
DISPOSITIVO EXPERIMENTAL DE TRAT. BIOLÓGICO

PTAR \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_  
TURNO \_\_\_\_\_

PARAMETRO MUESTRA	TEMPERATURA °C	P. H.	TURBIDEZ M.T.U.	DOO SOLUBLE mg/l	SOLIDOS SUSPEND. TOTALES mg/l	SOLIDOS SUSPEND. mg/l	FLUOS mg/l	SOLIDOS SUSPEND. VOLATILES mg/l	OXIGENO DISUELTO mg/l	TASA DE CONSUMO DE OXIGENO mg/l	RELACION F/M	SOL. SED. 30"	VELOCIDAD DE ZONA DE SEDIMENTACION	SSVLM POR CENTRIFUGA	INDICE VOLUMETRICO DE LODOS
INFLUENTE COMUN															
TANQUE DE AIREACION MUESTRA COMPUESTA M-1															
TANQUE DE AIREACION MUESTRA COMPUESTA M-2															
TANQUE DE AIREACION MUESTRA COMPUESTA M-3															
EFLUENTE SEDIMENTADOR SECUNDARIO MOD. 1															
EFLUENTE SEDIMENTADOR SECUNDARIO MOD. 2															
EFLUENTE SEDIMENTADOR SECUNDARIO MOD. 3															
RECIRCULACION MOD. 1															
RECIRCULACION MOD. 2															
RECIRCULACION MOD. 3															

FORMATO N° 2



DGCOH  
DIRECCION TECNICA  
SUB. DE DESARROLLO

U.D.P.T.R.

OFICINA DE PROYECTOS EXPERIMENTALES  
DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

CONDICIONES DE OPERACION

PTAR. \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

TURNO \_\_\_\_\_

PARAMETROS	MOD-1	MOD-2	MOD-3
$Q_1$ (ml/min)			
SSVLM (mg/l)			
TASA DE RECIRC.			
$Q_2$ (l/min)			

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

PARAMETROS DE LABORATORIO EN CAMPO

PARAMETROS	UNIDADES	MODULO 1	MODULO 2	MODULO 3
SOL SED. EN 30 min	ml / l			
SSVLM POR CENTRIFUGA	mg / l vs % sol.			
TCO	mg / l min			
VZS	m / min			
IVL				
OD	mg / l			

PARAMETROS DE CONTROL OPERATIVO

PARAMETROS	UNIDADES	MODULO 1	MODULO 2	MODULO 3
$Q_1$	ml / min			
$Q_2$	l / min			
$Q_p$	l / dia			
TASA DE RECIRCULACION	%			
TEMPERATURA AMB.	°C			
TEMPERATURA AGUA	°C			

CONCLUSIONES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, EQUIPO Y/O PROCESO: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

SOLICITUD DE INSUMOS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FORMATO N° 3

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_



DGCOR

DIRECCION TECNICA

SUB. DE DESARROLLO

UDPTR

OFICINA DE PROYECTOS EXPERIMENTALES

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL DE TRAT. BIOLÓGICO

PTAR

FECHA

TURNO

HORA	CAUDAL INFLUENTE m <sup>3</sup> /min	TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA DEL AGUA °C	CAUDAL DE AIRE m <sup>3</sup> /min	PURGA EN EL SED. PRIMARIO m <sup>3</sup> /min	GASTO DE RECIRCULACION m <sup>3</sup> /min	PURGA EN EL REACTOR l/die	PURGA EN EL SED. SECUND. m <sup>3</sup> /die
------	---	----------------------------	----------------------------	---------------------------------------	--	---	------------------------------	---

MODULO 1


MODULO 2


MODULO 3


FORMATO N° 3.1



DGCOH  
DIRECCION TECNICA  
SUB. DE DESARROLLO

U.D.P.T.R.

OFICINA DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL  
REPORTE MICROSCOPICO DE LODOS ACTIVADOS

PTAR \_\_\_\_\_

HORA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

TEMPERATURA \_\_\_\_\_

TURNO \_\_\_\_\_

GRUPO DE MICROORGANISMOS		MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
AMIBOIDES										
FLAGELADOS										
CILIADOS LIBRES										
CILIADOS FIJOS										
ROTIFEROS										
NEMATODOS										
OTROS										

GRUPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	UNIDAD

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

FORMATO N°4

PERIODO

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
 DIRECCION GENERAL DE INVESTACION Y OPTIMIZACION ECONOMICA

DIRECCION TECNICA

SUBDIRECCION DE MUESTREO

ANALISIS PROCEDIMENTALES

REPORTE: R04

SETIO: ROPSON000600

MUNICIPIO: ESTRELLA

PERIODO ANALIZADO: 01/06/79 AL 30/06/79

FOJA NO. 1

CLAVE	DESCRIPCION	UNID	MUESTRA	MUESTRA	VALORES CALCULADOS			LIMITE COMPARATIVA DEL		CONCIENCIA DE RESERVA		COEFIC
					MIN	MAX	PROM	INFERIOR	SUPERIOR	PERMISITO	INTERES	
101 PM	28 NORMAL 20 20	754731+01	773896+01	786111+01	730668+01	779476+01	64377	729600+01	96			
102 COLOR	28 LOG-MO 20 20	117958+01	159168+01	120712+01	679006+02	140276+01	147476	74971+01	97			
103 TURBIDEZ	28 LOG-MO 20 20	676316+02	803801+02	744201+02	504111+02	112911+02	73277	379741+01	97			
201 ALUMINOSIDAD TOTAL	28 LOG-MO 5 20	245611+01	320051+01	437520+01	176111+01	129496+01	147476	46331+01	84			
203 NITRATA TOTAL	28 NORMAL 10 20	146671+01	186411+01	205801+01	125161+01	156411+01	453176	115011+01	88			
205 NITROAMONIOS	28 LOG-MO 5 20	245611+01	320051+01	437520+01	176111+01	129496+01	147476	46331+01	74			
207 CONDUCTIVIDAD ELECTR	28 NORMAL 10 20	760361+01	801361+01	894311+01	543306+01	305271+01	7072031	423911+01	10			
208 CLORURO	28 NORMAL 20 20	435061+02	535421+02	672111+02	322751+02	372751+02	3310051	166621+02	16			
209 AZO	21 NORMAL 20 20	336741+00	435001+00	530161+00	185041+00	427111+00	94960	124901+00	97			
210 SULFATOS	3 LOG-MO 10 20	179411+02	297131+02	407711+02	832751+02	1261751+02	170705	201651+01	97			
211 NITRATA DE CALCIO	4 NORMAL 10 20	830001+02	981611+02	147476+02	449051+02	960951+02	1143176	166174+02	100			
212 NITRATA DE MAGNESIO	4 NORMAL 20 20	632501+02	857641+02	891271+02	746121+02	870711+02	973406	187741+02	100			
301 SOL. TOTALS	28 LOG-MO 20 20	627811+01	697201+01	762941+01	326971+01	724411+01	61973	623791+01	97			
302 SOLUCIONES TOTALES FIZO	28 NORMAL 20 20	433361+01	475171+01	515051+01	269711+01	449621+01	1854459	327941+01	94			
303 SOL. TOTALES VOLATIL	27 NORMAL 20 20	198371+01	215561+01	271811+01	141641+01	254601+01	1616237	120571+01	95			
304 SOL. RESIDUOS TOTALES	27 NORMAL 5 20	505961+01	583661+01	667911+01	371951+01	621011+01	1543674	11491+01	10			
305 SOL. RESIDUOS FOSFOR	30 NORMAL 1 20	117871+02	454101+02	332321+02	746801+02	648681+02	1928920	156471+01	96			
306 SOL. RESIDUOS NITRAT	27 LOG-MO 20 20	117871+02	149311+02	190851+02	738041+02	172641+02	112805	140501+01	97			
307 SOL. RESIDUOS SULFAT	28 LOG-MO 20 20	116661+01	160261+01	228911+01	627911+01	140901+01	150361	294151+01	97			
308 SOL. SUSPENSIONES FIZO	28 LOG-MO 20 20	336461+02	604201+02	195611+02	158141+02	214761+02	244527	152701+02	95			
309 SOL. SUSPENSIONES SOL	28 LOG-MO 20 20	739961+02	797761+02	124491+02	456411+02	677301+02	129172	112171+01	94			
210 SOL. SUBSTRATAMINIS	27 NORMAL 2 20	195311+01	216261+01	321496+01	618006+01	272681+01	454970	105311+01	92			
300 NITROGENO AMONIACAL	27 NORMAL 20 20	121191+02	151981+02	181251+02	743176+01	160291+02	1245079	532996+01	96			
302 NITROGENO TOTAL	21 NORMAL 20 20	168741+02	223601+02	327861+02	122121+02	211611+02	127195	966741+01	94			
303 AZOTADOS	27 NORMAL 5 20	157731+00	235591+00	190601+00	390611+01	276771+00	36355	157311+01	92			
304 TRIBRIDO TOTAL	29 LOG-MO 0 20	533441+01	128271+02	296041+02	149691+01	261421+02	41517	6211+02	24			
305 FOSFOROS TOTALES	27 NORMAL 20 20	156481+02	209311+02	294761+02	769701+02	232011+02	243177	300750+01	97			
306 ORTOFOSFATOS	4 NORMAL 10 20	199491+02	218491+02	245201+02	143976+02	233011+02	1025672	156356+02	100			
307 NITROGENO PROTEICO	4 NORMAL 10 20	382501+01	412761+01	641621+01	136306+01	428001+01	113679	327166+01	100			
308 NITROGENO ORGANICO	3 LOG-MO 10 20	769051+01	101281+02	133671+02	522376+01	118881+02	91989	166941+01	100			
309 NITROGENO DE NITRITO	23 NORMAL 0 20	613911+01	991251+01	1297301+01	180671+01	1154461+01	18058	127611+02	91			
401 CALCIO SOLUBLE	28 LOG-MO 0 20	349311+02	532701+02	805811+02	123111+02	663911+02	2891170	722741+01	91			
402 MAGNESIO SOLUBLE	28 NORMAL 5 20	189411+02	278321+02	245421+02	146751+02	233111+02	142929	112771+02	71			
403 SODIO SOLUBLE	28 NORMAL 20 20	821571+02	975241+02	111991+02	592511+02	129611+02	182010	37991+01	91			
404 POTASIO SOLUBLE	28 LOG-MO 1 20	153052+02	270971+02	246451+02	940076+02	249771+02	146422	182341+01	91			
701 CALCIO TOTAL	28 NORMAL 20 20	362291+02	282341+02	430271+02	274571+02	410111+02	184527	245161+02	70			
702 MAGNESIO TOTAL	28 NORMAL 20 20	613911+02	222441+02	248211+02	159341+02	276591+02	12569	127641+02	70			
703 SODIO TOTAL	28 NORMAL 20 20	827701+02	978086+02	112231+02	396211+02	125781+02	182643	474261+02	69			
704 POTASIO TOTAL	28 NORMAL 20 20	151001+02	127561+02	195011+02	118181+02	165211+02	101262	106677+02	69			
801 FIERRO SOLUBLE	28 LOG-MO 20 20	852971+01	143401+00	241911+00	379071+01	191951+00	27500	32241+01	86			
802 MANGANESO SOLUBLE	28 NORMAL 20 20	797301+01	107651+00	132254+00	373791+01	122161+00	11633	206641+01	96			
803 PLUMBO SOLUBLE	28 NORMAL 0 20	500001+01	500001+01	500001+01	500001+01	500001+01	01560	193751+01	51			
804 CROMIO SOLUBLE	28 NORMAL 0 20	800001+02	800001+02	800001+02	870001+02	800001+02	01560	46884+02	10			
805 MERCURIO SOLUBLE	22 NORMAL 0 20	256361+01	889061+01	515501+01	367291+01	454901+01	00073	102011+01	81			

