

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS
NEGRAS DE LAS LOMAS DE CHAPULTEPEC

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

ANA MARIA OSORIO GARCIA
FRANCISCO GIL NAVARRETE

1980



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CON AMOR A MI ESPOSO

MIGUEL ANGEL

CON CARINO A MIS HIJOS

MIGUEL ANGEL, FELIPE ANTONIO Y CARLOS ALBERTO

A MIS QUERIDOS PADRES

IRENE (Q.E.P.D.)

Y ANTONIO.

A MIS ADORADOS ABUELITOS

ANTONIO Y ELISA

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS

A MI JURADO

CON AGRADECIMIENTO Y RESPETO

AL INENIERO QUIMICO

JORGE MENCARINI PENICHE

A MIS AMIGOS, MAESTROS Y A TODAS
AQUELLAS PERSONAS QUE EN ALGUNA
FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZA
CIÓN DE ESTE TRABAJO.

ANA MARIA

J U R A D O

PRESIDENTE	Ing. Q. JORGE SPAMER GARCIA CONDE
VOCAL	Ing. Q. FEDERICO LOPERENA GUERRERO
SECRETARIO	Ing. Q. JORGE MENCARINI PENICHE
1er. SUPLENTE	Ing. Q. RODOLFO ZAMANO IBAÑEZ
2do. SUPLENTE	Ing. Q. RAFAEL MORENO GONZALEZ

SITIO DONDE SE
DESARROLLA EL TEMA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LAS LOMAS DE CHAPULTEPEC.

SUSTENTANTES

ANA MARIA OSORIO GARCIA
FRANCISCO GIL NAVARRETE.

ASESOR DEL TEMA

Ing. Q. JORGE MENCARINI PENICHE

I N D I C E.

CAP. I. INTRODUCCION.

CAP. II. IMPORTANCIA QUE TIENE TRATAR LAS AGUAS NEGRAS.

- 2.1) Contaminación y falta de agua en el Valle de México.
- 2.2) Antecedentes y problemas hidrológicos del Valle de México.
- 2.3) Situación crítica y abastecimiento de - - agua en la Ciudad de México.
- 2.4) Tratamiento de aguas negras como una solución a la demanda.

CAP. III. GENERALIDADES SOBRE AGUAS NEGRAS Y METODOS DE- TRATAMIENTO.

- 3.1) Origen de las aguas negras.
- 3.2) Clasificación y composición de las aguas-
negras.
- 3.3) Características físicas, químicas y bio--
lógicas del agua negra.
- 3.4) Influencia de la demanda bioquímica de --
oxígeno.
- 3.5) Tratamiento natural de un agua negra.
- 3.6) Métodos de tratamiento de las aguas ne- -
gras.
- 3.7) Tratamiento de las aguas negras por el método
convencional de lodos activados.

CAP. IV. DESCRIPCION DEL PROCESO.

- 4.1) Tratamiento preliminar o previo.
- 4.2) Tratamiento primario.
- 4.3) Tratamiento secundario.
- 4.4) Desinfección.

- CAP. V. METODOS ANALITICOS PARA EL CONTROL DEL PROCESO.
5.1) Métodos Físicos.
5.2) Métodos Químicos.
- CAP. VI. DATOS OBTENIDOS EN LA OPERACION DE LA PLANTA.
6.1) Frecuencia y período de muestreo.
6.2) Demanda de agua en las diferentes estaciones del año.
6.3) Gráficas de los datos obtenidos.
- CAP. VII. ANALISIS DE LOS DATOS ANTERIORES.
7.1) Respecto a las diferentes estaciones del año.
- CAP. VIII. RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA OPERACION DE LA PLANTA DE LAS LOMAS DE CHAPULTEPEC.
8.1) Tratamiento previo.
8.2) Tratamiento primario.
8.3) Tratamiento secundario.
8.4) Desinfección.
8.5) Disposición del agua tratada.
- CAP. IX. CONCLUSIONES.
- CAP. X. BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I.

I N T R O D U C C I O N

Los avances de la industrialización y las enormes concentraciones humanas en las ciudades, están -- convirtiendo a las corrientes fluviales, los lagos y aún-- a las costas marítimas en gigantescas cloacas cuando se -- vacían en ellas desechos industriales y domésticos entre-- otros, transformando una corriente limpia en una corrien-- te nauseabunda que en su recorrido va extinguiendo la -- fauna de ríos, lagos y costas, e indirectamente, va cau-- sando enfermedades en el ser humano que de ella se sirve-- o la muerte del ganado que bebe el agua contaminada.

Pronto puede llegar el momento en que las-- aguas de los ríos estén tan contaminadas que no sirvan ni para el consumo doméstico ni para fines industriales, y -- la rehabilitación de las corrientes se haga poco menos -- que imposible a corto plazo. En la Ciudad de México, la-- situación podría llegar a ser catastrófica, ya que además de que el agua es poca, está mal distribuida, lo que -- -- obliga a que el agua disponible sea cuidada como un teso-- ro y necesite reutilizarse cuantas veces sea posible.

Desde luego, no se puede precisar la magni-- tud del gasto económico que representará dar la batalla -- a la escasez y mala distribución del agua potable, sin -- embargo, los expertos en este campo, coinciden en que sea

cual sea el costo, habrá que pagarlo, para obtener un líquido tan indispensable y vital como es el agua.

Los estudios relacionados con el tratamiento de las aguas negras de la Ciudad de México, fueron -- iniciados en 1954 por la Dirección General de Obras Hidráulicas dependiente del Departamento del Distrito Federal, con objeto de emplear estas aguas negras tratadas -- para riego y llenado de lagos, para disminuir así, el consumo de agua potable.

En 1955 se construyó con éstos fines la -- "Planta de Tratamiento de Aguas Negras de Chapultepec", -- en 1958 las plantas de "Ciudad Deportiva" y "Xochimilco" -- y en 1964 la planta de "Aragón". El agua obtenida se emplea para regar zonas verdes extensas y aledañas a las -- plantas de tratamiento como el bosque de Chapultepec, los campos de Ciudad Deportiva, bosque de Aragón, el llenado de los lagos de Chapultepec y Aragón, así como elevar y -- conservar los niveles de los canales de Xochimilco.

Debido a la importancia que tiene el tratar las aguas negras, en el presente estudio se hace una descripción detallada del proceso utilizado en "La Planta de Tratamiento de Aguas Negras de Chapultepec", analizando los datos obtenidos en el laboratorio durante un año, --

comprendiendo los cuatro periodos estacionales, ya que --
la calidad del agua varía en cada periodo y en base a ---
estos datos, llegar a las condiciones más adecuadas para
la operación continua de dicha planta.

C A P I T U L O I I

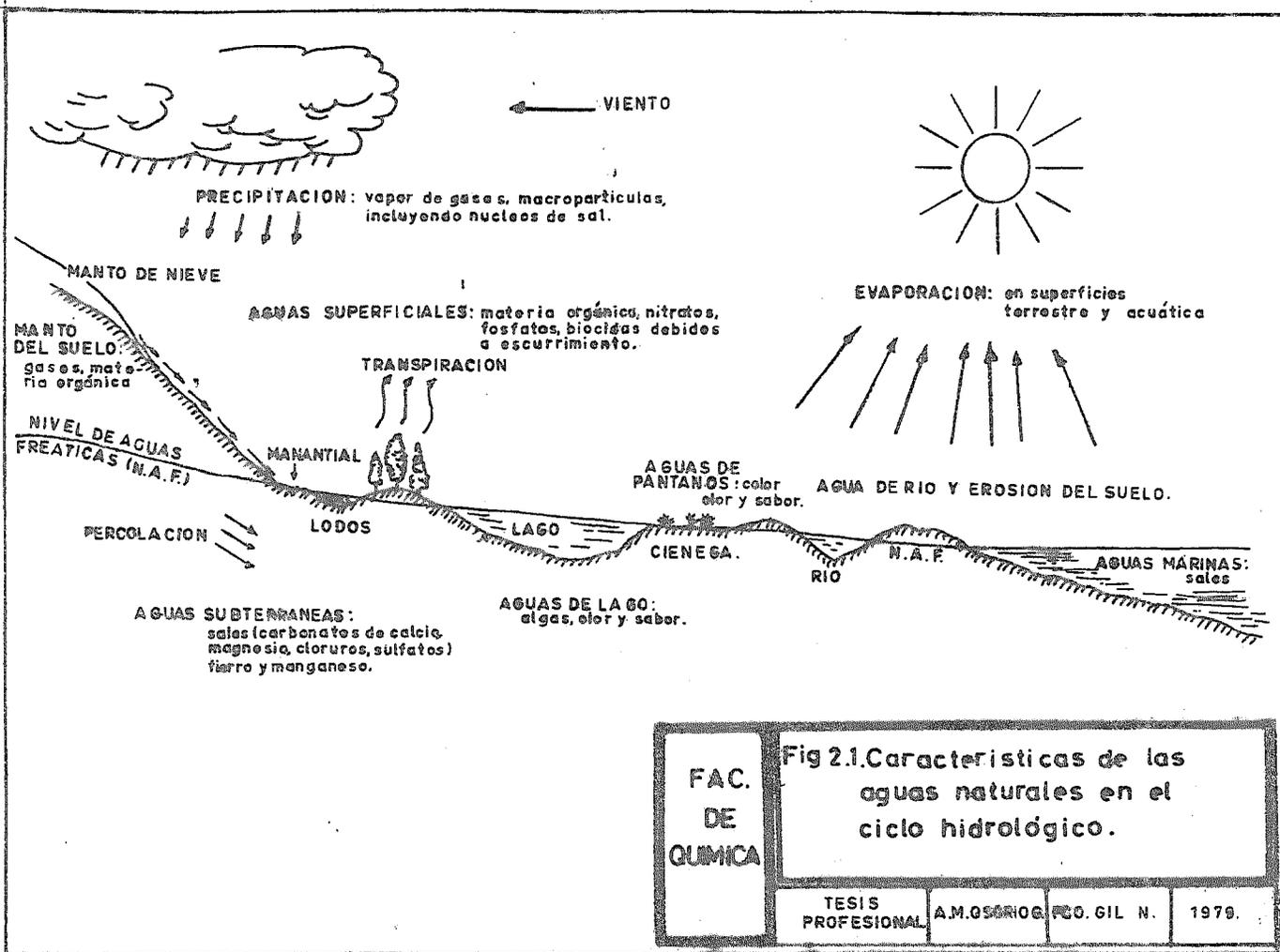
IMPORTANCIA QUE TIENE TRATAR LAS AGUAS NEGRAS

2.1.) Contaminación y falta de agua en el Valle de México.