TABLA N°1

PIPERINA

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
 DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y RECONSTRUCCION  
 DIRECCION TECNICA  
 SUBDIRECCION DE RESASORCO  
 \*\*ANALISIS PROGRAMISTICO\*\*

REPORTE: R04

SITIO TOMSON 040460  
 MONTE IMPTE. PL C ESTRELLA  
 PERIODO ANALIZADO 01/ENE/89 AL 30/ABR/89

PAGE NO

CLAVE	PARAMETRO	MUN BASTES REVEL			VALORES CALCULADOS			LIMITE COMITANCIA BQ		ECONOMIA DE RECTA	CONTEC			
		NUM	PROBADA	CRITIC	PS01	PS02	PS03	INFERIOR	SUPERIOR					
006	MASACAO SOLUBLE	17	NOVAL	10	02	16191E+02	17154E+02	23991E+02	-1055E+04	2047E+02	00203	-2742E+03	74	
007	CRONO SOLUBLE	15	NOVAL	0	02	40214E+02	15924E+03	21744E+03	52534E+03	10074E+02	5020	1122E+03	72	
008	CINAC SOLUBLE	4	NOVAL	20	02	32753E+01	51105E+01	68207E+01	44792E+02	12294E+02	5045	1102E+03	71	
009	COMBE SOLUBLE	4	NOVAL	10	02	14500E+01	19893E+01	25031E+01	6704E+02	25364E+02	1129	5363E+02	68	
010	SILENCIO SOLUBLE	4	NOVAL	2	02	60000E+01	60000E+01	60000E+01	60000E+02	0000E+02	0	0000E+00	0	
011	SILENCIO SOLUBLE	4	NOVAL	20	02	24215E+02	26178E+02	27162E+02	25742E+02	26450E+02	1	4227E	25640E+02	73
001	TIERRA TOTAL	20	LOC-NO	20	02	71622E+00	12647E+01	20137E+01	24600E+00	14064E+01	2	2942E	1111E+01	62
002	ARGAMASA TOTAL	20	LOC-NO	20	02	91906E+01	13291E+00	18441E+00	52942E+01	15781E+00	1	5940E	2212E+01	60
003	PLOMO TOTAL	20	NOVAL	0	02	58214E+01	80422E+01	11174E+00	16547E+01	99891E+01	1	194E2	2953E+01	68
004	CUMPIO TOTAL	20	NOVAL	0	02	80000E+02	80000E+02	80000E+02	80000E+02	80000E+02	0	000E2	4634E+02	67
005	RESALCADO TOTAL	21	NOVAL	0	02	54905E+03	95889E+02	12497E+02	7238E+04	1127E+02	2015	1089E+03	92	
006	MASACAO TOTAL	18	LOC-NO	20	02	12161E+02	24489E+02	45595E+02	47379E+02	2073E+02	2	852E2	2319E+01	99
007	CRONO TOTAL	20	LOC-NO	0	02	13810E+01	27680E+01	53704E+01	80074E+02	19739E+01	2	56183	5421E+01	98
008	CINAC TOTAL	4	NOVAL	20	02	26125E+00	80600E+00	54414E+00	41131E+01	48121E+00	5205	95019E+02	100	
009	COMBE TOTAL	4	LOC-NO	5	02	42514E+01	52715E+01	5724E+01	27190E+01	2416E+01	1	12481	2489E+01	100
010	SILENCIO TOTAL	4	NOVAL	2	02	60000E+03	60000E+03	60000E+03	60000E+03	60000E+03	2	9000E	2050E+03	0
011	SILENCIO TOTAL	4	LOC-NO	10	02	25613E+02	27410E+02	26191E+02	25403E+02	25640E+02	1	2294E	22294E+01	100
1001	CULTORES TECNICOS	8	LOC-NO	20	02	17906E+02	16744E+02	22932E+02	60833E+01	53495E+02	2	29754	14534E+01	99
1002	CULTORES TECNICOS	10	LOC-NO	20	02	21147E+02	41632E+02	79502E+02	25063E+01	59241E+02	2	22954	1525E+01	99
1004	CULTORES TECNICOS	15	LOC-NO	20	02	54299E+02	23165E+02	82559E+04	59760E+04	49233E+04	5	62454	17632E+02	9
1005	CULTORES TECNICOS	14	NOVAL	20	02	10611E+09	17332E+09	21743E+09	24990E+07	10297E+09	1	16750	2267E+04	15
1101	B B O TOTAL	24	LOC-NO	20	02	49216E+02	14274E+03	22454E+03	43670E+02	18226E+03	2	80302	1415E+01	92
1102	B B O SOLUBLE	24	NOVAL	20	02	63800E+02	87994E+02	11183E+03	25050E+02	10190E+02	102	27674	13115E+02	92
1103	B B O TOTAL	26	LOC-NO	20	02	26307E+02	37240E+03	51370E+03	15495E+03	44656E+02	1	11391	4402E+01	90
1104	B B O SOLUBLE	25	LOC-NO	20	02	11124E+03	17406E+03	26646E+03	54359E+02	21460E+02	1	4647	27420E+01	90
1201	GRANOS Y ACILITES	20	LOC-NO	20	02	22991E+02	49661E+02	10526E+03	68278E+01	70011E+02	1	46278	12977E+01	90
1201	S B A H	27	NOVAL	20	02	10670E+02	12858E+02	18890E+02	30400E+01	12931E+02	12	08764	44492E+01	92
1501	CLORURO DE ALUMINO	1	NOVAL	0	02	14800E+02	10932E+20	21457E+20	11670E+04	1869E+20	0	00000	00000E+00	0

TODAS LAS UNIDADES DE LOS PARAMETROS ESTAN EN MG/L EXCEPTO EN LOS SIGUIENTES  
 0102-P/L0-0103-0104-C-0107-0108-0109-0310-0311/EL1001-MP/100L, 1002-MP/100L, 1004 y 1005: columnas/100ml  
 LOS PARAMETROS 1001 Y 1002 SE MULTIPLICAN POR 1 DE/04

TABLA N°1

REPORTE: 003

TABLA No. 2

\*\* ANALISIS ESTADISTICO \*\*

PERICUDO ESTIAJE

CLAVE	PARAMETRO	SITIO 005508E004660		MOMENTO: 01/OCT/88 AL 30/ABR/89		MOMENTO: PI C ESTRELLA		DESVIAC. ESTADIST.	MEDIA GEOMETRICA	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
		NO. HUES. BITEC	NO. BEDIA AZET.	BEDIA S/MO.	BEDIA S/BJN.	BEDIA S/MO./M/DH					
101 PH		28	20	7535E+01	7524E+01	7500E+01	7533E+01	1.059E+00	7534E+01	7730E+01	7280E+01
102 COLOR		25	25	1562E+03	1502E+03	1400E+03	1535E+03	5165E+02	1482E+03	3000E+03	6500E+02
103 TURBIDEZ		25	25	7316E+02	7138E+02	7433E+02	7257E+02	1529E+02	7161E+02	1162E+03	4500E+02
101 ALCALINIDAD TOTAL		28	20	2559E+03	2538E+03	2574E+03	2553E+03	1613E+02	2554E+03	2900E+03	2270E+03
203 DUREZA TOTAL		25	25	1622E+03	1610E+03	1633E+03	1621E+03	1465E+02	1615E+03	1900E+03	1370E+03
205 BICARBONATOS		28	20	2559E+03	2538E+03	2574E+03	2553E+03	1613E+02	2554E+03	2900E+03	2270E+03
207 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		25	25	7318E+03	7264E+03	7350E+03	7317E+03	3621E+02	7319E+03	8100E+03	6570E+03
100 CLORUROS		25	25	4622E+02	4606E+02	4783E+02	4713E+02	9476E+01	4555E+02	6400E+02	2000E+02
109 BORO		25	25	3292E+00	3221E+00	3308E+00	3310E+00	8006E-01	3165E+00	5000E+00	1000E+00
21* "MILIOS"		4	4	2005E+02	2032E+02	2362E+02	2500E+02	1609E+02	2330E+02	5100E+02	1100E+02
71* DUREZA DE CALCIO		5	5	8566E+02	8308E+02	8975E+02	8767E+02	9470E+01	8504E+02	9650E+02	6900E+02
712 DUREZA DE MAGNESIO		5	5	8540E+02	8325E+02	8675E+02	8432E+02	8683E+01	8524E+02	9400E+02	8000E+02
301 SOL. TOTALES		25	25	6294E+03	6337E+03	6428E+03	6370E+03	5802E+02	6324E+03	7700E+03	5500E+03
309 SOLIDOS TOTALES FIJOS		25	25	4252E+03	4323E+03	4371E+03	4342E+03	2871E+02	4343E+03	5000E+03	3900E+03
303 SOL. TOTALES VOLATILES		25	25	2042E+03	1993E+03	2069E+03	2027E+03	3997E+02	2004E+03	3160E+03	1400E+03
304 SOL. DISUELTOS TOTALES		25	25	5304E+03	5273E+03	5336E+03	5302E+03	4120E+02	5291E+03	6100E+03	4600E+03
305 SOL. DISUELTOS FIJOS		25	25	4014E+03	3994E+03	4025E+03	4013E+03	2575E+02	4007E+03	4510E+03	3500E+03
306 SOL. DISUELTOS VOLATILES		25	25	1291E+03	1244E+03	1316E+03	1289E+03	3010E+02	1254E+03	1900E+03	6800E+02
307 SOL. SUSPENSIVOS TOTALES		25	25	1368E+03	1362E+03	1126E+03	1101E+03	3552E+02	1008E+03	1700E+03	1800E+02
308 SOL. SUSPENSIVOS FIJOS		25	25	3389E+02	3229E+02	3304E+02	3321E+02	1800E+02	2777E+02	7000E+02	4300E+01
309 SOL. SUSPENSIVOS VOLATILES		25	25	7511E+02	7308E+02	7794E+02	7948E+02	7342E+02	7056E+02	1230E+03	1800E+02
310 SOL. SEDIIMENTABLES		25	24	7542E+00	5694E+00	7824E+00	5909E+00	1086E+01	3015E+00	5000E+01	1200E+00
501 NITROGENO AMONIACAL		25	25	1381E+02	1369E+02	1404E+02	1392E+02	1915E+01	1367E+02	1680E+02	8300E+01
502 NITROGENO TOTAL		25	23	2108E+02	2018E+02	2141E+02	2081E+02	5279E+01	2054E+02	4100E+02	1390E+02
503 NITRATOS		25	25	1712E+00	1408E+00	1742E+00	1424E+00	1462E+00	1408E+00	9000E+00	1800E+00
504 FOSFORO TOTAL		25	25	5844E+01	5754E+01	5979E+01	5899E+01	1455E+01	5634E+01	8000E+01	2400E+01
505 FOSFATOS TOTALES		24	24	1803E+02	1773E+02	1845E+02	1818E+02	4513E+01	1734E+02	2400E+02	7900E+01
506 ORTOFOSFATOS		5	5	1812E+02	1722E+02	1905E+02	1818E+02	3177E+01	1783E+02	2100E+02	1400E+02
507 "NITROGENO PROTEICO		4	4	3425E+01	3732E+01	4000E+01	3950E+01	2112E+00	3812E+01	4100E+01	3100E+01
508 "NITROGENO ORGANICO		5	4	1238E+02	8167E+01	1447E+02	9200E+01	7546E+01	1052E+02	2500E+02	6100E+01
509 NITROGENO DE NITROS		25	25	7360E-01	7042E-01	7367E-01	7102E-01	4437E-01	6712E-01	2000E+00	500E-01
601 CALCIO SOLUBLE		25	25	3124E+02	3102E+02	3164E+02	3122E+02	4146E+01	3104E+02	3900E+02	2400E+02
602 MAGNESIO SOLUBLE		25	25	1900E+02	1887E+02	1913E+02	1899E+02	1512E+01	1894E+02	2700E+02	1600E+02
603 SODIO SOLUBLE		25	25	8244E+02	8150E+02	8300E+02	8271E+02	8800E+01	8199E+02	1030E+02	6900E+02
604 POTASIO SOLUBLE		25	25	1424E+02	1423E+02	1443E+02	1432E+02	1003E+01	1430E+02	1700E+02	1200E+02
701 CALCIO TOTAL		25	25	3208E+02	3254E+02	3320E+02	3284E+02	4406E+01	3259E+02	4100E+02	2350E+02
702 MAGNESIO TOTAL		25	25	1944E+02	1930E+02	1956E+02	1942E+02	1591E+01	1937E+02	2200E+02	1600E+02
703 SODIO TOTAL		25	25	8208E+02	8203E+02	8346E+02	8260E+02	8742E+01	8244E+02	1033E+03	5910E+02
704 POTASIO TOTAL		25	25	1459E+02	1449E+02	1469E+02	1456E+02	1004E+01	1455E+02	1700E+02	1200E+02
801 FERRINO SOLUBLE		25	21	6414E-01	6395E-01	6495E-01	6464E-01	2005E-01	6253E-01	1100E+00	500E-01
802 BARRANCO SOLUBLE		25	25	8192E-01	7700E-01	8498E-01	7957E-01	2518E-01	7332E-01	2000E+00	1800E-01