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Se trata de un compuesto químico representado por la fórmula H_2O . El agua químicamente pura es un líquido extremadamente escaso y difícil de obtener, es un disolvente casi universal y en el cual, prácticamente todas las sustancias son parcial ó totalmente solubles. Esta propiedad hace que, el agua se contamine frecuente y facilmente por las sustancias con las que entra en contacto.

Tres cuartas partes de la tierra están cubiertas de océanos y mares, que contienen el 95% del agua del planeta, la cual se calcula en 1400 kilómetros cúbicos, un 2% está en forma de hielo o nieve, otro 2% corre en forma de agua dulce por ríos, riachuelos, pantanos o yace en el interior de sus estratos, el 1% restante, flota como finisimas gotas en el aire formando la humedad. (5)

El ciclo hidrológico del agua, es similar al de un gigantesco aparato de destilación (ver fig. 2.1). Por el calor solar, el vapor de agua asciende de las superficies de depósitos de agua terrestre, forman--



do ocasionalmente nubes con gotas de humedad, las cuales se condensan al contacto con corrientes de aire frío produciendo lluvia o nieve.

La contaminación se inicia desde el momento en que el agua en forma líquida alcanza el estado de vapor, hasta que por último descarga nuevamente en el océano.

La naturaleza de la contaminación depende de las características del terreno sobre el cual se formen las nubes, así como de las del lugar en que se precipite la lluvia o nieve. El agua de lluvia recogida en distritos rurales lejanos de los centros industriales y de las costas, contienen una pequeña cantidad de gases, ácidos, partículas de polvo y sales. La cantidad de estas sustancias en el agua de lluvia recogida en las cercanías de ciudades es a menudo relativamente grande.

Del agua que cae sobre la corteza terrestre, aproximadamente, una tercera parte de ella fluye nuevamente al océano por los cauces fluviales superficiales mientras que el volumen restante se evapora o es absorbido en el suelo para reaparecer posteriormente en manantiales, pozos o eventualmente llegar al océano por

corrientes subterráneas.

Durante los fuertes torrentes, crecientes o inundaciones, las tierras que normalmente están a salvo, así como las planicies carentes de corrientes superficiales, pueden aportar cantidades considerables de limo que arrastran las corrientes en las crecientes.

En épocas normales, la composición de los abastecimientos superficiales varía con la topografía y vegetación del área de captación así como con el uso y los métodos de explotación de las tierras.

Las partículas tanto orgánicas como minerales, pueden ser arrastradas por la erosión, junto con las bacterias del suelo y otros organismos, al mismo tiempo que se solubilizan las sales y otras sustancias que encuentran a su paso. Tanto las algas como bacterias y otros organismos, con sus olores y sabores les dan características particulares a las aguas de lagos y estanques; la vegetación en descomposición, intensifica el color, olor y sabor de las aguas de los pantanos.

Los gases más importantes contenidos en el agua son bióxido de carbono, CO_2 , y oxígeno, O_2 .

El contenido de bióxido de carbono puede ser, y frecuentemente es, incrementado tanto por la materia orgánica en descomposición como por los residuos industriales, con la formación de ácido carbónico que hace que el pH se disminuya y se disuelvan ciertos minerales como carbonatos, sulfatos y cloruros, que aumentan la dureza del agua, también se disuelven el hierro y el manganeso; también como productos de la descomposición orgánica es posible obtener ácido sulfhídrico y metano. (6)

Como resultado de estas condiciones del agua obtenida de ríos, lagos, manantiales u otras fuentes, este líquido no es un compuesto químico simple constituido por hidrógeno y oxígeno, sino que es una solución compleja con gran cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas y que en su composición química refleja ampliamente la naturaleza del territorio geológico del cual ha sido obtenida; por ejemplo, se obtiene agua dura de áreas en las que abunda la piedra caliza (CaCO_3) o yeso (CaSO_4).

Por otro lado es importante hacer notar que la filtración natural elimina la materia orgánica y algunos microorganismos mientras que, las sales permanecen

cen en solución.]

Como parte final, la contaminación del --
agua por el polvo de la atmósfera es de mayor magnitud de
la que comunmente se supone. La naturaleza y cantidad de
las contaminaciones varía con la localidad en la que ocu-
rre la precipitación. La presencia de polvo en la atmós-
fera y las fuentes de este contaminante que se acumula --
de la corteza terrestre, están claramente descritos por --
Blacktin, quien cita:

"La constante remoción de polvo de la cor--
teza terrestre por los regímenes de vientos es de tal --
magnitud, que no puede ser captado en forma comprensiva --
por la visual del hombre. La lluvia juega un papel im- --
portante en la remoción de materiales degradados del sue-
lo, debido generalmente a que cada gota requiere una par-
tícula como núcleo". (5)

De lo anteriormente expuesto, podemos dar-
nos cuenta que aún cuando la cantidad de agua existente --
en la tierra es muy grande, existe gran escasez de agua --
"utilizable", es decir que sea lo suficientemente pura --
para la vida, ya que el agua salada o contaminada la des-
truye en lugar de fomentarla, y el culpable de esta esca-
sez es el hombre que con su mala actitud respecto a su --

uso, ha disminuido la cantidad utilizable de la misma y -
roto el equilibrio natural y ecológico al consumir gran--
des volúmenes del vital elemento, en el establecimiento -
de actividades como: industria, agricultura, esparcimien-
to, etc; que son necesidades inherentes al progreso de la-
civilización.

Dado el problema que esto representa, todo
país se ve obligado a formular leyes, que supongan un con-
trol de las fuentes de suministro de agua, para que la ---
calidad en ella persista.

Los siguientes conceptos expondrán por sí-
mismos, como la contaminación y escasez del agua por un -
lado, y la peculiar situación del Valle de México por --
otro, han originado curiosos problemas hidrológicos, pre---
sentando también el trazo de las viables soluciones enca-
minadas a resolver dichos problemas.

2.2.) Antecedentes y problemas hidrológi- cos del Valle de México.

El Valle de México, situado a 2240 metros-
sobre el nivel del mar, entre los paralelos $19^{\circ}05'$ y ---
 $20^{\circ}12'$ norte y los meridianos $98^{\circ}22'$ y $99^{\circ}25'$ oeste de --
Greenwich, queda al sur de la altiplanicie mexicana con -
un área de 9600 km^2 . El Distrito Federal está situado ---

al suroeste del valle con una superficie de 1480 km².

Los principales accidentes topográficos -- que rodean al Distrito Federal son: Sierra de Zacualtí -- pán y de los Navajos al norte; Cerro de Jalapa, Lomerío -- de Huehuetoca, Cerro de Cincoque y Sierra de Pachuca al -- noroeste; Sierra de Cuatzin al sur; Sierra Nevada al este y Sierra del Ajusco, Las Cruces y Tepotzotlán al oeste.

Los lagos históricos se formaron al cerrar se la cuenca y al acumularse el agua de los dos ríos que -- corrían por la misma, con rumbo a Cuautla uno y a Cuerna -- vaca el otro y que se unían en el Amacuzac. Este taponamiento -- fué debido a los derrames basálticos ocurridos du -- rante la última actividad volcánica. Los deslaves al -- acumularse, rellenaron la cuenca con arena, grava y limo -- formando la capa impermeable de los vasos de los mismos.

El aspecto del Valle de México hace unos -- años, era magnífico y muy distinto del actual; el enorme -- recipiente, formaba un extensísimo lago, alimentado por -- corrientes que descendían de las altas montañas y por cu -- yas partes bajas se extendía una exuberante y variada ve -- getación en unos 3000 km² que era el asiento de los pobla -- dores del valle. El lago, se fraccionó en varios al cam -- biar el clima, aunque se volvía uno solo en la temporada --

de lluvias con una extensión hasta de 2000 km². Por ---
tanto, desde épocas prehistóricas hasta la actualidad, ---
los problemas de la población del Valle de México, han ---
estado directa o indirectamente ligadas a la evolución ---
de sus lagos.

En la época prehispánica, según relatos ---
de Bernal Díaz del Castillo y de Hernán Cortés, se pro---
dujeron muchas inundaciones sobresaliendo la ocurrida ---
en 1449, a raíz de la cual, Netzahualcoyotl construyó ---
un dique de 16 km de longitud desde Atzacualco hasta ---
Ixtapalapa. Este dique fué destruido por los españoles---
en la época de la colonia. En 1555 se presentó una ---
inundación en la Ciudad de México que los llevó a la ---
construcción de dos nuevos diques, el Albarradón nuevo ---
de los españoles y el de San Cristóbal, éste último que---
separa el lago de Xaltocán y el lago de Texcoco.

Debido a nuevas inundaciones ocurridas ---
en 1604 y 1607 se construyó el túnel de Nochistongo a ---
fin de enviar las aguas del Río Cuautitlán fuera del Va---
lle, pero por carecer de revestimiento, ocurrieron de---
rrumbes que lo inutilizaron. En 1629 ocurrió una inunda---
ción extraordinaria subiendo el agua hasta 8.10 m, en ---
la Ciudad de México, permaneciendo ésta anegada hasta ---
1631, por lo que se decidió rehabilitar el túnel de ---

Nochistongo, en tajo abierto. En el plano de 1774, se -- observa que la Ciudad de México no aparece como una isla -- y la reducción de los lagos provocaba grandes tolveneras -- en los terrenos disecados. Después de las obras del tajo-- de Nochistongo, no se realizaron obras para defender a la Ciudad de México de las inundaciones, sino hasta mediados-- del siglo XIX en que se inician los trabajos del Túnel de-- Tequisquiac y el gran canal de desagüe que se concluyen -- en el año de 1900.

En la actualidad, con el sistema de drena-- je profundo el problema de las inundaciones en la Ciudad -- de México, ha quedado solucionado.

El problema más agudo, es el de abasteci-- miento de agua, el cual se ha solucionado en parte tra-- yendo agua de diversos manantiales más o menos cercanos al Distrito Federal como el de Xochimilco, Chiconautla, Ler-- ma, Desierto de los Leones etc., y empleando el agua del -- subsuelo extrayéndola por medio de pozos, este último mé-- todo, no es muy aconsejable ya que propicia hundimientos, -- que de acuerdo con estadísticas llevadas en años anterio-- res es de 13 a 20 cm por año; este problema disminuirá -- al prohibirse la explotación de pozos, a cambio de traer -- agua de nuevas fuentes. (2)

2.3.) Situación crítica y abastecimiento-
de agua en la Ciudad de México.

Si se considera de acuerdo con datos estadísticos actuales, que un habitante de cada ciudad consume de 300 a 350 l por día, en sus alimentos, lavado de ropa, trastos e instalaciones higiénicas. En comparación con el consumo de hace un siglo, en que cada habitante consumía 15 l/día, esto indica que la demanda, dependerá del grado de industrialización y limpieza de una ciudad.

En la tabla 2.1 se muestra la distribución de una demanda de $\frac{300 \text{ l}}{\text{hab.-día}}$

TABLA 2.1
DISTRIBUCION DEL USO DE AGUA POR HABITANTE.

USO	GASTO POR HAB. EN UN DIA	PORCENTAJE.
Doméstico	110	36.6
Industrial y Comercial	115	38.4
Servicio Público	40	13.4
Pérdidas y desperdicios	<u>35</u>	<u>11.6</u>
	300	100.0

El suministro de agua para la Ciudad de México en 1968 era de $26.2 \text{ m}^3/\text{seg}$, para una población de-

6.5 millones de habitantes, en el año de 1970 para una población de 7 millones de habitantes el suministro -- fué de 31.5 m³/seg, en la actualidad para una población de aproximadamente 12.5 millones de habitantes es de -- 43 m³/seg.

Si se relaciona el número de habitantes con el suministro de agua se obtiene:

$$\frac{\text{Consumo de agua}}{\text{seg}} \frac{43 \text{ m}^3}{\text{seg}} \times \frac{86400 \text{ seg}}{\text{día}} \times \frac{1}{12.5 \times 10^6 \text{ hab.}} =$$

$$0.297 \frac{\text{m}^3}{\text{hab-día}} = 297 \frac{\text{l}}{\text{hab-día}}$$

De acuerdo con los datos y cálculos anteriores, teóricamente el consumo de agua por habitante-día está dentro de los límites aceptables, dato no real, debido a que el suministro de agua no es uniforme, existiendo zonas marginadas que tienen consumo de agua hasta de 15 l/hab-día, y zonas residenciales o industriales cuyo consumo de agua es de 800 l/hab-día.

En la tabla 2.2 se puede ver el exagerado crecimiento de la Ciudad de México, en relación al crecimiento del país, por comparación de población, en diferentes épocas.

TABLA 2.2

DATOS DE POBLACION PARA EL PAIS Y LA CD. DE MEXICO

AÑO	MEXICO MILLONES DE HABITANTES	CD. DE MEXICO MILES DE HAB.	FUENTE
1900	- 0 -	344.7	Censo.
1921	14.3	615.4	Censo.
1930	17.5	1029.1	Censo.
1950	25.8	2234.8	Censo.
1960	34.9	2832.9	Censo.
1970	48.3	7005.9	Censo.
1978	- 0 -	12500.0	Estimada

Debido a este aumento de población en la - Ciudad de México (uno de los índices más altos del mundo), cada vez se hace más difícil el abastecimiento de agua -- a la población.

Tomando en consideración que debido a los - hundimientos que presenta la Ciudad de México, la polí- - tica actual tiende a reducir la explotación de pozos ar-- tesianos dentro del área metropolitana, pero con ello - - se presenta la necesidad de obtener el líquido en fuen- - tes de captación cada vez más lejanos, y que solo darán - abasto hasta un cierto límite de población.

2.4.) Tratamiento de aguas negras como una solución a la demanda.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se ve, la imperiosa necesidad de darle un uso adecuado al agua.

Buscando alternativas y nuevas técnicas como posibles fuentes a futuros suministros de agua.

Dentro de las técnicas más viables, se encuentran la desalinización y el tratamiento de aguas negras; por lo que respecta a la desalinización, existe la posibilidad de tratar el agua del antiguo Vaso de Texcoco empleando métodos tales como de energía nuclear, destilación, diálisis, ósmosis inversa, etc. Sin embargo, cualquiera de estos métodos requiere de enormes inversiones que económicamente no se justifican.

El tratamiento de aguas negras, es la solución que se da en la Ciudad de México para coadyuvar a resolver los problemas de escasez de agua, evitando la contaminación de los ríos y lagos de los alrededores.

Permitiendo la reutilización del agua tratada y que el mismo volumen se destine a usos urbanos.

C A P I T U L O I I I

GENERALIDADES SOBRE AGUAS NEGRAS Y METODOS DE TRATAMIENTO

3.1.) Origen de las aguas negras.

Se define como agua negra: "Aquella agua de abastecimiento de una población, después de haber sido -- impurificada por diversos usos, arrastrando con ella un -- gran número de desechos".

El origen de las aguas negras puede ser -- debida a una mezcla de agua con:

- 3.1.1 Desechos humanos y animales.
- 3.1.2 Desperdicios caseros.
- 3.1.3 Corrientes pluviales.
- 3.1.4 Infiltraciones de aguas subterráneas.
- 3.1.5 Desechos industriales.

3.1.1 Desechos humanos y animales. - Son -- exoneraciones corporales arrastradas por aguas de abaste-- cimiento, por sistemas hidráulicos de retretes, lugares -- como criaderos de animales, agua de lavado de calles y sue -- los que llegan a las alcantarillas. De acuerdo a la sa -- lud pública, se consideran los desechos más importantes -- por la cantidad de microorganismos que la forman.

3.1.2 Desperdicios caseros. - Son prove --

nientes de manipulaciones domésticas, como lavado de ropa, loza, desperdicios de cocina, limpieza de baños, etc. Los principales contaminantes son los agentes espumantes de los jabones y detergentes, así como la grasa que viene de los desechos de cocina.

3.1.3 Corrientes pluviales. - El agua de lluvia cae en las calles de una ciudad y arrastra con ella al escurrir: polvo, hojas, arena y todo tipo de basuras, las cuales van al alcantarillado o drenaje colector, formando parte de las aguas negras; hay lugares en que las corrientes pluviales no son mezcladas con aguas negras, con objeto de disminuir el volumen de estas últimas.

3.1.4 Infiltraciones de aguas subterráneas. - Estas son producidas por falta de sellos en las juntas de las tuberías de drenaje y que en muchas ocasiones, están enterradas en niveles más bajos a los de los mantos acuíferos, existiendo infiltraciones ya que en todos los casos los drenajes colectores actúan por gravedad y nunca a presión. La cantidad de agua infiltrada no puede ser determinada y depende de factores tales como: el material de la tubería, la estructura del suelo y de las condiciones climatológicas del lugar.

3.1.5 Desechos industriales. -- En la mayoría de las ciudades se acostumbra mezclar las aguas -- negras con desechos fabriles, aunque existe la posibilidad de hacer un tratamiento previo al mezclado, ya que -- dependiendo de la industria, las aguas de esta pueden -- dañar la tubería y el alcantarillado con los agentes -- químicos que contengan. (3)

3.2.) Clasificación y composición de las- aguas negras.

La composición de un agua negra está referida a los constituyentes físicos, químicos y biológicos, dependiendo de la cantidad de estos, las aguas negras -- pueden ser clasificadas en tres tipos:

- a) Fuerte.
- b) Media.
- c) Débil.

La tabla 3.1 contiene datos de concen- --- tración de aguas domésticas, se puede observar que uno --- de los factores que influyen en esta clasificación son --- los sólidos totales en donde se encuentran todos los cons- tituyentes (físicos, químicos y biológicos) aunque en -- realidad, la cantidad de sólidos orgánicos y la capaci- -- dad que tengan para descomponerse o degradarse será la --- parte principal de la fuerza de un agua negra, es decir -- a mayor cantidad de sólidos orgánicos, el agua será más --

fuerte y a menor cantidad de ellos el agua negra será mas débil.

TABLA 3.1

COMPOSICION TIPICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA

(Todos los valores excepto los sólidos sedimentables se - expresan en mg/l). (3)

Constituyente	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1200	700	350
Sólidos disueltos totales	850	500	250
" " fijos	525	300	145
" " volátiles	325	200	105
Sólidos suspendidos totales	350	200	100
" " fijos	75	50	30
" " volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentables, ml/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días 20°C. (DBO ₅ 20°C).	300	200	100
Carbón orgánico total (COT)	300	200	100
Demanda química de oxígeno(DQO)	1000	500	250
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Nitrógeno orgánico	35	15	8
" amoniacal	50	25	12
" de nitritos	0	0	0
" de nitratos	0	0	0
Fósforo total (como P)	20	10	6
" orgánico	5	3	2
" Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasa	150	100	50

3.3) Características físicas, químicas y biológicas del agua negra.

3.3.1 Características físicas. - Dentro de las características físicas más importantes, se encuentran el contenido de sólidos totales (suspendidos, disueltos, materia coloidal); temperatura, color y olor.

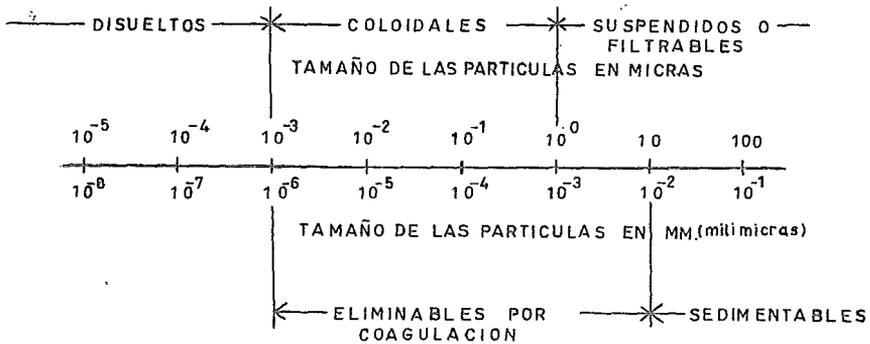
Sólidos totales. - Los sólidos totales están compuestos por materia tanto orgánica como inorgánica: flotante, suspendida, coloidal y en solución. Los sólidos totales en el agua negra son originados por el arrastre del agua de uso doméstico e industrial y por infiltraciones del subsuelo. Los sólidos totales se definen como la materia residual obtenida después de haber evaporado el agua (103-105°C), la materia que tiene presión de vapor a esta temperatura, no es considerada como sólido. Los sólidos totales a su vez, pueden ser clasificados como sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

Los sólidos suspendidos, son aquellos en suspensión y que son perceptibles a simple vista; se pueden separar por medios físicos o mecánicos, sedimentación y filtración. Se definen como los sólidos que quedan retenidos por la capa filtrante de asbesto -

en un crisol Gooch. Los sólidos suspendidos, se clasifican en dos grupos: sedimentables y coloidales. Los sólidos sedimentables, son aquellos que sedimentan en el lapso de una hora en un cono Imhoff, la cantidad de sólidos no sedimentados son los llamados sólidos coloidales.