TABLA N° 2

REPORTE: R03

SITIO ROYSOBE040669 NOMBRE INTF. PT. C ESTRELLA  
 PERIODO ANALIZADO 01/OCT/88 AL 30/MAR/89

CLAVE	PARAMETRO	NO. BUES.	NO. DEDEC.	REGIA ARII	REGIA S/MAE	REGIA S/MJK	REGIA S/MAE/REM	DESVIAC. ESTANDAR	REGIA GEOMETRICA	VALOR REALIZO	VALOR NINGRO
803	PLOMO SOLUBLE	25	25	5000E-01	5000E-01	5000E-01	5000E-01	4279E-04	5000E-01	5000E-01	5000E-01
804	CADABO SOLUBLE	25	25	8000E-02	8000E-02	8000E-02	8000E-02	9631E-03	8000E-02	8000E-02	8000E-02
805	ARSENICO SOLUBLE	24	25	1334E-03	1643E-03	3192E-03	2713E-03	2375E-03	2622E-03	1790E-02	2900E-03
806	COBRE SOLUBLE	24	23	9274E-03	8650E-03	9514E-03	8871E-03	5538E-01	7811E-03	2300E-02	4500E-01
807	CRONO SOLUBLE	25	25	8440E-02	8167E-02	8450E-02	8747E-02	1444E-02	8351E-02	1550E-01	8500E-02
808	CINIC SOLUBLE	5	5	2900E-01	2125E-01	3375E-01	2500E-01	1908E-01	2264E-01	6000E-01	1000E-01
809	COBRE SOLUBLE	5	5	1560E-01	1450E-01	1750E-01	1667E-01	5476E-01	1450E-01	2000E-01	8500E-02
810	SILICIO SOLUBLE	5	5	6000E-03	6000E-03	6000E-03	6000E-03	3016E-06	6000E-03	6000E-03	6000E-03
811	SILICIO SOLUBLE	5	5	2668E-02	2638E-02	2675E-02	2650E-02	5831E+00	2659E+02	2750E+02	2400E+02
901	NIERO TOTAL	25	21	7902E+00	6197E+00	7327E+00	6497E+00	4849E+00	5316E+00	2310E+01	5800E-01
902	MGANESO TOTAL	25	25	1184E+00	1058E+00	1434E+00	1097E+00	1649E+00	1052E+00	9200E+00	1800E-01
903	PLOMO TOTAL	25	25	5000E-01	5000E-01	5000E-01	5000E-01	4279E-04	5000E-01	5000E-01	5000E-01
904	CADABO TOTAL	25	25	8000E-02	8000E-02	8000E-02	8000E-02	9631E-03	8000E-02	8000E-02	8000E-02
905	RECURSO TOTAL	24	23	5274E-03	4640E-03	5423E-03	4729E-03	3035E-03	3444E-03	2500E-02	2900E-03
906	ARSENICO TOTAL	24	25	1322E-02	1457E-02	1796E-02	1511E-02	1643E-02	1225E-02	8190E-02	2900E-03
907	CRONO TOTAL	25	25	1592E-01	1242E-01	1625E-01	1261E-01	1875E-01	1188E-01	1060E+00	8900E-02
908	CINIC TOTAL	5	5	2450E+00	1632E+00	2786E+00	2082E+00	1771E+00	2121E+00	4900E+00	1100E+00
909	COBRE TOTAL	5	5	4600E-01	4000E-01	5000E-01	4332E-01	1326E-01	4414E-01	7000E-01	3900E-01
910	SILICIO TOTAL	5	5	6000E-03	6000E-03	6000E-03	6000E-03	3016E-06	6000E-03	6000E-03	6000E-03
911	SILICIO TOTAL	5	5	2706E+02	2642E+02	2732E+02	2683E+02	1138E+01	2704E+02	2980E+02	2400E+02
1001	COLIFORMES FECALES	9	9	4741E+06	2334E+06	5290E+06	2164E+06	6971E+02	2389E+06	2490E+09	4300E+07
1002	COLIFORMES TOTALES	20	19	8049E+08	2941E+08	4261E+08	3108E+08	5246E+02	2250E+08	2490E+09	2300E+07
1004	COLIFORMES FECALES	5	5	7667E+07	3500E+07	1900E+08	4000E+07	2767E+07	5769E+07	1690E+08	3300E+07
1005	COLIFORMES TOTALES	5	5	1190E+09	7375E+08	1408E+09	9833E+08	1053E+09	1884E+06	3090E+09	1300E+05
1101	D. B. O. TOTAL	25	23	1144E+03	1125E+03	1165E+03	1144E+03	2099E+02	1105E+03	1570E+03	6600E+02
1102	D. B. O. SOLUBLE	25	22	6377E+02	6785E+02	6652E+02	6485E+02	1940E+02	5911E+02	1000E+03	6000E+01
1103	D. Q. O. TOTAL	24	24	2868E+03	2816E+03	2914E+03	2862E+03	6576E+02	2792E+03	4060E+03	1790E+03
1104	D. Q. O. SOLUBLE	25	24	1351E+03	1305E+03	1378E+03	1329E+03	3719E+02	1305E+03	2450E+03	7700E+02
1201	FRASAS Y ACEITES	24	21	3400E+02	3020E+02	3325E+02	3163E+02	2280E+02	2464E+02	1180E+03	3900E+01
1301	A. A. B.	25	25	1258E+02	1234E+02	1282E+02	1259E+02	2949E+01	1222E+02	1820E+02	6650E+01
1501	CLOROFENOL	1	1	1480E+02	8000E+00	8000E+00	8000E+00	8000E+00	1480E+02	1480E+02	1480E+02

R E L A C I O N I S

COLIF. FECALES	COND. ELECTRICA	SOL SUS VOLATI	SOL. TOT. VOLATILES	SOL. TOT. VOLATI	D. B. O. SOLUBLE	D. B. O. SOLUBLE
D. B. O. SOLUBLE	SOL. BIS. TOT.	D. B. O. SOLUBLE	NITROGENO TOTAL	D. Q. O. SOLUBLE	NITROG. AMONIA	FOSFATOS TOTALES
4111E+00	1382E+01	1274E+01	9767E+01	1537E+01	4252E+01	3351E+01
D. B. O. SOLUBLE	SOL. SUSP. VOL.	D. Q. O. SOLUBLE	D. Q. O. SOLUBLE	D. Q. O. SOLUBLE	D. B. O. TOTAL	NITROG. AMONIA
4451E+00	6344E+03	9932E+01	7527E+01			

TABLA N° 2

REPORTI 003

CLAVE	PARÁMETRO	SITIO 005060040460		PERIODO AMPLIADO 01/ANV/89 AL 30/SEP/89		NOMBRE ITEM	PI C ESTRELLA	DESIGNAC ESTABIMC	MEDIA GEOMETRICA	UNIDAD	VALOR	VALOR RANGIO
		NO. HUES. DETEC	NO. META	REDA S/MAX	REDA S/MIN							
101 PH		0	8	7667+01	7636+01	2726+01	2700+01	1982+00	7667+01	7990+01	7250+01	
102 COLOR		0	7	10711+03	10001+03	1167+03	1160+03	3142+02	10711+03	1500+03	5000+02	
103 TURBIDEZ		0	8	6281+02	5943+02	6571+02	6771+02	1399+02	6281+02	6700+02	6300+02	
201 ALCALINIDAD TOTAL		0	8	25311+03	21431+03	23061+03	22791+03	1793+01	25311+03	5000+03	6100+03	
203 DUREZA TOTAL		0	8	15921+03	15401+03	17291+03	16701+03	3391+02	15921+03	1900+03	6400+02	
205 BICARBONATOS		0	8	25311+03	21431+03	23061+03	22791+03	1321+00	25311+03	5000+03	6100+03	
207 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		0	8	59591+03	57131+03	65331+03	63481+03	17701+03	59591+03	7671+03	10001+03	
200 CLORUROS		0	8	42131+02	40291+02	47001+02	45331+02	14041+02	42131+02	5700+02	1800+02	
209 BORO		0	4	30031+00	26001+00	35001+00	30001+00	1451+00	30001+00	5000+00	10001+00	
301 SOL TOTALES		0	8	58901+03	57301+03	60911+03	59431+03	7049+02	58901+03	6600+03	4000+03	
302 SOLIDOS TOTALES FIJOS		0	8	40051+03	39311+03	42001+03	41471+03	5625+02	40051+03	4500+03	2600+03	
303 SOL TOTALES VOLATILES		0	8	18051+03	18031+03	19001+03	1871+03	3087+02	18051+03	2400+03	1500+03	
304 SOL. RESULTOS TOTALES		0	8	4321+03	41171+03	47231+03	45421+03	1311+03	4321+03	5000+03	1500+03	
305 SOL. RESULTOS FIJOS		0	8	37561+03	31091+03	35731+03	34531+03	10841+03	37561+03	4200+03	10001+03	
306 SOL. RESULTOS VOLATILES		0	8	10731+03	10091+03	11501+03	11081+03	2377+02	10731+03	1500+03	1300+03	
307 SOL SUSPENDIDOS TOTALES		0	8	15611+03	13691+03	16941+03	14921+03	4227+02	15611+03	2400+03	10001+03	
308 SOL. SUSPENDIDOS FIJOS		0	8	74381+02	56711+02	83431+02	63471+02	69741+02	74381+02	7000+02	4000+02	
309 SOL. SUSPENDIDOS VOLATILES		0	8	81251+02	74411+02	86001+02	79501+02	10001+02	81251+02	1300+02	4000+02	
310 SOL. SEBIMENTALES		0	8	150001+01	120001+01	170001+01	138001+01	138001+01	150001+01	150001+01	100001+01	
501 NITROGENO AMONICAL		0	7	900001+01	791711+01	104711+01	996011+01	472911+01	900001+01	150011+01	200011+01	
502 NITROGENO TOTAL		0	7	147911+02	139011+02	161911+02	151811+02	550011+01	147911+02	200011+02	500011+02	
503 METANOS		0	7	107111+00	131711+00	201711+00	139011+00	139011+00	107111+00	100011+00	200011+00	
504 FOSFORO TOTAL		0	8	121711+01	104911+01	120611+01	121211+01	142311+01	121711+01	150011+01	640011+01	
505 FOSFATOS TOTALES		0	8	990011+01	875711+01	110411+02	990011+01	502311+01	990011+01	179011+02	190011+01	
509 METANOS DE METRITOS		0	8	1066711+01	500011+01	120011+00	500001+01	660011+01	1066711+01	100011+01	500011+01	
601 CALCIO SOLUBLE		0	8	120811+02	119611+02	135711+02	134811+02	760711+01	120811+02	460011+02	140011+02	
602 MAGNESIO SOLUBLE		0	8	168811+02	161411+02	187111+02	181711+02	532511+01	168811+02	123111+02	400011+02	
603 SODIO SOLUBLE		0	8	710011+02	675711+02	738411+02	761711+02	213811+01	675711+02	890011+02	800011+02	
604 POTASIO SOLUBLE		0	8	132511+02	127111+02	142911+02	136311+02	295011+01	132511+02	170011+02	600011+02	
701 CALCIO TOTAL		0	8	146411+02	136111+02	171711+02	164211+02	726111+01	146411+02	135711+02	160011+02	
702 MAGNESIO TOTAL		0	8	176111+02	169311+02	193711+02	188711+02	521311+01	176111+02	166011+02	520011+02	
703 SODIO TOTAL		0	8	713411+02	673611+02	791911+02	764311+02	237411+01	673611+02	841111+02	850011+02	
704 POTASIO TOTAL		0	8	136411+02	130711+02	146111+02	141711+02	296611+01	136411+02	131611+02	450011+02	
801 TIERRA SOLUBLE		0	8	800011+01	728611+01	842911+01	786711+01	278411+01	728611+01	130011+01	500011+01	
802 HANCAHOSO SOLUBLE		0	8	912111+01	612911+01	764311+01	708211+01	721211+01	912111+01	110011+01	100011+01	
803 PLOMO SOLUBLE		0	8	500011+01	500011+01	500011+01	500011+01	100011+01	500011+01	100011+01	100011+01	
804 COBALTO SOLUBLE		0	8	800011+02	800011+02	800011+02	800011+02	100011+02	800011+02	800011+02	800011+02	
805 NIQUELO SOLUBLE		0	7	200011+03	200011+03	200011+03	200011+03	100011+03	200011+03	200011+03	100011+03	
806 ARSENICO SOLUBLE		0	7	110011+02	400011+01	133311+02	400011+01	121211+02	110011+02	120011+02	100011+02	
807 CROMO SOLUBLE		0	8	120011+01	820011+02	135711+01	833311+02	121411+01	102111+01	450011+01	800011+02	
901 TIERRA TOTAL		0	8	108811+01	854311+00	118611+01	930011+00	885411+00	108811+01	272011+01	400011+00	