Los sólidos filtrables están formados -- por partículas menores de una micra y pasan a través de una capa filtrante de asbesto de un crisol Gooch, están constituidos por sólidos coloidales y disueltos. Los coloidales, tienen un tamaño de partícula comprendido entre 1 y 0.001 micras (ver fig. 3.1). Los sólidos disueltos, son aquellos sólidos que forman una verdadera solución con el agua.

Cada una de las categorías de sólidos, -- puede ser clasificada en base a su volatilidad a 600°C, la fracción orgánica se oxidará y eliminará como un gas, y la fracción inorgánica, permanecerá como ceniza. La fig. 3.2 muestra el contenido de sólidos de un agua negra doméstica de fuerza media.



FAC. DE QUIMICA	Fig.3.1 Clasificación e intervalo de tamaño de las partículas presentes en el agua.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO	F.GIL N. 1979

Temperatura. - El concepto de temperatura, se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sistemas, ya que es un factor muy importante en la velocidad de la reacción; como consecuencia, cambia considerablemente la vida acuática. Se puede decir, que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en fría, por lo que el incremento en la velocidad de las reacciones bioquímicas, está acompañado de un incremento en la temperatura y una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Color. - Con el color, puede estimarse la edad del agua negra, es decir: un agua negra reciente es de color gris, sin embargo, cuando los compuestos orgánicos son degradados por las bacterias presentes, la cantidad de oxígeno disuelto se reduce a cero y el color del agua cambia a un negro parduzco, en estas condiciones, el agua es llamada séptica o estable.

Olor. - El olor en las aguas negras es originado, por los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica por bacterias, las aguas negras recientes tienen un olor característico poco desagradable y menos fuerte que el de las aguas negras sépticas. El olor en las aguas negras sépticas, es de-

bido al ácido sulfhídrico producido por microorganismos anaeróbios que reducen los sulfatos a sulfuros; en las aguas industriales, el olor es debido a compuestos que son desechos del proceso y son descargados a las aguas negras.

3.3.2 Características químicas. - Para su estudio, se han dividido en tres grupos: materia orgánica, materia inorgánica y gases originados por las aguas negras.

Materia orgánica. - En un agua negra de fuerza media, aproximadamente 75% de los sólidos suspendidos y 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica (ver fig. 3.2). Los compuestos orgánicos son normalmente combinaciones químicas de carbono, hidrógeno, oxígeno y en algunos casos nitrógeno. Los principales grupos de sustancias orgánicas en las aguas negras son: proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), grasas y aceites (10%).

La urea, es el principal constituyente de la orina, la cual es otro compuesto importante en las aguas negras, se descompone rápidamente y solo puede estar presente en aguas negras recientes. Aparte de estos compuestos, las aguas negras contienen pequeñas -

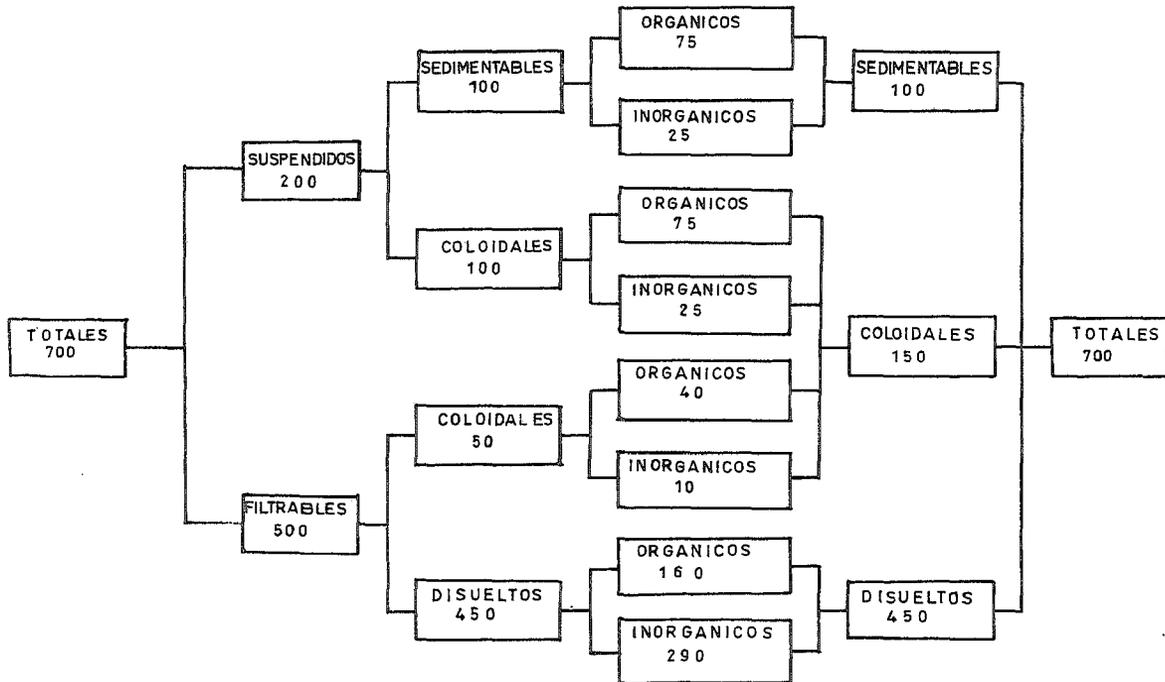
cantidades de compuestos orgánicos sintéticos, de estructuras extremadamente complejas como agentes espumantes, - fenoles, pesticidas agrícolas, etc.

Algunos de los compuestos orgánicos, no -- son descompuestos con facilidad en un agua negra por procesos biológicos, no existe una biodegradación satisfac-- toria, por no estar en el propio seno de la reacción como las grasas y los aceites; existen otros, que además de -- no degradarse fácilmente, provocan problemas en el proceso de tratamiento, como son los espumantes de los jabones, pesticidas, fungicidas, herbicidas y otros compuestos -- químicos agrícolas.

La cantidad de materia orgánica, puede ser expresada indirectamente en los siguientes términos:

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). - Es la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación- aerobia biológica de un agua negra.

Demanda química de oxígeno (DQO). - Es la cantidad de oxígeno que puede oxidar a la materia orgánica, usando agentes químicos oxidantes fuertes en medio -- ácido.



FAC.
DE
QUIMICA

Fig.3.2 Clasificación de los sólidos en un agua negra doméstica de fuerza media. (p.p.m.)

TESIS
PROFESIONAL

A.M.OSORIO

F. GIL. N.

1979

Carbono orgánico total (COT). - Es la cantidad de carbono que está formando la materia orgánica del agua negra.

Demanda total de oxígeno (DTO). - Es la cantidad total de oxígeno, que se requiere para oxidar la materia orgánica que se encuentra en el agua negra.

Materia inorgánica. - Son los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales para su calidad y tratamiento, captándolos el agua cuando entra en contacto con las formaciones geológicas y aguas residuales (tratadas o sin tratar) que se descargan a ella; las concentraciones de varios constituyentes inorgánicos, aumentan en función de la evaporación natural que elimina parte del agua, afectando sus usos. Entre los componentes más importantes se pueden citar los siguientes:

pH. - La concentración de ion hidrógeno es un importante parámetro de calidad en aguas residuales, ya que el intervalo de concentración del ion hidrógeno adecuado para la existencia de la vida biológica es muy estrecho; por tanto no se pueden usar procesos biológicos para tratarlas si están fuera de ese límite.

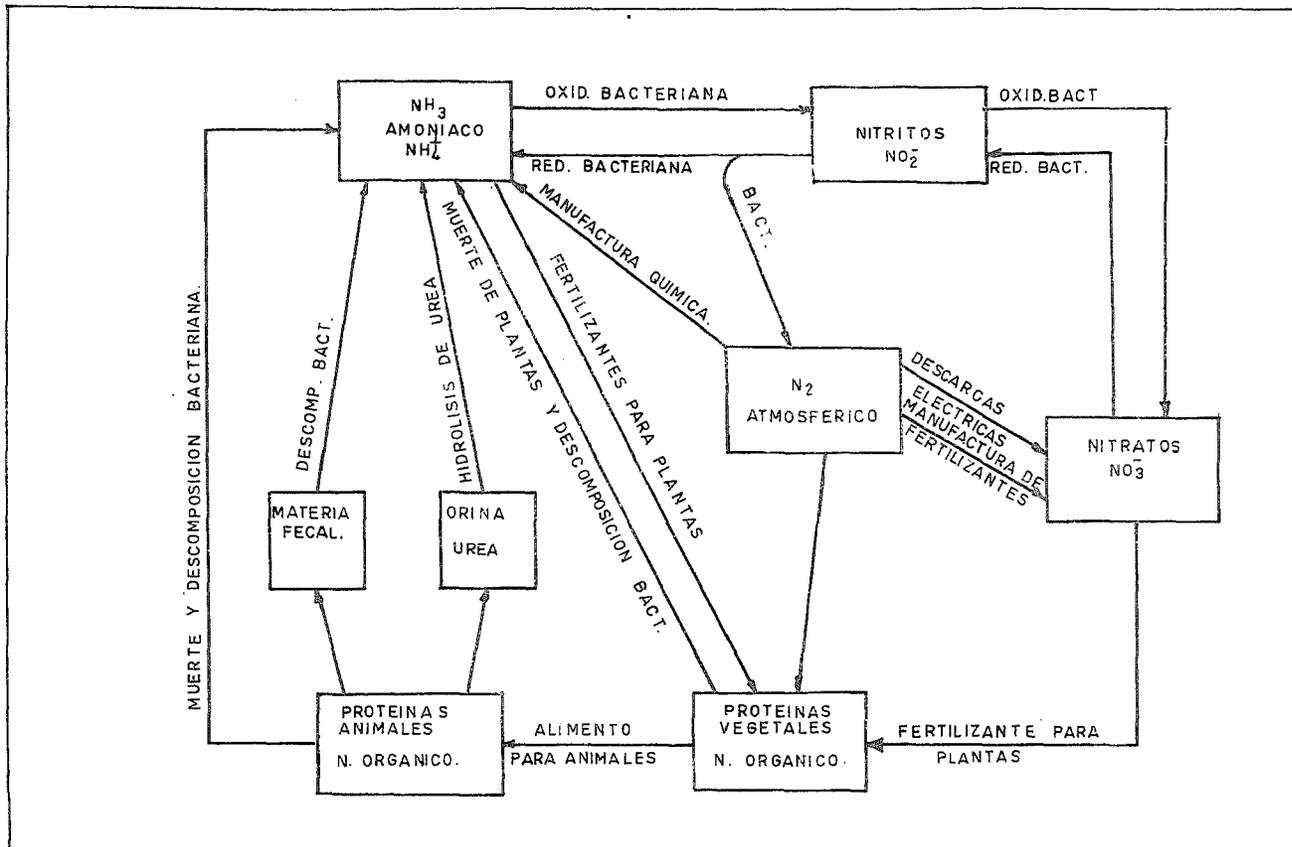
Cloruros. - Los cloruros provienen principalmente de la disolución de suelos y rocas que los contienen, generalmente, el ser humano excreta 6g de cloruros por persona y por día; ya que los métodos convencionales de tratamiento (biológicos) eliminarán solamente pequeñas cantidades de estos en aguas residuales, puede ser un parámetro importante de contaminación.