TABLA N° 3

PIREPOJ

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCIONES Y OPERACIONES AERONAUTICAS

ASOCIACION DE DEFENSORES

ANALISIS ESTADISTICO

REPORTE: P03

CLAVE	PARAMETRO	SITIO 001001040460		NOMBRE ENTRE PERIODOS ANALIZADOS				DEVIACION ESTANDAR	METRICA	UNIDAD	VALOR
		NO. MUES.	NO. BERIC	ME DIA	ME DIA	ME DIA	ME DIA				
902	MANGANESO TOTAL	8	8	906E-01	.875E-01	935E-01	908E-01	142E-01	294E-01	1100E+00	770E-01
903	PLOMO TOTAL	8	8	709E-01	500E-01	728E-01	500E-01	177E-01	59E-01	213E+00	500E-01
904	CADMIO TOTAL	8	8	800E-02	800E-02	900E-02	800E-02	283E-02	150E-02	60E+00	800E-02
905	MERCURIO TOTAL	8	7	514E-03	232E-03	564E-03	260E-03	522E-03	238E-03	180E+00	170E-03
906	ARSENICO TOTAL	8	8	205E-02	142E-02	160E-02	190E-02	164E-02	177E-02	100E+00	190E-02
907	COBRO TOTAL	8	8	372E-01	214E-01	143E-01	236E-01	79E-01	194E-01	100E+00	300E-01
1004	COLIFORMES FECALIS	8	8	950E+07	660E+07	1120E+08	200E+07	142E+07	471E+07	24E+07	100E+07
1005	COLIFORMES TOTALES	8	8	177E+09	105E+09	1129E+09	121E+09	653E+08	145E+08	100E+09	160E+09
1101	B. B. O. TOTAL	8	8	665E+02	560E+02	778E+02	650E+02	237E+02	620E+02	190E+03	100E+02
1102	B. B. O. SOLUBLE	8	7	196E+02	113E+02	143E+02	372E+02	220E+02	151E+02	160E+02	170E+02
1103	B. B. O. TOTAL	8	8	237E+03	217E+03	2549E+03	237E+03	100E+03	212E+03	170E+03	90E+03
1104	B. B. O. SOLUBLE	8	7	824E+02	713E+02	890E+02	789E+02	297E+02	145E+02	120E+03	60E+02
1201	GRASAS Y ACEITES	7	6	343E+02	196E+02	406E+02	145E+02	337E+02	217E+02	107E+03	160E+02
1301	S. B. A. A.	8	7	700E+01	535E+01	786E+01	620E+01	294E+01	593E+01	157E+02	190E+01

R E S U M E N

COLIF. FECALIS	COND. ELECTRICA	SOL. SUS. VOLATE	SOL. TOT. PORATEILES	SOL. TOT. VOLATE	D. Q. O. SOLUBLE	D. Q. O. SOLUBLE
0.000E+00	132E+01	227E+01	134E+02	242E+01	574E+01	410E+01
B. B. O. SOLUBLE	SOL. SUS. VOL.	D. Q. O. SOLUBLE	D. Q. O. SOLUBLE			
442E+00	121E+01	134E+02	927E+01			

0000E+00

SUMA 0002 A 0007 0009 0002 A 0007

1306E+00 174E+00

TODAS LAS UNIDADES DE LOS PARAMETROS ESTAN EN PPM/EXCEPTO EN LOS SIGUIENTES:

0102-PP/C, 2102-07H 0174-c, 2107-n, 2108-c, 0116-c, 0118, 1001-n, 1002-PP/100, 1001-1004, 1005-c, 1006-c, 1007-c, 1008-c, 1009-c

REPORTE RG3

SUBDIRECCION DE DESARROLLO

TABLA N° 4 \*\* ANALISIS ESTADISTICO \*\* PERIODO ESTIATE

CLAVE	PARAMETRO	SITIO TOPSOREC04690		NOMBRE PT C DE LA ESTRELLA			DESVIAC ESTANDAR	MEDIA GEOMETRICA	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO	
		PERIODO ANALIZADO		01/OCT/80	BL	30/ABR/89					
		NO DETEC	NO AREA ARIT	AREA S/M2	AREA S/M2	AREA S/M2					
101 PH		20	20	7627E+01	7600E+01	7654E+01	7637E+01	1849E+00	7624E+01	7970E+01	7100E+01
102 COLOR		25	25	3180E+02	2896E+02	3271E+02	2978E+02	2140E+02	2771E+02	1000E+03	1000E+02
103 TURBIDEZ		25	25	5144E+01	3150E+01	5304E+01	2730E+01	9854E+01	3252E+01	5300E+02	1300E+01
201 ALCALINIDAD TOTAL		20	20	1697E+03	1647E+03	1706E+03	1664E+03	2778E+02	1667E+03	2450E+02	1330E+03
203 DUREZA TOTAL		25	25	1566E+03	1556E+03	1576E+03	1565E+03	1259E+02	1561E+03	1870E+03	1340E+03
205 BICARBONATOS		20	20	1687E+03	1647E+03	1706E+03	1664E+03	2716E+02	1667E+03	2450E+03	1330E+07
207 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		25	25	6562E+03	6314E+03	6585E+03	6557E+03	3052E+02	6555E+03	7230E+03	6620E+03
208 CLORUROS		25	24	5367E+02	5322E+02	5400E+02	5355E+02	4239E+01	5350E+02	6400E+02	4600E+02
209 DOR		25	25	3439E+00	3166E+00	3499E+00	3212E+00	1421E+00	3276E+00	1000E+01	2000E+00
2 NITRATOS		5	5	7506E+02	7250E+02	7425E+02	7331E+02	5550E+01	7488E+02	8000E+02	7000E+02
21 DUREZA DE CALCIO		6	6	7917E+02	7670E+02	8260E+02	7975E+02	1147E+02	7831E+02	9430E+02	6700E+02
212 DUREZA DE MAGNESIO		6	6	8082E+02	7920E+02	8220E+02	8056E+02	6047E+01	8061E+02	8900E+02	7400E+02
301 SOL. TOTALES		25	25	4977E+03	4953E+03	4998E+03	4974E+03	2920E+02	4968E+03	5540E+03	4460E+03
302 SOLIDOS TOTALES FIJOS		25	25	4198E+03	3993E+03	4223E+03	4016E+03	1030E+03	4120E+03	9120E+03	3640E+03
303 SOL. TOTALES VOLATILES		25	25	9792E+02	9667E+02	9767E+02	9662E+02	1959E+02	9578E+02	1290E+03	5600E+02
304 SOL. DISUELTOS TOTALES		25	25	4705E+03	4679E+03	4879E+03	4862E+03	8878E+02	4459E+03	5320E+03	5330E+02
305 SOL. DISUELTOS FIJOS		25	25	3981E+03	3958E+03	3997E+03	3973E+03	2146E+02	3976E+03	4540E+03	3600E+03
306 SOL. DISUELTOS VOLATILES		25	25	9156E+02	9021E+02	9129E+02	9194E+02	1916E+02	8932E+02	1240E+03	5000E+02
307 SOL. SUSPENSIBOS TOTALES		25	25	8488E+01	7875E+01	8667E+01	8043E+01	5021E+01	7375E+01	2300E+02	4000E+01
308 SOL. SUSPENSIBOS FIJOS		25	25	4320E+01	4292E+01	4583E+01	4348E+01	1560E+01	4251E+01	1000E+02	3000E+01
309 SOL. SUSPENSIBOS VOLATILES		25	25	7006E+01	6675E+01	7125E+01	6739E+01	2871E+01	6503E+01	1600E+02	4000E+01
310 SOL. SEDIMENTABILES		25	25	1000E+00	1000E+00	1000E+00	1000E+00	9457E-04	1000E+00	1000E+00	1000E+00
501 NITROGENO AMONIAICAL		25	25	2008E+01	1737E+01	2083E+01	1804E+01	2317E+01	7924E+00	8500E+01	2000E+00
502 NITROGENO TOTAL		25	24	3275E+01	2996E+01	3192E+01	3105E+01	2349E+01	2534E+01	8700E+01	6000E+00
503 NITRATOS		25	21	4940E+02	4770E+02	5187E+02	5016E+02	1996E+03	3829E+02	9420E+02	1000E+00
504 FOSFORO TOTAL		25	23	4291E+01	4227E+01	4395E+01	4333E+01	1014E+01	4182E+01	5700E+01	2000E+01
505 FOSFATOS TOTALES		25	23	1318E+02	1297E+02	1349E+02	1330E+02	3101E+01	1271E+02	1740E+02	6000E+01
506 ORTOFOSFATOS		6	6	9500E+01	8000E+00	8000E+00	8000E+00	8000E+00	9500E+01	9500E+01	9500E+01
5 TIPOCIMO PROTEICO		5	5	6148E+00	5175E+00	6900E+00	5867E+00	2314E+00	5707E+00	1000E+01	3100E+00
506 NITROGENO ORGANICO		6	6	1940E+01	1450E+01	2275E+01	1733E+01	1111E+01	1626E+01	3900E+01	6000E+00
509 NITROGENO DE NITRITOS		25	25	7120E+01	6500E+01	7208E+01	6565E+01	4546E+01	6285E+01	2200E+00	5000E+01
601 CALCIO SOLUBLE		25	25	3170E+02	3135E+02	3202E+02	3167E+02	4365E+01	3138E+02	4000E+02	2400E+02
602 MAGNESIO SOLUBLE		25	25	1871E+02	1859E+02	1883E+02	1870E+02	1462E+01	1865E+02	2160E+02	1600E+02
603 SODIO SOLUBLE		25	25	7980E+02	7921E+02	8021E+02	7961E+02	5886E+01	7959E+02	9400E+02	7000E+02
604 POTASIO SOLUBLE		25	25	1381E+02	1376E+02	1388E+02	1383E+02	8342E+00	1378E+02	1500E+02	1200E+02
701 CALCIO TOTAL		25	25	3177E+02	3142E+02	3210E+02	3174E+02	4437E+01	3145E+02	4020E+02	2400E+02
702 MAGNESIO TOTAL		25	25	1889E+02	1868E+02	1891E+02	1879E+02	1440E+01	1874E+02	2160E+02	1610E+02
703 SODIO TOTM.		25	25	8066E+02	7947E+02	8043E+02	7983E+02	5758E+01	7985E+02	9420E+02	7100E+02
704 POTASIO TOTAL		25	25	1384E+02	1379E+02	1391E+02	1387E+02	8241E+00	1381E+02	1500E+02	1200E+02
801 FIERRO SOLUBLE		25	21	5357E+01	5275E+01	5375E+01	5273E+01	8683E+02	5297E+01	8000E+01	5000E+01
802 ZINCAMONIO SOLUBLE		25	25	2680E+01	275E+01	2712E+01	2400E+01	1056E+01	2349E+01	1000E+00	1000E+01

TABLA N° 4

PIREPOS

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO LIBRECA  
 DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA  
 SUBDIRECCION DE DESARROLLO  
 \*\* ANALISIS ESTADISTICO \*\*

NO 402A 2

REPORTE ROJ

CLASE	PARAMETRO	SITIO TOMS080640490		NOMBRE PT C DE LA ESTRELLA				DESUAC ESTANDAR	MEDIA GEOMETRICA	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
		NO HUES	NO DETEC	PERIODO ANALIZADO	01/OCT/88 AL	30/ABR/89	MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA				
				ARIT	S/MAX	S/MIN	S/MAX/MIN				
903 PLOMO SOLUBLE		25	25	5000E-01	5000E-01	5000E-01	5000E-01	4279E-04	5000E-01	5000E-01	5000E-01
904 CADRIO SOLUBLE		25	25	8000E-02	8000E-02	8000E-02	8000E-02	9651E-05	8000E-02	8000E-02	8000E-02
905 MERCURIO SOLUBLE		24	23	2117E-03	2000E-03	2123E-03	2000E-03	5606E-04	2076E-03	4700E-03	2000E-03
906 ARSENICO SOLUBLE		24	25	7132E-03	6576E-03	7546E-03	6794E-03	5760E-03	6517E-03	2500E-02	2000E-03
907 CROMO SOLUBLE		25	25	9000E-02	9000E-02	9000E-02	9000E-02	9651E-05	9000E-02	9000E-02	9000E-02
908 CINC SOLUBLE		5	6	3167E-01	2600E-01	3400E-01	3000E-01	1067E-01	2994E-01	5000E-01	2000E-01
909 COBRE SOLUBLE		5	6	1233E-01	8800E-02	1320E-01	9300E-02	7951E-02	1074E-01	3000E-01	8000E-02
910 SELICIO SOLUBLE		6	6	6000E-03	6000E-03	6000E-03	6000E-03	2753E-04	6000E-03	6000E-03	6000E-03
911 SILICIO SOLUBLE		6	6	2670E+02	2584E+02	2652E+02	2615E+02	1007E+01	2619E+02	2900E+02	2460E+02
912 FIERRO TOTAL		25	21	1367E+00	6475E+01	1295E+00	6552E-01	1886E+00	7849E-01	9450E+00	5000E-01
ANQUEMO TOTAL		25	25	3708E-01	3446E-04	3788E-01	3517E-01	2364E-01	3118E-01	1000E+00	1800E-01
903 PLOMO TOTAL		25	25	5000E-01	5000E-01	5000E-01	5000E-01	4279E-04	5000E-01	5000E-01	5000E-01
904 CADRIO TOTAL		25	25	8000E-02	8000E-02	8000E-02	8000E-02	9651E-05	8000E-02	8000E-02	8000E-02
905 MERCURIO TOTAL		25	24	4154E-03	3683E-03	4248E-03	3759E-03	4030E-03	3002E-03	1500E-02	2000E-03
906 ARSENICO TOTAL		25	24	1442E-02	1070E-02	1174E-02	1100E-02	6953E-03	9416E-03	2800E-02	4000E-03
907 CROMO TOTAL		25	25	8800E-02	9000E-02	8800E-02	8800E-02	3923E-03	8872E-02	1000E-01	8000E-02
908 CINC TOTAL		6	6	8250E-01	7300E-01	9100E-01	8370E-01	4000E-01	6982E-01	1300E+00	3000E-01
909 COBRE TOTAL		6	6	2217E-01	1866E-01	2500E-01	2125E-01	9444E-02	2000E-01	4000E-01	8000E-02
910 SELICIO TOTAL		6	6	6000E-03	6000E-03	6000E-03	6000E-03	2753E-04	6000E-03	6000E-03	6000E-03
911 SILICIO TOTAL		6	6	2633E+02	2584E+02	2668E+02	2615E+02	1259E+01	2630E+02	2900E+02	2460E+02
1001 COLIFORMES FECALIS		17	15	1799E+05	2127E+04	1927E+05	2288E+04	5942E-01	1007E+04	2400E+04	3000E+02
1002 COLIFORMES TOTALES		19	16	1694E+05	1813E+04	1793E+05	4054E+04	5454E-01	1824E+04	2400E+04	3000E+01
1004 COLIFORMES FECALIS		6	3	4833E+02	2250E+02	7150E+02	4300E+02	4039E+02	2049E+02	1000E+03	2000E+01
1005 COLIFORMES TOTALES		6	6	1334E+04	5404E+03	1599E+04	6740E+03	1901E+04	2426E+03	5300E+04	5000E+03
1101 D B O TOTAL		25	20	2390E+01	2200E+01	2495E+01	2300E+01	1541E+01	1900E+01	6000E+01	4000E+00
1102 D B O SOLUBLE		25	23	1187E+01	1150E+01	1227E+01	1190E+01	4848E+00	1082E+01	2000E+01	3000E+00
1103 D Q O TOTAL		25	25	4681E+02	4235E+02	4815E+02	4355E+02	2816E+02	4085E+02	1540E+03	1470E+02
1104 D Q O SOLUBLE		25	25	3028E+02	2900E+02	3108E+02	2978E+02	1482E+02	2647E+02	6100E+02	1103E+02
12** GRASAS Y ACEITES		25	23	6609E+01	5682E+01	6864E+01	5905E+01	6486E+01	4590E+01	2700E+02	1000E+01
1. . . A . A . B		25	25	2960E+01	2875E+01	3045E+01	2960E+01	1127E+01	2711E+01	5000E+01	9000E+00
2704 CLORO RESIDUAL LIBRE		18	15	6933E+00	5843E+00	7429E+00	6077E+00	7178E+00	0000E+00	2500E+01	0000E+00
2705 CLORO RESIDUAL TOTAL		18	18	9871E+00	7846E+00	9769E+00	8500E+00	6745E+00	9000E+00	2500E+01	0000E+00

R E L A C I O N E S

COLIF FECALIS	COMP ELECTRICA	NITROG AROMEA	SOL TOT VOLATILES	SOL TOT DQO	D B O SOLUBLE	D B O SOLUBLE
D B O SOLUBLE	SOL DIS TOT	D B O SOLUBLE	NITROGENO TOTAL	D Q O SOLUBLE	NITROG AROMEA	FOSFATOS TOTALES
9302E-03	1470E+01	6009E+01	3777E+02	3591E+01	1364E+01	8515E-01
D B O SOLUBLE	SOL DISP SOL	D Q O SOLUBLE	D Q O SOLUBLE			
D Q O SOLUBLE	D B O TOTAL	NITROG AROMEA	FOSFATOS TOTALES			

TABLA N° 4



PERFIL-01

NO. HOJA 2

REPORT

ANÁLISIS DE LOS NUTRIENTES EN LA ESTRELLA  
 ESTACION DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
 • ANÁLISIS DE NUTRIENTES

CLAVE	DESCRIPCION	NITROGENO		FOSFORO		POTASIO		SODIO		CALCIO		VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
		MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L	MG /L		
901	FIENSO TOTAL	9	1963E+00	2143E+01	1143E+00	5667E+01	6977E+01	4094E+01	2800E+00	5020E+01			
902	MEMBRANO TOTAL	1	3223E+01	2137E+01	4119E+01	2617E+01	1271E+01	2137E+01	2137E+01	1200E+01	1500E+01		
903	PROTEIN TOTAL	2	5000E+01	5000E+01	5000E+01	5000E+01	1170E+01	5000E+01	5000E+01	5000E+01	5000E+01		
904	AMILASA TOTAL	3	8000E+02	8000E+02	8000E+02	8000E+02	1000E+02	8000E+02	8000E+02	8000E+02	8000E+02		
905	ALFAPIRUBIN	4	1400E+01	1400E+01	1400E+01	1400E+01	1500E+01	1400E+01	1400E+01	1400E+01	1400E+01		
906	ALFAPIRUBIN TOTAL	4	1200E+01	1200E+01	1200E+01	1200E+01	1500E+01	1200E+01	1200E+01	1200E+01	1200E+01		
907	CLORO TOTAL	5	8000E+01	8000E+01	8000E+01	8000E+01	1000E+01	8000E+01	8000E+01	8000E+01	8000E+01		
1004	COLIFORMES TOTALES	6	1700E+03	6800E+03	2267E+03	1900E+03	1900E+03	1320E+02	4800E+03	6000E+03	6000E+03		
1005	COLIFORMES TOTALES	7	4640E+04	1942E+04	5210E+04	2490E+04	6540E+04	2130E+04	2100E+05	1400E+03			
1101	B.O.D. TOTAL	8	2122E+01	1600E+01	1000E+01	1750E+01	1790E+01	1812E+01	600E+01	1000E+01	1000E+01		
11	B.O.D. SUABLE	9	2057E+01	122E+01	1700E+01	1490E+01	2000E+01	142E+01	7000E+01	600E+01	600E+01		
1103	B.O.D. SUABLE	10	3697E+02	3360E+02	4000E+02	7000E+02	1750E+02	4900E+02	600E+01	1000E+01			
1104	B.O.D. SUABLE	11	8221E+02	1979E+02	2490E+02	270E+02	1194E+01	1392E+02	4000E+02	1000E+01	1000E+01		
1201	GRASAS Y ACEITES	12	6470E+01	4550E+01	2050E+01	4800E+01	5200E+01	5020E+01	1800E+02	1000E+01			
1301	S.A.B.	13	2225E+01	1942E+01	1410E+01	1170E+01	1075E+00	2020E+01	4200E+01	900E+01			
2704	CLORO RESIDUAL CLORO	14	1000E+01	5000E+00	1500E+01	1000E+01	1500E+00	500E+00	1000E+01	1000E+01			
2705	CLORO RESIDUAL CLORO	15	1000E+01	1000E+00	1000E+01	1000E+01	1000E+00	1000E+01	1000E+01	1000E+01			

R E S U M E N

COLIF. TOTALES	COND. ALTERABLE	NITROGENO SUABLE	FOSFORO SUABLE	POTASIO SUABLE	B.O.D. SUABLE	B.O.D. SUABLE
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00
1000E+00	1317E+01	5070E+01	401E+02	3577E+01	3580E+01	1223E+00

0000E+00

SUMA GRUPO A 1000 1000E+00

TABLA N.º 5

TABLA No. 6 - COMPARACION CON CRITERIOS DE CALIDAD .  
 - EFICIENCIAS DE REMOCION .