Alcalinidad. - Se debe principalmente a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como: magnesio, calcio, sodio y potasio, así como de amoníaco. Normalmente, las aguas residuales domésticas son ligeramente alcalinas, por los materiales agregados en su uso, un incremento anormal en ella respecto al agua de que proviene, indica que se está descargando a la corriente un desecho industrial muy alcalino.

Nitrógeno. - El nitrógeno es uno de los principales nutrientes de plantas y protistas, por lo que es conveniente que exista suficiente nitrógeno durante el tratamiento biológico de un agua residual, pero una gran cantidad de este, es nocivo al tratamiento biológico por la gran formación de biomasa.

En la fig. 3.3 se describen las transformaciones de los diferentes compuestos del nitrógeno en la naturaleza. El nitrógeno presente en el agua residual reciente, está principalmente como urea y materia protéica, que por una descomposición bacteriana cambian fácilmente estas formas en amoníaco. En un medio aerobio, las bacterias pueden oxidar el nitrógeno del amoníaco a nitritos y nitratos que son más estables con respecto a la demanda de oxígeno. Sin embargo, éstas formas pueden ser nutrientes de algas y otras plantas acuáticas, para formar proteínas vegetales, que a su vez son utilizadas por animales formando proteínas animales, al morir estos y descomponerse estas proteínas por las bacterias, se genera nuevamente amoníaco. Si se quiere evitar que las algas y otras plantas formen proteínas, se debe reducir o eliminar el nitrógeno, evitando así, estos crecimientos.

Fósforo. - El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de algas y de otros organismos biológicos. Generalmente, el fósforo en las aguas residuales proviene de materiales de lavado o de otro tipo de limpieza, así como de escurrimientos de aguas superficiales en campos fertilizados con fosfatos, los cuales son disueltos y llevados a corrientes de aguas residuales. Las sales más comunes en que se encuentra-



el fósforo en soluciones acuosas son: ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. Los polifosfatos se hidrolizan en solución acuosa y forman ortofosfatos, que es una forma disponible para el metabolismo biológico que al igual que el nitrógeno, no es conveniente que se encuentre en exceso, ya que el crecimiento de algas produce condiciones desfavorables.

Azufre. - El azufre se encuentra en las aguas residuales en forma de sulfatos, que en condiciones anaeróbicas son reducidos químicamente a sulfuros y por bacterias, en ácido sulfhídrico causantes del mal olor en las aguas negras sépticas.

Compuestos tóxicos. - Por su toxicidad para los microorganismos, algunos cationes como: cobre, plata, arsénico, plomo, cromo y bismuto; son muy importantes en el tratamiento biológico de aguas residuales, ya que muchas plantas de tratamiento han bajado considerablemente su rendimiento por la muerte de los microorganismos necesarios en el proceso.

Gases. - Los gases más frecuentes en el agua residual sin tratar son: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, amoníaco y metano; los tres primeros, son gases comunes a la atmósfera, y por lo tanto se encuentran

tran en aguas que están expuestas al aire, los gases restantes, proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual.

3.3.3 Características biológicas. - Los organismos presentes en un agua negra pueden ser clasificados de acuerdo a tres grupos (3): protistas, plantas y animales. El grupo más importante dentro de la clasificación para este estudio, son las protistas que comprenden bacterias, hongos, protozoarios y algas.

Dentro de la última clasificación se hace mención a las bacterias, que son los trabajadores -- dentro del proceso biológico que se lleva a efecto en -- el tratamiento de las aguas negras; se llama bacteria, -- a un organismo vivo formado por una célula que tiene -- funciones muy similares a los vegetales.

Las bacterias se clasifican a su vez en bacterias parásitas y bacterias saprófitas (4); las primeras son las que vive a expensas de otro organismo vivo, llamado huésped; las bacterias parásitas, cuando provienen del tracto intestinal de personas o animales, -- son llamadas también organismos coliformes. Cuando estas bacterias, durante su desarrollo en el cuerpo del -- huésped producen compuestos tóxicos y le causan enfer--

medad al huésped se les llama bacterias patógenas, que producen enfermedades como: fiebre tifoidea, disenteria-cólera, etc. Las bacterias saprófitas se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo a su vez los sólidos orgánicos, Estas bacterias forman la parte central del tratamiento biológico de un agua negra y se subdividen en dos grupos: bacterias aeróbicas y anaeróbicas, su diferencia está en el consumo de oxígeno; cuando el oxígeno que consumen en su respiración es proveniente del oxígeno molecular disuelto en el agua, las bacterias se llaman aeróbicas y la descomposición de la materia orgánica será aeróbica. Cuando el oxígeno es proveniente de los sólidos orgánicos y algunos inorgánicos las bacterias se llaman anaeróbicas y la descomposición será anaeróbica, produciéndose olores desagradables a diferencia de la aeróbica que no los produce.

Hay además en el agua negra, los virus que son todavía más pequeños que las bacterias, y no tienen un papel importante dentro del proceso de tratamiento de las aguas negras, pero si tienen gran importancia en el hombre, ya que son agentes causantes de enfermedades, como la hepatitis, se desarrollan en el intestino del individuo y son arrastrados por las materias fecales hasta las aguas negras.

3.4) Influencia de la demanda bioquímica de oxígeno. (4)

Cuando se descarga la materia orgánica -- en las aguas negras, tiene lugar la descomposición y degradación debido a las bacterias y microorganismos presentes; el oxígeno, es necesario para que se verifiquen estas reacciones biológicas y bioquímicas y los organismos aerobios son los responsables de este trabajo. Sin embargo, cuando no hay oxígeno disuelto, los organismos anaerobios son los que predominan. Por consiguiente, -- cuando se descargan las aguas negras en una corriente, -- las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contenga el agua. Ahora bien, si la demanda bioquímica de oxígeno se define como: la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras, deberá -- existir la materia orgánica suficiente para que se lleve a efecto esta reacción biológica. (5)

3.5) Tratamiento natural de un agua negra.

Cuando las aguas negras son descargadas -- en una corriente, continúan la degradación y descomposición hasta completarse. Los procesos físicos, químicos y biológicos son más complejos, pero el agua tenderá a -- volver a un estado similar al anterior a la contamina--

ción. A este proceso natural, se le llama comunmente --
autopurificación, encontrándose cuatro zonas a través --
de la corriente:

Zona de degradación. - Esta zona se ca- --
racteriza por signos visibles de contaminación, no exis- --
te fauna acuática, por el poco oxígeno disuelto, existen
grandes cantidades de bacterias, incluyendo las patóge--
nas que van agotando el oxígeno disuelto y empieza la --
sedimentación de los sólidos suspendidos.

Zona de descomposición. - Esta zona se --
caracteriza por tener grandes cantidades de bacterias --
anaeróbicas debido a la falta de oxígeno disuelto, la se- --
dimentación de sólidos se sigue llevando a efecto y se --
producen olores ofensivos, al final de esta zona, se --
tiene algo de oxígeno disuelto.

Zona de recuperación. - El oxígeno di- --
suelto aumenta gradualmente, hay pocos microorganismos, --
la sedimentación de sólidos sigue llevándose a cabo en --
bancos de lodo, apareciendo gusanos y larvas.

Zona de agua limpia. - Esta zona no con- --
tiene sólidos flotantes visibles, el agua es limpia y li --
bre de materia suspendida, existen bacterias en cantida-

des muy pequeñas y la concentración de oxígeno disuelto está cercana a la saturación; se encuentran presentes -- algas y peces, que emplean, como alimento los compuestos inorgánicos estables que resultaron de la descomposición de los complejos orgánicos característicos de las aguas-- negras que produjeron la contaminación.

3.6) Método de tratamiento de las aguas-- negras. (3)

A pesar de que son muchos los métodos de tratamiento de aguas negras, todos pueden incluirse dentro de los siguientes procesos.

- 3.6.1 Tratamiento preliminar.
- 3.6.2 Tratamiento primario.
- 3.6.3 Tratamiento secundario.
- 3.6.4 Tratamiento de cloración.
- 3.6.5 Tratamiento de los lodos.

3.6.1 Tratamiento preliminar. -- Tiene -- por objeto separar sólidos mayores flotantes, sólidos -- inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de -- aceites y grasas; en algunos casos la falta de este tratamiento, puede perjudicar considerablemente el equipo -- de bombeo. Entre los dispositivos más importantes para -- este tipo de tratamiento se encuentran:

- a) Rejas de barras y soleras.
- b) Desmenzadores como: molinos, cortadoras o trituradoras.
- c) Desarenadores.
- d) Tanques de preaeración.