PARAMETROS	RESULT.		% DE RESULT.		CRITERIOS .	
	ESTIAJE	REM..	LLUVIA	REM.	RAV	ENF.
PH	7.62	-	7.9	-	6.5	7.5
COLOR	27.7	81	22.9	77	60	60
TURBIDEZ	3.25	95	4.97	92	20	10
ALC. TOT.	166	35	175	18	500	300
CONDUCT. ELECT.	655	10	605	-	3000	500
CLORUROS	53	-	53	-	500	500
BORO	0.327	-	0.29	-	2	N.S.
SOLIDOS TOTALES	496	22	468	20	1500	1000
SOL. TOT. FIJOS	412	5.0	379	400	1000	500
SOL. TOT. VOLATILES	95	53	87	53	500	500
SOL. DIS. TOTALES	445	16	459	-	1000	900
SOL. DIS. FIJOS	397	1.0	318	-	500	400
SOL. DIS. VOLATILES	89	29	80	22	485	500
SOL. SUSP. TOTALES	7	93	8	94	500	400
SOL. SUSP. FIJOS	4	86	4	91	500	100
SOL. SUSP. VOLATILES	6	91	7	91	15	0
SOL. SEDIMENTABLES	0.1	97	0.1	86	1.0	0
NITROGENO AMONIACAL	0.79	94	0.39	93	5.0	5.0
NITROGENO TOTAL	2.5	88	2.2	84	10	10
NITRATOS	3.8	-	7.4	-	50	25
FOSFORO TOTAL	4.1	27	3.4	-	50	50
CALCIO TOTAL	31.4	4.0	35	-	150	30
MAGNESIO TOTAL	18.7	4.0	18	-	100	100
SODIO TOTAL	79.8	3.0	76.7	-	100	100
POTASIO TOTAL	13.8	5.0	13.9	-	150	100
FIERRO TOTAL	0.07	87	0.091	89	0.3	0.1
MANGANESO TOTAL	0.031	70	0.029	67	0.05	0.5
PLOMO TOTAL	0.05	-	0.05	16	5.0	0.1
CADMIO TOTAL	0.008	-	0.008	-	0.1	0.1
MERCURIO TOTAL	0.0003	18	0.00025	26	0.0015	0.0015
ARSENICO TOTAL	0.0009	26	0.0007	42	0.1	0.1
CROMO TOTAL	0.008	33	0.008	80	0.1	0.1
COLIFORMES FECALES	1000	99	73	99	1500	50
COLIFORMES TOTALES	5300	97	2139	99	30000	10
DBO SOLUBLE	1.1	98	1.4	96	20	20
DQO SOLUBLE	26	80	16	79	50	50
GRASAS Y ACEITES	4.5	83	5.0	76	50	20
SAAM	2.7	78	2.02	66	1.0	5.0

TODAS LAS UNIDADES ESTAN EN mg/l EXCEPTO : PH , COLOR ( PT / Co ) ;  
 TURBIDEZ ( UTN ) , COND. ELECTRICA ( UMHOS / cm ) ; COLIFORMES  
 ( N.C. / 100 ml . ) .

TABLA No. 7 - CONDICIONES DE OPERACION .

FASE I .

MODULO	1	2	3
GASTO INFLUENTE			
Qi ( l/min )	0.5	0.5	0.5
VOLUMEN DEL REACTOR			
Va ( l )	169.4	169.4	169.4
TASA DE RECIRCULACION			
r ( Qr / Qi )	0.30	0.30	0.40
DQO. INF. AL REACTOR			
So ( mg / l )	126	126	119
SSVLM			
Xa ( mg / l )	1200	1200	2500
GASTO DE RECIRCULACION			
Qr ( l / min . )	0.15	0.15	0.20
SSVr			
Xr ( mg / l )	5200	5200	8750
RELACION ALIM.-MICROORG.			
F / M ( d <sup>-1</sup> )	0.58	0.58	0.28
GASTO DE AIRE			
Qa ( l/min. )	15	-	-
GASTO DE OXIGENO			
Qo <sub>2</sub> ( l/min. )	-	6.0	4.0

TABLA No. 8 - CONDICIONES DE OPERACION .  
FASE II .

MODULO	1	2	3
GASTO INFLUENTE			
$Q_i$ ( l/min. )	0.5	0.5	0.5
VOLUMEN DEL REACTOR			
$V_a$ ( l )	169.4	169.4	169.4
TASA DE RECIRCULACION			
$r$ ( $Q_r/Q_i$ )	0.20	0.30	0.40
DQO INF. AL REACTOR			
$S_o$ ( mg/l )	135	126	119
SSVLM			
$X_a$ ( mg/l )	1000	1700	2500
GASTO DE RECIRCULACION			
$Q_r$ ( l/min )	0.10	0.15	0.20
SSVr			
$X_{vr}$ ( mg/l )	5000	7360	8750
RELACION ALIM.-MICROORG.			
$F/M$ ( $d^{-1}$ )	0.69	0.41	0.28
GASTO DE OXIGENO			
$Q_{O_2}$ ( l/min )	6.0	8.0	10.0



Dirección General de  
Construcción y Operación Hidráulica



**SIVCAREN**  
Sistema de Información y Vigilancia de la  
Calidad de Agua Residual y Renovada

TABLA No. 9 PORCENTAJES DE REMOCION

CLAVE	PARAMETRO	UNIDADES	INFLUENTE	EFLUENTES			REDUCCION		
				MOD. 1	MOD. 2	MOD. 3	M-1	M-2	M3
0101	PH								
0102	COLOR	PT/CO							
0103	TURBIDEZ	NTU							
0201	ALCALI TOTAL	mg/LCaCO3							
0202	ALCALI A LA FENOLFTALEINA	mg/LCaCO3							
0203	DUREZA TOTAL	mg/LCaCO3							
0204	CARBONATOS	mg/LCaCO3							
0205	BICARBONATOS	mg/LCaCO3							
0206	HIPOCLORITOS	mg/LCaCO3							
0301	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	umhos/cm	700	609.8	619.3	626.8	14	12	11
0302	CLORURO	mg/l	23.35	23.35	26.3	15.66	10	5	7
0303	BOR	mg/l	0.41	0.28	0.24	0.24	36	29	40
0401	SOL. TOTALES	mg/l	277.5	323.03	473.4	446.7	22	44	27
0402	SOL. TOTALES FIJOS	mg/l	277.5	323.03	363.4	363.4	0	0	0
0403	SOL. TOTALES VOLATILES	mg/l	0	0	107.4	95.6	60	60	61
0404	SOL. DISUELTOS TOTALES	mg/l	0	0	465.34	450	17	10	13
0405	SOL. DISUELTOS FIJOS	mg/l	0	0	367.5	367.5	0	0	0
0406	SOL. DISUELTOS VOLATILES	mg/l	133.7	99.6	99.2	81.4	39	27	30
0407	SOL. SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	150.8	7.26	2.2	2.2	98	96	97
0408	SOL. SUSPENDIDOS FIJOS	mg/l	150.8	7.26	0.0	0.0	97	97	97
0409	SOL. SUSPENDIDOS VOLATILES	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
0410	SOL. SECIMENTABLES	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
0501	NITROGENO AMONIACAL	mg/l	0.40	0.40	0.40	0.27	33	33	33
0502	NITROGENO TOTAL	mg/l	2.0	2.0	1.9	1.53	24	28	23
0504	FOSFORO TOTAL	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
0601	FOSFATOS TOTALES	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
0601	CALCIO SOLUBLE	mg/l	23.4	33.4	33.0	32.4	-	-	-
0602	MAGNESIO SOLUBLE	mg/l	17.37	17.49	17.85	16.6	-	-	-
0603	sodio soluble	mg/l	71.35	70.51	71.3	70.3	10	8	10
0604	POTASIO SOLUBLE	mg/l	33.28	32.48	32.48	32.0	2	2	2
0701	CALCIO TOTAL	mg/l	15.33	17.68	17.81	16.81	4	4	4
0703	SODIO TOTAL	mg/l	14.9	13.79	13.75	13.35	9	9	10
0704	POTASIO TOTAL	mg/l	0.07	0.05	0.05	0.05	30	16	30
0801	FIERRO SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0802	MANGANESO SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0803	PLUMBO SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0804	CADMIUM SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0805	MERCURIO SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0806	ARSENICO SOLUBLE	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0901	Crom. soluble	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
0901	FIERRO TOTAL	mg/l	0.77	0.66	0.66	0.67	62	60	61
0902	MANGANESO TOTAL	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	78	78	78
0903	PLUMBO TOTAL	mg/l	0.08	0.08	0.08	0.08	-	-	-
0904	CADMIUM TOTAL	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.008	-	-	-
0905	MERCURIO TOTAL	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	-	-	-
0906	ARSENICO TOTAL	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	-	-	-
1001	COP. FORMAS TOTALES	mg/l	0.016	0.008	0.008	0.008	50	50	50
1101	D.O. TOTAL	mg/l/100ml							
1102	D.O. SOLUBLE	mg/l							
1103	D.O. TOTAL	mg/l	24.39	32.65	35.0	27.4	87	85	86
1104	D.O. SOLUBLE	mg/l	22.39	26.62	28.5	21.4	80	80	80
1201	GRASAS Y ACEITES	mg/l	18.4	7.82	8.5	14.3	81	81	81
1301	S.S.A.M	mg/l	10.53	1.0	1.0	1.0	77	75	81

TABLA No. 10 - COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES EN EL PROCESO  
 DE LODOS ACTIVADOS CON AERACION CONVENCIONAL  
 COMPARADO CON LA DIFUSION DE OXIGENO PURO .

PARAMETROS QUE SE REMUEVEN	MOD-1 AIRE	MOD-2 OXIGENO	MOD-3 OXIGENO
100 %	6	6	7
50 - 90 %	11	13	10
25 - 50 %	8	6	9
25 %	14	14	15
NO SE REMUEVEN	9	9	7



Dirección General de  
Construcción y Operación Hidráulica



**SIVCARREN**  
Sistema de Información y Vigilancia de la  
Calidad de Aguas Residuales y Renovables

TABLA Nº II COMPARACION DE LOS EFLUENTES CON CRITERIOS DE CALIDAD .

CLAVE	PARAMETRO	UNIDADES	MOD I	MOD 2	MOD 3	R.A.V.	ENFRIA.
0101	PH						
0102	COLOR	Pt/Co					
0103	TURBIDEZ	NTN					
0201	ALCAL. TOTAL	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0202	ALCAL. A LA FENOLFTALEINA	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0203	DUREZA TOTAL	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0204	CARBONATOS	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0205	BICARBONATOS	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0206	HIDROXIDOS	mg/l CaCO <sub>3</sub>					
0307	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µmhos/cm	603.9	619.9	628.8	3000	500
0308	CLORUROS	mg/l	21.95	46.49	45.66	500	500
0309	BORO	mg/l	0.28	0.29	0.25	2.0	5.0
0301	SOL. TOTALES	mg/l	462	477.25	458.5	1500	1000
0302	SOL. TOTALES FIJOS	mg/l	265.77	269.37	256.8	3000	500
0303	SOL. TOTALES VOLÁTILES	mg/l	196.23	207.88	201.7	1000	500
0304	SOL. DISUELTOS TOTALES	mg/l	196.23	207.88	201.7	1000	500
0305	SOL. DISUELTOS FIJOS	mg/l	99.6	97.25	93	485	500
0306	SOL. DISUELTOS VOLÁTILES	mg/l	96.63	110.63	108.7	500	500
0307	SOL. SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	2.37	2.0	2.0	500	700
0308	SOL. SUSPENDIDOS FIJOS	mg/l	5.44	5.5	4.2	15	0
0309	SOL. SUSPENDIDOS VOLÁTILES	mg/l	0.1	0.1	0.1	1.0	0
0310	SOL. SECIMENTABLES	mg/l	0.4	0.24	0.22	5.0	5.0
0301	NITRÓGENO AMONIACAL	mg/l	2.5	1.9	1.53	15	10
0302	NITRÓGENO TOTAL	mg/l	2.5	2.8	2.7	50	30
0304	FOSFORO TOTAL	mg/l	33.4	33.0	32.3	150	35
0305	FOSFATOS TOTALES	mg/l	17.5	17.85	16.68	100	100
0601	CALCIO SOLUBLE	mg/l	70.51	71.62	70.2	100	100
0602	MAGNESIO SOLUBLE	mg/l	13.60	13.68	13.31	150	100
0603	SODIO SOLUBLE	mg/l	33.45	33.6	33.0	150	30
0604	POTASIO SOLUBLE	mg/l	17.58	17.93	16.81	100	100
0701	CALCIO TOTAL	mg/l	70.68	71.85	70.4	100	100
0702	MAGNESIO TOTAL	mg/l	13.72	13.73	13.35	150	100
0703	SODIO TOTAL	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.3	0.1
0704	POTASIO TOTAL	mg/l	0.02	0.02	0.018	0.05	0.5
0801	FIÉRR0 SOLUBLE	mg/l	0.05	0.05	0.05	5.0	0.4
0802	MANGANESO SOLUBLE	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
0803	PLOMO SOLUBLE	mg/l	0.000251	0.000276	0.000218	0.0015	0.0015
0804	CADMI0 SOLUBLE	mg/l	0.000772	0.000724	0.000718	0.1	0.1
0805	MERCURIO SOLUBLE	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
0806	ARSENICO SOLUBLE	mg/l	0.05	0.08	0.07	0.3	0.1
0807	CROMO SOLUBLE	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.3	0.5
0901	FLUORO TOTAL	mg/l	0.05	0.05	0.05	5.0	0.1
0902	MANGANESO TOTAL	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
0903	PLOMO TOTAL	mg/l	0.000384	0.000202	0.00025	0.0015	0.0015
0904	CADMI0 TOTAL	mg/l	0.00183	0.00168	0.00175	0.1	0.1
0905	MERCURIO TOTAL	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
0906	ARSENICO TOTAL	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
0907	CROMO TOTAL	mg/l	0.008	0.008	0.008	0.1	0.1
1002	COEF0RMES TOTALES	NMP/100ml					
1101	D.O. TOTAL	mg/l					
1102	DRO SOLUBLE	mg/l	32.65	35	27.4	50	11.5
1103	DRO TOTAL	mg/l	26.2	28.2	24.4	50	50
1104	DRO SOLUBLE	mg/l	7.82	8.1	7.2	50	50
1201	GRASAS Y ACEITES	mg/l	1.0	5.0	2.2	1.0	5.0
1301	S.A.A.M	mg/l					