3.6.2 Tratamiento primario. - Por medio de este tratamiento, se eliminan aproximadamente del 40 al 60% de los sólidos suspendidos en las aguas negras, mediante asentamiento en tanques de sedimentación; el objeto de estos tanques, es disminuir la velocidad de las aguas negras para que los sólidos puedan sedimentarse. De acuerdo a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden subdividirse en:

- a) Tanques sépticos.
- b) Tanques de doble acción, como los de Imhoff.
- c) Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- d) Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

3.6.3 Tratamiento secundario. - Este tratamiento sirve para eliminar los sólidos que quedaron después del tratamiento primario, y depende principal-

mente de los organismos aeróbios, para la descomposición de los sólidos orgánicos, hasta su transformación en sólidos inorgánicos y en sólidos orgánicos estables. Entre los dispositivos usados en el tratamiento secundario, se pueden encontrar cuatro grupos:

- a) Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria.
- b) Tanques de aeración como son:
 - 1) Lodos activados con tanques de sedimentación simple.
 - 2) Aeración por contacto.
- c) Filtros de arena intermitentes.
- d) Estanque de estabilización.

3.6.4 Tratamiento de cloración. - Este tratamiento puede emplearse en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras y aún antes del tratamiento preliminar. Los propósitos de aplicar el cloro a un agua negra, pueden ser los siguientes:

- a) Desinfección y destrucción de organismos patógenos.
- b) Prevención de la descomposición de las aguas negras para: controlar el olor y proteger las estructuras de la

planta.

- c) Como auxiliar en la operación de la planta para la sedimentación, en los filtros goteadores y el abultamiento de los lodos activos.
- d) Ajuste de la demanda bioquímica de oxígeno.

3.6.5 Tratamiento de los lodos. - Los lodos provenientes de los sólidos eliminados en los tratamientos primario y secundario, en general, no necesitan tratamiento para su disposición, sin embargo es necesario acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes. El objeto de este tratamiento, es el de eliminar parcial o totalmente el agua, con lo cual, se disminuye considerablemente el volumen evitando también, la descomposición de sólidos orgánicos putrefacibles transformándolos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos estables. Esto, se logra con los siguientes métodos:

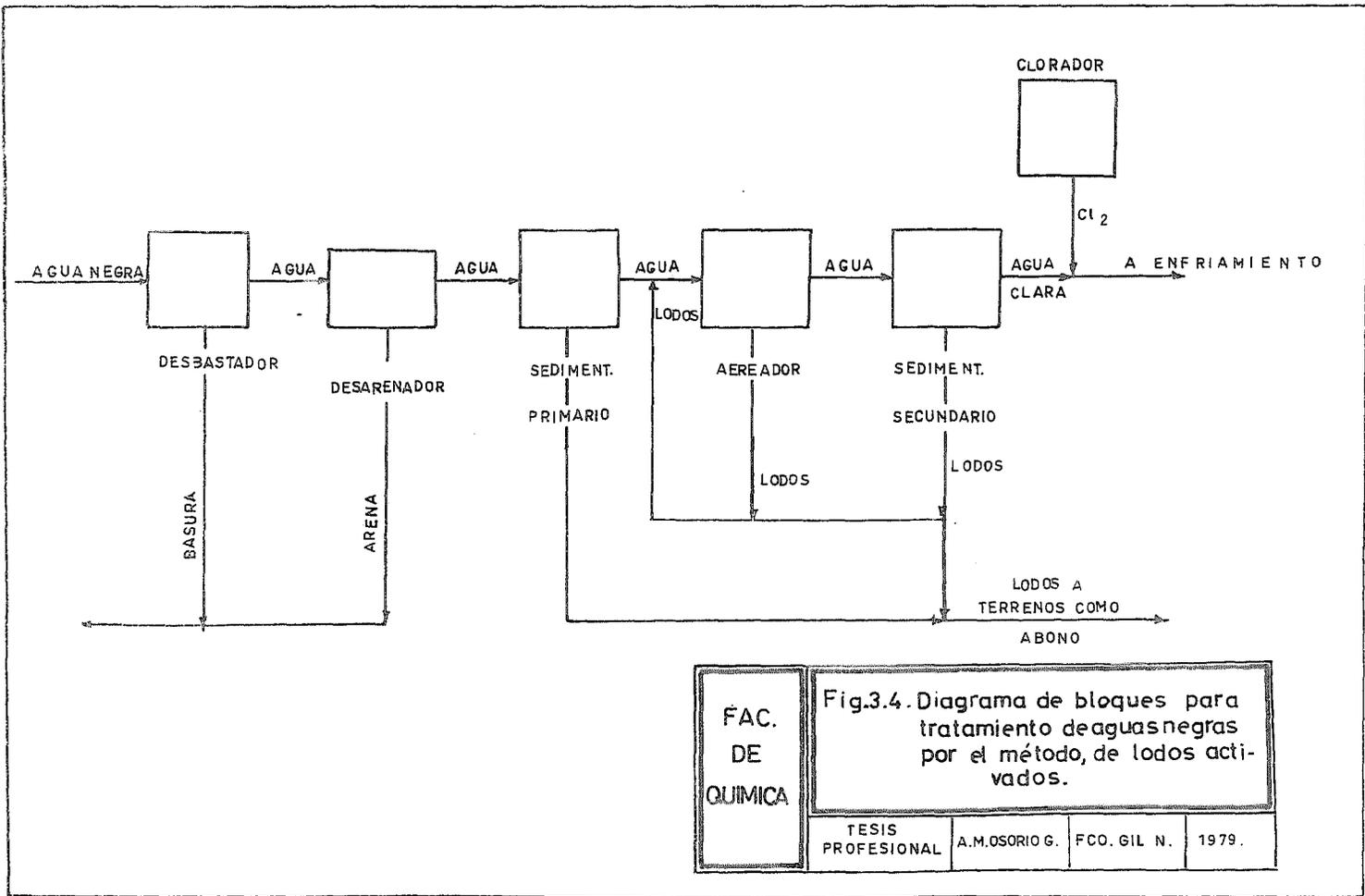
- a) Espesamiento.
- b) Digestión, con o sin aplicación de calor.
- c) Secado en lechos de arena cubiertos o descubiertos.
- d) Acondicionamiento con productos químicos.

- e) Elutriación
- f) Filtración al vacío.
- g) Secado aplicando calor.
- h) Incineración.
- i) Oxidación húmeda.
- j) Flotación con productos químicos y --
aire.
- k) Centrifugación.

3.7) Tratamiento de las aguas negras por el método convencional de lodos activados.

El proceso de tratamiento de las aguas negras que se lleva a cabo en la Planta de Chapultepec, está basado en el método convencional de tratamiento -- de lodos activados. La figura 3.4 muestra en forma de diagrama de bloques el proceso, el cual consta de varios pasos:

- Desbastación.
- Desarenación.
- Sedimentación primaria.
- Aeración.
- Sedimentación secundaria.
- Cloración.



FAC. DE QUIMICA

Fig.3.4. Diagrama de bloques para tratamiento de aguas negras por el método de lodos activados.

TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G.	FCO. GIL N.	1979.
-------------------	---------------	-------------	-------

- 1) A través de una rejilla se eliminan las - - partículas grandes; trozos de metal, madera y otros materiales.

- 2) El agua negra ya sin sólidos grandes, pasa a un desarenador, que es un sedimentador de poca profundidad, ya que las aguas negras - de la Ciudad de México contienen gran can-- tidad de arena.

- 3) El agua desarenada, pasa a un sedimentador-primario en donde se elimina aproximadamen- te el 65% de materia orgánica. De este se- dimentador salen dos corrientes, una mayor- que va a un aerador y otra menor que se re- tira del sistema y que contiene los lodos - y las natas.

- 4) A la corriente principal que sale del sedi- mentador primario, se le unen los lodos de- recirculación del sedimentador secundario - y del aerador. Estos lodos llevan los mi-- croorganismos que favorecen la eliminación- de materia orgánica en el aerador y en el - sedimentador secundario. La mezcla de co-- rrientes (agua del sedimentador primario y-

lodos de recirculación del aerador y del --
secundario) pasa al aerador en donde se in-
troduce una corriente de aire para alimentar
de oxígeno a los microorganismos.

- 5) Una corriente sale del aerador para entrar-
al sedimentador secundario, de este sedi- -
mentador, sale una corriente principal con-
agua clarificada y con los lodos de recir--
culación.

- 6) El agua clarificada del sedimentador secun-
dario se envia a los cloradores, en donde -
se adiciona cloro hasta mantener 0.5 ppm.--
de cloro residual.

CAPITULO IV.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La planta de tratamiento de aguas negras de Chapultepec está construída de acuerdo con un diseño convencional o no patentado para tratar un gasto medio de 160 litros por segundo de aguas negras, tipo doméstico, procedente de la zona residencial de las Lomas de Chapultepec, por el proceso de lodos activados. El tratamiento se lleva a cabo en dos unidades, "1" y "2", como se muestra en la figura 4.1, de funcionamiento independiente entre sí.

En la planta de Chapultepec las aguas negras se someten a un proceso de purificación que comprende:

- 4.1 Tratamiento preliminar o previo.
- 4.2 Tratamiento primario.
- 4.3 Tratamiento secundario.
- 4.4 Desinfección.

4.1 Tratamiento preliminar o previo. - El tratamiento preliminar se basa en procesos físicos y tiene como objeto proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos siguientes del tratamiento.

Rejillas. - El volúmen total del agua cru-

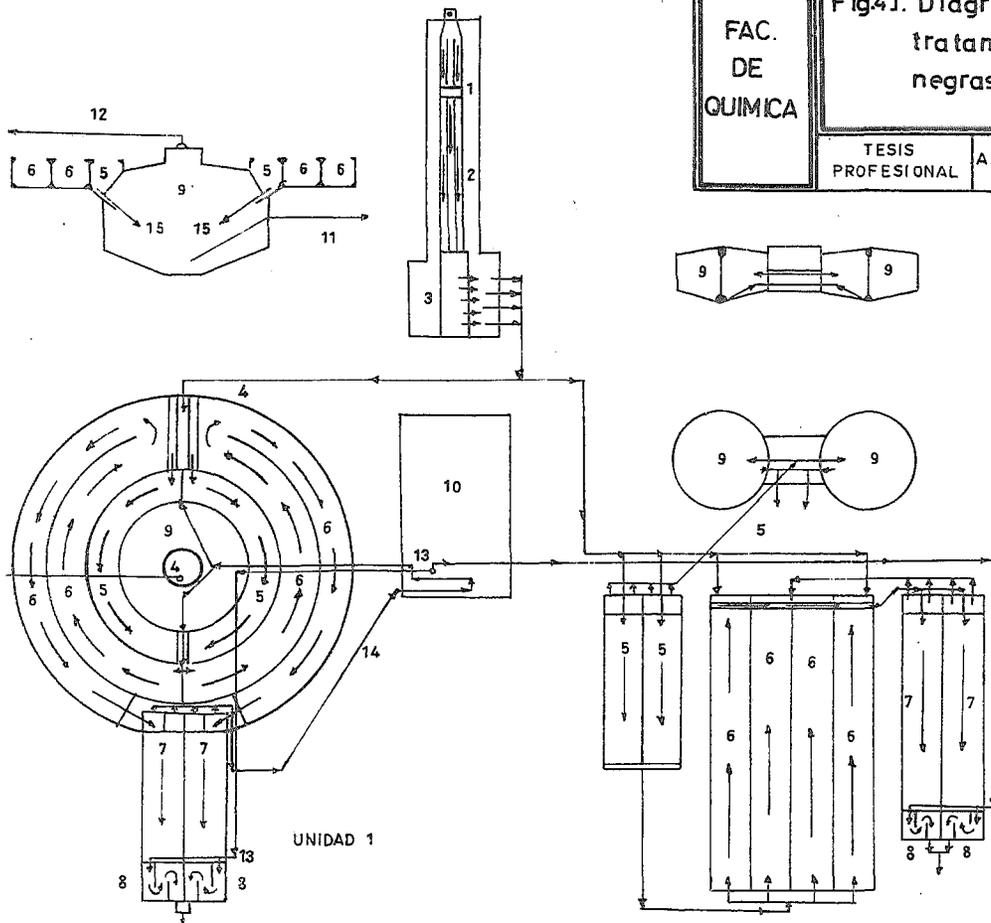
FAC.
DE
QUIMICA

Fig.41. Diagrama de la planta de
tratamiento de aguas
negras Chapultepec.

TESIS
PROFESIONAL

A.M.OSORIO G. FCO. GIL N.

1979



1. REJILLAS.
2. DESARENADOR
3. CARCAMO DE BOMBEO
4. DESGRASADOR
5. SEDIMENTACION PRIMARIA
6. TANQUES DE AERACION
7. SEDIMENTACION SECUNDARIA
8. TANQUES DE CONTACTO DE CLORO
9. DIGESTORES
10. SALA DE MAQUINAS LABORATORIO Y OFICINAS.
11. ELIMINACION DE LODOS DIGERIDOS.
12. SALIDA DE GASES
13. CLORO
14. RECIRCULACION DE LODOS DIGERIDOS.
15. LODOS PRIMARIOS.

UNIDAD 2

UNIDAD 1

da o influente se pasa por rejillas que presentan una abertu-
ra de 2.5 cm, instaladas de tal manera, que presentan un ángulo de 45 grados con la vertical y tienen como objetivo separar madera, telas, papel, basura, etc.

La operación de limpieza es manual (con rastrillos) y el material recolectado se emplea como relleno sanitario.

Desarenadores. - Debido a que en la Ciudad de México se tienen drenajes combinados, hace que haya en el agua negra, una cantidad considerable de sólidos inorgánicos como arena. Las arenas, pueden dañar las bombas por abrasión, haciendo necesario poner desarenadores antes de que el agua llegue a las bombas.

Se tienen tres tanques rectangulares de flujo horizontal que trabajan alternadamente, cada tanque presenta las siguientes características.

Longitud.....	17.50 m
Ancho.....	0.75 m
Profundidad	0.90 m
Capacidad.....	11.80 m ³
Tiempo de retención..	1.25 min para un gasto de 160 litros por segundo.

La limpieza de los desarenadores es manual, y el material depositado se elimina periódicamente empleándolo como relleno sanitario.

El agua desarenada cae a un cárcamo de bombeo de donde se distribuye en forma proporcional a cada una de las unidades, para continuar su tratamiento.

4.2 Tratamiento primario. - Unidad I. -

El tratamiento primario es un proceso físico y tiene como objetivo eliminar grasas y sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, por flotación y sedimentación, para lo cual se siguen los pasos siguientes:

Tanque desgrasador. - El agua desarenada se hace pasar por un tanque desgrasador en donde la eliminación de grasa se lleva a cabo por flotación acelerada mediante el burbujeo de aire comprimido. El desgrasador presenta las siguientes características:

Longitud.....	8.4 m
Ancho.....	1.80 m
Profundidad.....	2.00 m
Area superficial.....	15.12 m ²
Capacidad.....	30.24 m ³
Período de retención..	6.3 min para un gasto de 80 - litros por se- gundo.

El material separado se elimina descar--
gándolo directamente al sistema de drenaje.

Sedimentación primaria. - El objetivo --
de la sedimentación primaria es eliminar de la corrien--
te de agua negra los sólidos suspendidos sedimenta- ---
bles (orgánicos o inorgánicos); para ello, se hace pa--
sar el agua desarenada y desgrasada a dos tanques de --
doble acción, semianulares de flujo horizontal.

En total los dos tanques presentan las -
siguientes características:

Radio medio.....	8.50 m
Profundidad media.....	3.17 m
Ancho.....	3.00 m
Perímetro medio.....	50.5 m
Capacidad total.....	343.0 m ³
Area superficial.....	154.2 m ²
Periodo de retención..	90 min para un -- gasto de 80 <u>li</u> tros por segun <u>do</u> do.

Digestor. - Los sólidos depositados o --
lodos primarios, y que constituyen la carga diaria con--
que se alimenta la fosa de digestión, pasan de una ma--

nera continúa a la misma, por medio de una abertura -- que se extiende en el fondo y a todo lo largo de los -- tanques de sedimentación primaria como se observa en el corte transversal que se presenta en el diagrama gene-- ral de la planta, (fig. 4.1), para ser tratados por me-- dio de una fermentación anaerobia. El digester presen-- ta las siguientes características:

Capacidad total.....2155 m³
Capacidad útil para lodos.....1600 m³
Area de desprendimiento gaseoso. 2.5 m²

Su funcionamiento es continuo, el proce-- so fermentativo se desarrolla sin regulación de tempe-- ratura durante un tiempo promedio de 45 días; cuenta -- con rompedor hidráulico de espuma, con bombas de extrac-- ción de lodos digeridos y con tuberías para la conduc-- ción del gas producido.

4.3 Tratamiento secundario. -- Tanques -- de aeración. El agua negra después de su clarifica-- ción primaria se mezcla en los tanques de aeración con-- los lodos activados y se somete a un proceso de aere-- ción mediante un sistema de difusores de aire comprimi-- do.

La agitación mediante aire difundido, efectúa cuatro funciones principales:

- a) Abastecen el oxígeno necesario.
- b) Mantienen los lodos activados en suspensión.
- c) Favorecen el contacto entre las aguas residuales y los lodos.
- d) Eliminan los gases disueltos en el agua.

Los canales de aeración son dos tanques semianulares de flujo helicoidal que presentan en total las siguientes características:

Cada canal tiene dos secciones concéntricas de radio medio de 12.25 y 16.45 metros respectivamente.

Perímetro medio total.....	145.0 m
Ancho total.....	4.0 m
Profundidad.....	3.2 m (al nivel del agua)
Capacidad total.....	1676.2 m ³
Periodo de retención.....	5.8 horas para un gasto de 80 litros por segundo.

Sedimentación secundaria. - La mezcla formada por el agua en tratamiento y los lodos activados, pasan después a los tanques de sedimentación secundaria en donde los lodos activados y la materia orgánica adsorbida y absorbida por ellos, por su característica de gran capacidad de sedimentación, se depositan rápidamente en el fondo. Los tanques de sedimentación están constituidos por dos canales rectangulares y paralelos; cada uno tiene su depósito (tolva) colocado en el fondo y a la entrada del tanque.

Características del sedimentador secundario:

Longitud.....	20.0 m
Ancho total.....	9.0 m
Profundidad.....	3.6 m
Capacidad total.....	648.0 m ³
Area superficial.....	180.0 m ²
Periodo de retención.	2 horas para 80 -- litros por segundo.

Los lodos depositados en cada canal se eliminan mediante el sistema de rastras mecánicas que los conducen a las tolvas de donde son bombeados a los tanques de aeración para iniciar el ciclo aeróbico y,

los excedentes, en su caso, descargados en los tanques de sedimentación primaria para ser introducidos por este medio al digestor.

4.4 Desinfección. - El agua clarificada en los tanques de sedimentación secundaria pasa, como fase final del proceso de purificación, a los tanques de contacto de cloro que presentan las siguientes características:

Longitud.....	4 m
Ancho total.....	9 m
Profundidad.....	3 m
Capacidad.....	108 m ³
Area superficial.....	36 m ²
Periodo de retención..	22 min para un gas de 80 litros por segundo.

En estos tanques se aplica al agua una cantidad de cloro conveniente para satisfacer su demanda, y un excedente para que conserve al final 0.5 mg por litro aproximadamente, de cloro residual.

CAPITULO V.

METODOS ANALITICOS PARA EL CONTROL DEL PROCESO

En la planta de tratamiento de aguas negras de Chapultepec, se toman muestras en diferentes puntos del proceso para la operación de la planta y para el control de calidad del agua tratada. Los análisis realizados a cada muestra son de dos tipos: físicos y químicos. A continuación se hace un resumen muy general de los métodos y las técnicas seguidas en cada uno de ellos.

5.1) METODOS FISICOS. (6)

5.1.1 Temperatura. - El termómetro de inmersión parcial, se introduce en la muestra recién tomada, sumergiéndolo el tiempo suficiente para obtener una lectura constante.

5.1.2 Potencial hidrógeno, (pH). - Se usa un potenciómetro con electrodos de vidrio, que se calibra con una solución reguladora de concentración conocida; se pone la muestra a determinar, y se obtiene la lectura del pH, directamente en el aparato.

5.1.3 Sólidos. - Se filtra la muestra en un Gooch de porcelana con asbesto, cuyo peso es cono-

cido, los sólidos suspendidos quedan en el Gooch, y en el filtrado se tienen los sólidos disueltos; el Gooch se mete a la estufa a una temperatura de 103°C , por diferencia de peso se tienen los sólidos suspendidos totales, posteriormente, éste mismo Gooch se calcina en mufla a 600°C durante 30 minutos y por diferencia de peso con los sólidos suspendidos totales, se obtienen los sólidos suspendidos fijos, en la siguiente relación:

Sólidos suspendidos totales

— Sólidos suspendidos fijos
Sólidos suspendidos volátiles.