**TABLA No. 12 - COMPARACION ENTRE EL NUMERO DE PARAMETROS QUE  
CUMPLEN CON LOS CRITERIOS DE CALIDAD .**

<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>	<b>RIEGO DE AREAS VERDES</b>	<b>LLENADO DE LAGOS</b>	<b>ENFRIAMIENTO</b>
<b>MODULO</b>			
<b>1</b>	<b>41</b>	<b>46</b>	<b>41</b>
<b>2</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>42</b>
<b>3</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>45</b>

TABLA No 13 - VALORES PROMEDIO PARA EL CALCULO  
DE LAS CONSTANTES CINETICAS .

PARAMETRO	Qi l/d	So mg/l	TRH d	SSVLM Xa mg/l	TCO Rr mg/l-d	Qr l/d	Qp l/d	Se l/d
MODULO								
1	784	129	0.178	1184	733	165	33	36
2	763	122	0.172	1706	738	223	19	31
3	763	116	0.166	2639	747	273	12	25

TABLA No 14 - VALORES PARA EL CALCULO DE LA CONSTANTE K .

PARAMETRO	So mg/l	Se mg/l	Xa mg/l	Qi l/d	TRH d	So-Se mg/l	Xa*t mg*d/l	So-Se/ Xa*t d <sup>-1</sup>
MODULO								
1	129	36	1184	784	0.178	93	211	0.441
2	122	31	1706	763	0.172	91	293	0.310
3	116	25	2639	763	0.166	91	438	0.207

TABLA No 15 - VALORES PARA EL CALCULO DE LAS CONSTANTES a Y b .

PARAMETRO	$\frac{So-Se}{Xa * t}$ d <sup>-1</sup>	Xa * t mg-d/ l	Xv / V mg-d/l	$\frac{Xv / V}{Xa}$ d <sup>-1</sup>
MODULO				
1	0.441	211	236	0.199
2	0.310	293	201	0.118
3	0.207	438	171	0.065

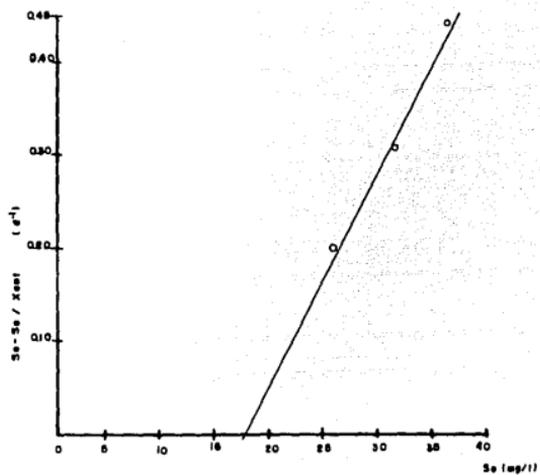
TABLA No. 16 - VALORES PARA EL CALCULO DE LAS CONSTANTES a' Y b'

PARAMETRO	$\frac{S_0 - S_e}{X_a \cdot t}$ d <sup>-1</sup>	Rr mg O <sub>2</sub> /l-d	Xa mg/l	Rr / Xa d <sup>-1</sup>
MODULO				
1	0.441	733	1184	0.619
2	0.310	738	1706	0.432
3	0.207	747	2639	0.283

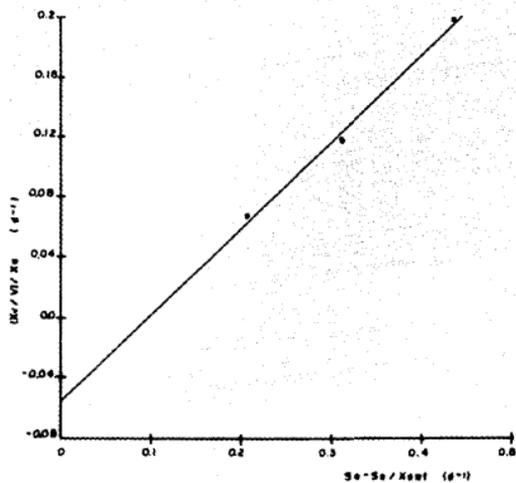
TABLA No. 17 - VALOR DE LAS CONSTANTES CINETICAS CON OXIGENO PURO Y POR DIFUSION DE AIRE .

NOMBRE	NOMENCLATURA	VALOR	VALOR *	UNIDAD
REMOCION DE SUSTRATO	K	0.0234	0.021	d <sup>-1</sup>
SINTESIS DE LODOS	a	0.47	0.90	kg SSVLM kg DQO <sub>r</sub> .
RESPIRACION ENDOGENA	b	0.049	0.145	d <sup>-1</sup>
CONSUMO DE O <sub>2</sub> SINTESIS	a'	1.49	0.517	kg O <sub>2</sub> DQO <sub>r</sub> f.
CONSUMO DE O <sub>2</sub> FASE ENDOG.	b'	0.037	0.096	d <sup>-1</sup>
MATERIA NO BIODEGRADABLE	Sn	17		mg / l

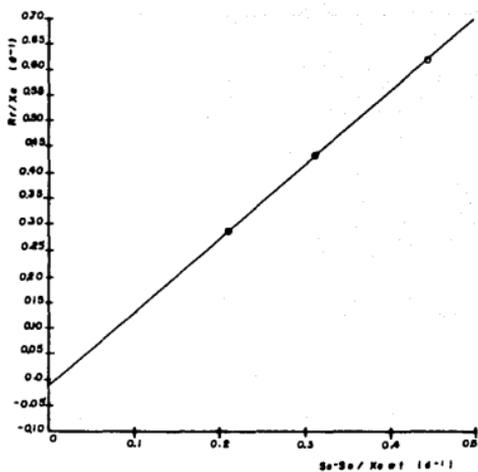
\* PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS POR DIFUSION DE AIRE " PLANTA CERRO DE LA ESTRELLA ". EXPERIMENTACION PARA LA ING. BASICA EN 1989 .



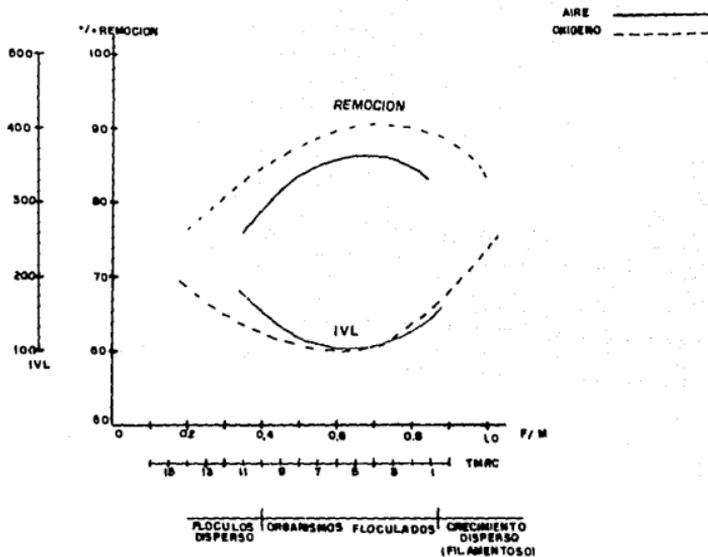
GRAFICA N° 1 CALCULO DE LA CONSTANTE CINETICA 'K'



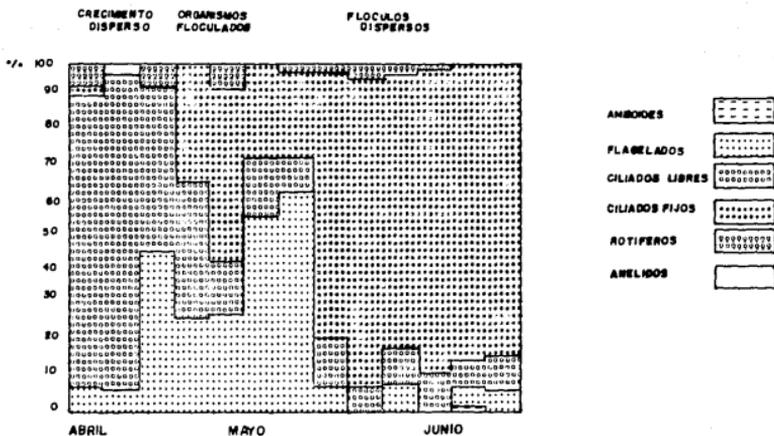
GRAFICA N° 2 CALCULO DE LAS CONSTANTES CINETICAS  $\mu$  Y  $k_d$



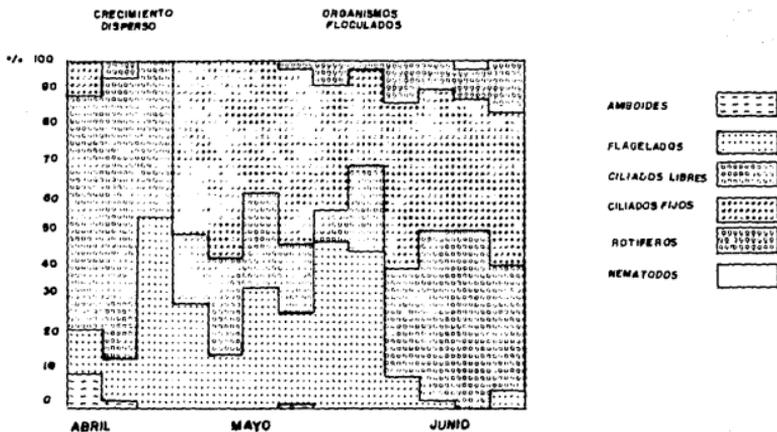
GRAFICA N° 3 CALCULO DE LAS CONSTANTES CINÉTICAS  $a'$  Y  $b'$



**GRAFICA N° 4** VARIACION DEL INDICE VOLUMETRICO DE LODOS Y REMOCION CON F/M Y TIEMPO DE RETENCION CELULAR CON CARACTERISTICA DEL FLOCULO EN EL PROCESO.



**GRAFICA N° 5** PORCENTAJE RELATIVO DE MICROORGANISMOS CONTRA LA CALIDAD DEL FLOCULO (MOD. OXIMEN)



**GRAFICA N° 6** PORCENTAJE RELATIVO DE MICROORGANISMOS CONTRA LA CALIDAD DEL FLOCULO (MOD. AME)

## ANEXO 2

## MEMORIA DE CALCULO.

Cálculo de las condiciones de arranque Fase I .

- Datos reportados al mes de febrero de 1989 y procesados estadísticamente al 50 % .

$$\text{DQOs influente} = S_i = 151 \text{ mg / l}$$

por lo que se tiene :

$$S_o = \frac{S_i + r S_e}{1 + r}$$

$$S_o = S_{o_2} = 126 \text{ mg / l}$$

$$S_e = 0.15 * S_i \text{ (considerando 85 \% eficiencia)}$$

$$S_{o_3} = 119 \text{ mg / l}$$

- los datos reportados para SSVLM para estas fechas son : como valor mínimo 1000 y 2125 como máximo ,por lo que se define las siguientes condiciones .

$$\text{SSVLM}_{1,2} = 1200 \text{ mg / l}$$

$$\text{SSVLM}_3 = 2500 \text{ mg / l}$$

- Las tasas de recirculación para estas concentraciones son :

$$r_{1,2} = 30 \%$$

$$r_3 = 40 \%$$

- Dado lo anterior se define el gasto de recirculación .

$$Q_r = r * Q_i$$

$$Q_{r_{1,2}} = 0.15 \text{ l / min.}$$

$$Q_{r_3} = 0.20 \text{ l / min.}$$

- Sólidos suspendidos volátiles en la recirculación .

$$X_{vr} = \frac{X_a ( Q_i + Q_r )}{Q_r}$$

$$X_{vr_{1,2}} = 5200 \text{ mg / l}$$

$$X_{vr_3} = 8750 \text{ mg / l}$$

- Relación alimento - microorganismos .

$$F/M = \frac{S_o * Q_o}{X_a * V}$$

$$Q_o = Q_i + Q_r$$

$$F/M_{1,2} = 0.58 \text{ d}^{-1}$$

$$F/M_3 = 0.28 \text{ d}^{-1}$$

- El gasto de aire y oxígeno está definido para el requerimiento teórico : para el módulo 1 se aplicó 15 l/min. de aire .

Considerando la concentración y el porcentaje de oxígeno en el aire , se aplicaron 4 y 6 l/min. de oxígeno en los módulos 2 y 3 respectivamente .

Cálculo de las condiciones de arranque Fase II .

DQO influente

$$DQO_5 = S_i = 157 \text{ mg/l}$$

$$S_o = \frac{S_i + r * Se}{1 + r} \quad \text{Donde :}$$

$$Se = 0.15 * S_i \text{ (considerando 85 \% eficiencia)}$$

$$S_{o1} = 135 \text{ mg/l}$$

$$S_{o2} = 126 \text{ mg/l}$$

$$S_{o3} = 119 \text{ mg/l}$$

- Se consideran concentraciones de SSVLM dentro del rango de operación de la planta .

$$SSVLM_1 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$SSVLM_2 = 1700 \text{ mg/l}$$

$$SSVLM_3 = 2500 \text{ mg/l}$$

- Tasas de recirculación de acuerdo a concentraciones deseadas .

$$r_1 = 20 \%$$

$$r_2 = 30 \%$$

$$r_3 = 40 \%$$

- Gasto de recirculación .

$$Qr_1 = 0.10 \text{ l/min.}$$

$$Qr_2 = 0.15 \text{ l/min.}$$

$$Qr_3 = 0.20 \text{ l/min.}$$

- Sólidos suspendidos volátiles en la recirculación .

$$X_{vr_1} = 6000 \text{ mg/l}$$

$$X_{vr_2} = 7367 \text{ mg/l}$$

$$X_{vr_3} = 8750 \text{ mg/l}$$

- Relación alimento-microorganismo .

$$F/M_1 = 0.69 \text{ d}^{-1}$$

$$F/M_2 = 0.41 \text{ d}^{-1}$$

$$F/M_3 = 0.28 \text{ d}^{-1}$$

Diseño del proceso con oxígeno puro .

$$Q_i = 500 \text{ l/s}$$

Concentraciones

$$SSV = 70.5 \text{ mg/l}$$

$$DQOs = 130.5 \text{ mg/l}$$

Constantes cinéticas

$$K = 0.0234$$

$$a = 0.047$$

$$b = 0.049$$

$$a' = 1.49$$

$$b' = 0.037$$

$$\text{Volúmen del tanque de aeración} = 8696 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retención} = 0.20 \text{ d} = 4.88 \text{ hrs.}$$

$$\text{Eficiencia} = 85 \% \text{ (remoción DQOs)}$$

Ecuación cinética :

$$\frac{S_f}{S_e} = 1 + K * Xva * t$$

$$\frac{S_f}{S_e} - 1 = K * Xva * t$$

$$Xva = \frac{S_f/S_e - 1}{K * t} = \frac{130.5 / 20 - 1}{0.0234 * 0.2}$$

$$Xva = 1200 \text{ mg/l}$$

- Masa de SSV

$$Xva = 10\,435 \text{ kg.}$$

- Relación F/M

$$= 0.54 \text{ d}^{-1}$$

- Generación de lodos

$$\text{ecuación general : } Xva = a * Sr - b * Xva$$

$$Sr = 0.85 * DQO = 111 \text{ mg/l}$$

$$Sr = 4792 \text{ kg/d}$$

$$a * Sr = 0.47 * 4792 = 2252 \text{ kg/d}$$

$$b * Xva = 0.049 * 10435 = 511 \text{ kg/d}$$

- Síntesis neta  $X_{va} = 1741 \text{ kg/d}$

- Edad de lodos  $G = 6 \text{ d}$

- Demanda de oxígeno

ecuación general  $O_2 = a' * S_r + b' * X_{va}$

$$a' * S_r = 1.49 * 4792 = 7140 \text{ kg/d}$$

$$b' * X_{va} = 0.037 * 10435 = 386 \text{ kg/d}$$

$$O_2 = 7526 \text{ kg/d}$$

$$O_2 = 5675 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Recirculación de lodos

ecuación general  $r = \frac{X_{va}}{X_{vu} - X_{va}}$

donde :

$X_{vu}$  = concentración de SSVr

$$r = \frac{1200}{4100 - 1200}$$

- Purga de lodos

ecuación  $Q_p = \frac{SSV_{inf} + SSV_{gen} - SSV_{efl}}{0.001 * SSV_r}$

$$SSV_{inf} = 500 * 71 * 0.0864 = 3067 \text{ kg/d}$$

$$SSV_{gen} = 1741$$

$$SSV_t = 500 * 10 * 0.0864 = 432 \text{ kg/d}$$

$$Q_p = \frac{4376}{0.001 * 4100} = 1067 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_p = 12.3 \text{ l/s}$$

- Tiempo medio de retención celular

ecuación  $TMRC = \frac{SSV_{LM} * V}{Q_p * SSV_r + Q_e * SSV_e}$

$$= \frac{10435}{4357 + 432} = 2 \text{ d}$$

Diseño del proceso con el sistema convencional

$$Q_i = 500 \text{ l/s}$$

Concentraciones

$$DQOs = 1305 \text{ mg/l}$$

$$SSV = 705 \text{ mg/l}$$

Constantes cinéticas

$$K = 0.021$$

$$a = 0.145$$

$$a' = 0.517$$

$$b' = 0.096$$

$$\text{Volúmen del tanque de aeración} = 8696 \text{ m}^3$$

$$- X_{va} = 1500 \text{ mg/l}$$

$$- X_{va} = 13045 \text{ kg}$$

$$- F/M = 0.43 \text{ d}^{-1}$$

- Generación de lodos

$$a * S_r = 0.9 * 4792 = 4313 \text{ kg/d}$$

$$b * X_{va} = 0.145 * 13045 = 1891 \text{ kg/d}$$

$$\text{síntesis total} = 2421 \text{ kg/d}$$

$$- \text{Edad de lodos} \quad G = 5.4 \text{ d}$$

- Demanda total de oxígeno

$$a' * S_r = 0.517 * 4792 = 2477 \text{ kg/d}$$

$$b' * X_{va} = 0.096 * 13045 = 1252 \text{ kg/d}$$

$$\text{requerimiento total} = 3729 \text{ kg/d}$$

$$- \text{Con un requerimiento de aire} \quad 133940 \text{ m}^3 \frac{\text{aire}}{\text{d}}$$

- Recirculación de lodos

$$r = 1500 / ( 5000 - 1500 ) = 43 \%$$

- Purga de lodos

$$Q_p = \frac{3067 + 2421 - 432}{0.001 * 5000}$$

$$= 1011 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$= 11.7 \text{ l/s}$$

- Tiempo medio de retención celular

$$\text{TMRC} = 2.4 \text{ d}$$

Determinación de costo de agua tratada ( \$ /m<sup>3</sup> ) .

Considerando exclusivamente el uso del tanque de aeración .

- Proceso convencional .

1 ) Considerando un requerimiento teórico de oxígeno de 3729 kg /d

2 ) Ajustando el requerimiento a condiciones de :

- Factor de seguridad en el suministro de oxígeno a 20 %
- Conversión de requerimiento de oxígeno a aire a condiciones estandar de temperatura y presión ( 2.4 )

$$3729 * 1.20 = 4475 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

$$4475 * 2.4 = 10740 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Ajuste de requerimiento a condiciones de presión y temperatura de succión y descarga en sopladores ( 1.4 ) .

$$10740 * 1.4 = 15036 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Considerando que un soplador proporciona 35 m<sup>3</sup>/Hp-h :

$$\text{la potencia requerida es de } \frac{15036}{35} = 429.6 = 450 \text{ Hp}$$

3 ) El consumo diario de energía sería :

$$450 * 0.745 * 24 = 8046 \text{ Kw-h/d}$$

Considerando el gasto de energía de 90 \$ /Kw-h el,gasto de aire sería de 8046 \* 90 = 724,140 \$/d

4 ) Considerando una producción de agua de 500 l/s = 43200 m<sup>3</sup>/d

5 ) El costo de agua tratada es de :

$$\frac{724140}{4300} = 16.8 \text{ $/m}^3$$

Proceso con oxígeno puro .

- 1 ) Considerando el requerimiento de oxígeno de  $5675 \text{ m}^3/\text{d}$  .
- 2.) El costo por metro cúbico de oxígeno comercial es de  $6549 \text{ \$/m}^3$  tomando en cuenta el volúmen, se abate su costo en un 30-35% por lo que se tiene el costo de  $4500 \text{ \$/m}^3$ , por lo tanto el costo sería de :  $5675 * 4500 = 25,537,500 \text{ \$/d}$  .
- 3 ) Considerando una producción de agua de :  $43200 \text{ m}^3/\text{d}$  .
- 4 ) El costo de agua tratada es de :  $\frac{25,537,500}{43200} = 591 \text{ \$/m}^3$

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica por medio de la Subdirección de Desarrollo y especialmente a la Unidad Departamental de Potabilización Tratamiento y Reúso por permitir la utilización de sus instalaciones e información que forman parte del programa de evaluación del Sistema de Tratamiento y Reúso .

Al Ing. Constantino Gutiérrez Palacios en su caracter de director de tesis por sus comentarios y sugerencias en la realización de este trabajo.

A mi esposa Ing. Teresa Alonso Maldonado por el apoyo ,comentarios sugerencias y mecanografiado del presente trabajo.

A mis compañeros de Unidad Departamental y experimental que de diversas formas intervinieron en el desarrollo de la experimentación .