El filtrado se evapora a sequedad (104°C) en un recipiente de peso conocido y por diferencia de peso, se tienen los sólidos disueltos totales, que se calcinan en la mufla (600°C) y por diferencia se obtienen los sólidos disueltos fijos, en la siguiente relación:

Sólidos disueltos totales
— Sólidos disueltos fijos
Sólidos disueltos volátiles

por lo que:

+ Sólidos suspendidos totales
Sólidos disueltos totales
Sólidos totales

+ Sólidos suspendidos fijos
Sólidos disueltos fijos
Sólidos fijos totales

+ Sólidos suspendidos volátiles
Sólidos disueltos volátiles
Sólidos volátiles totales

5.1.4 Sedimentación. - Se toma un litro de muestra en un cono Imhoff, se deja sedimentar durante una hora y se hace la lectura del sedimento en volumen.

5.2) MÉTODOS QUÍMICOS. (8)

5.2.1 Alcalinidad total (anaranjado de metilo). - A una parte alícuota de muestra (50 ml) se le agrega anaranjado de metilo como indicador y se titula con ácido sulfúrico valorado (0.02 N) hasta la presencia de un color canela.

5.2.2 Dureza total. - Una parte alícuota de muestra se neutraliza hasta un pH de 7, con ácido sulfúrico diluido, se le agregan 2 ml de solución regu-

ladora pH-10 (hidróxido de amonio, cloruro de amonio), se usa como indicador eriocromo negro T, se titula con una solución valorada de sal sódica del ácido etilén diamino tetraacético, hasta la presencia de un color azul. La titulación no debe de exceder de 5 minutos después de haber agregado la solución reguladora.

5.2.3 Calcio. - Se toma una parte alícuota de muestra (50 ml), se agregan 2 ml de solución de hidróxido de sodio (0.1 N), se pone en una cápsula de porcelana y se titula con una solución valorada de sal sódica del ácido etilén diamino tetraacético, en presencia de purpurato de amonio (murexida) teniendo un cambio de color rosa a violeta.

5.2.4 Magnesio.

Dureza total
— Dureza de calcio
Dureza de magnesio

5.2.5 Cloruros. - A una parte alícuota de muestra, se le agrega solución de cromato de potasio hasta que se desarrolle un color verde limón, titulando con solución valorada de nitrato de plata (0.0141 N) hasta la aparición de un color rojo ladrillo.

5.2.6 Sulfatos. - A una parte alícuota-
de muestra filtrada y sin turbiedad (100 ml), se le --
añaden 5 ml de solución acondicionadora (50 ml de gliceri-
na, 30 ml ácido clorhídrico concentrado, 300 ml de --
agua destilada, 100 ml de alcohol etílico al 95% en vo-
lumen y 75 g de cloruro de sodio) se mezcla perfectamen-
te con agitador magnético, y se le agrega suficiente --
cloruro de bario en forma de cristales hasta precipi- --
tar los sulfatos presentes como sulfato de bario; en --
un espectrocolorímetro, se mide la absorbancia y la --
concentración de los iones sulfato, se determina por --
comparación de lecturas con una curva estandar.

5.2.7 Fosfatos. - Filtrar la muestra --
desechando los primeros 20 ml, ya que el papel cuando --
se humedece absorbe parte de los fosfatos, 10 ml de --
muestra filtrada se pasan a un matraz aforado de 100 ml
y se diluyen con agua destilada hasta la mitad aproxi-
madamente del matraz, se le añaden 4 ml de solución --
sulfúrica de molibdato de amonio (25 g de molibdato de-
amonio, 280 ml de ácido sulfúrico y aforado a un li- --
tro) 0.5 ml de solución de cloruro estannoso (2.5 g de-
cloruro estannoso en 100 ml de glicerina) y se aforan a-
100 ml con agua destilada, se dejan reposar durante 10-
minutos y se lee en un espectrocolorímetro a 690 m .--
La concentración de iones fosfato se determina por com-

paración de lecturas en curva estandar.

5.2.8 Oxígeno disuelto. - A un litro de muestra se le elimina la materia suspendida por coagulación, adicionando 10 ml de solución al 10% de sulfato doble de aluminio y potasio y un ml de solución de hidróxido de sodio (12N), por medio de un sifón, se separan 300 ml de solución cristalina, poniéndose en un frasco de tapón esmerilado de 300 ml, añadir 2 ml de sulfato manganoso (480 g de $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ aforados a un litro) agitar fuertemente, añadir 2 ml de solución alcalina (500 g de NaOH, 135 g de NaI aforados a un litro y agregar una solución que contenga 10 g de azida de sodio disuelto en 40 ml de agua destilada), agitar fuertemente y dejar reposar, agregar 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitar fuertemente y dejar reposar, tomar una parte alícuota de 200 ml y titular con una solución de tiosulfato de sodio (0.025N) en presencia de almidón como indicador, hasta que desaparezca el color azul (la solución queda incolora).

5.2.9 Demanda química de oxígeno. - Se colocan en un matraz 400 mg de sulfato de mercurio, 10 ml de muestra, 10ml de agua destilada, 10 ml de solución 0.25 N de dicromato de potasio y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, conteniendo 10 g de sulfato de -

plata por cada litro de ácido sulfúrico, se lleva a --
reflujo durante 2 horas y se titula con solución de sul-
fato ferroso amoniacal (0.1N) en presencia de un indi-
cador (ferroín) hasta color café.

5.2.10 Demanda bioquímica de oxígeno. -
En tres frascos especiales para éste tipo de análisis,--
en caso de agua cruda, se diluyen tres muestras con --
agua de dilución en las siguientes proporciones, 1, 2 y
3% en volumen. En el caso de agua tratada, se hacen --
proporciones de 10, 20 y 30% en volumen, en agua de di-
lución contiene los nutrientes y el oxígeno disuelto --
(22.5 mg de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 25 mg de $FeCl_2 \cdot 6H_2O$, 27.5 mg --
de $CaCl_2$, 62 mg de una mezcla de K_2HPO_4 , KH_2PO_4 y --
 $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$, 1.7 mg de NH_4Cl y aforada a un litro con --
agua destilada, aerada previamente, para que contenga --
entre 6 y 7 mg/l de oxígeno disuelto), las muestras ya--
diluidas se llevan a la incubadora 5 días a $20^{\circ}C$; las --
muestras se corren con un testigo conteniendo solamen--
te agua de dilución, a los cinco días de incubación, --
determinándose el oxígeno disuelto en cada una de las --
muestras comparándola con el testigo.

5.2.11 Nitrógeno amoniacal. - Se miden--
50 ml de muestra y se agregan 200 ml de agua destilada--
a un matraz Kjeldhal, se añaden 15 ml de solución regu-

ladora (14.3 g de KH_2PO_4 , 68.8 g de K_2HPO_4 aforar a un litro con agua destilada libre de amoniaco). Se conecta el matraz Kjeldhal al aparato de destilación, se destila un volumen de 100 ml, recibiendo el destilado en un tubo de Nessler, se toman 50 ml de éste destilado, o una alícuota a 50 ml y se le agrega 1 ml del reactivo de Nessler (100 g de HgI_2 , 70 g de KI, 160 g de NaOH y aforar a un litro con agua destilada) se agita fuertemente y se deja reposar 10 minutos, se hace la lectura de absorbancia en un espectrocolorímetro a 400 m y se compara con una gráfica estándar (absorbancia concentración).

5.2.12 Nitrógeno orgánico. - A la muestra que queda después de destilar el nitrógeno amoniacal, se le agregan 50 ml de reactivo de digestión (134 g de K_2SO_4 , 2 g de HgO , 25 ml de H_2SO_4 6N y aforado a un litro) se pone a digestión en un matraz Kjeldhal de 800 ml, en una campana media hora aproximadamente, hasta que la solución esté incolora o ligeramente colorida. Enfriar la solución y agregar 50 ml de una solución alcalina (500 g de NaOH, 25 g de $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y aforada a un litro) agregar 200 ml de agua destilada y proceder a destilar siguiendo el método usado para el nitrógeno amoniacal.

5.2.13 Nitrógeno total.

+ Nitrógeno amoniacal
Nitrógeno orgánico
Nitrógeno total

5.2.14 Demanda de cloro. - A una serie de frascos con 200 ml de muestra, se le agregan diferentes cantidades de solución valorada de cloro, se deja reposar durante 30 minutos. El primer frasco que después de éste tiempo, desarrolle coloración azul al adicionarle yoduro de potasio y solución de almidón, se toma como base para calcular la demanda.

5.2.15 Detergentes. - Se pone una parte-alcuota de muestra en un embudo de separación, se neutraliza con hidróxido de sodio en solución 1 N y ácido sulfúrico 1 N, usando fenolftaleína como indicador. Se le agregan 25 ml de solución de azul de metileno (0.03 g/l de azul de metileno) se añaden 10 ml de cloroformo, se agita y se deja reposar hasta la formación de dos capas, se drena la capa de cloroformo en un segundo-separador; repetir la extracción hasta coloración azul muy leve de azul de metileno, lavar la parte no acuosa con una solución de fosfato ácido de sodio (50 g. de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 500 ml de H_2O , 7 ml de H_2SO_4 concentrado y aforar a un litro con agua destilada) agitar y separar,-

filtrando en lana de vidrio, aforar a 100 ml y determinar absorbancia en un espectrocolorímetro a una longitud de onda de 650 m . Comparar la lectura con una gráfica de calibración estándar. (absorbancia - concentración)

5.2.16 Grasas y aceites. - En un embudo de separación se colocan 250 ml de muestra, acidulando con ácido sulfúrico 1:1 (5 ml por litro de muestra) se añaden 100 ml de éter de petróleo agitando vigorosamente y dejando reposar hasta separación de capas, separando la capa no acuosa, filtrar y evaporar en baño de agua el éter de petróleo, en un recipiente previamente pesado, la diferencia de peso será el contenido de grasa y aceite.

C A P I T U L O VI.

DATOS OBTENIDOS EN LA OPERACION DE LA PLANTA

6.1) Frecuencia y período de muestreo.

Las impurezas que lleva el agua negra a tratar en la planta de Chapultepec, varían de acuerdo a las diferentes estaciones del año, de acuerdo con esta consideración, se toma como base un período de muestreo de un año. Debido a que la variación en la composición del agua negra que es captada por la planta es pequeña, se obtienen promedios mensuales de los datos obtenidos de acuerdo con las frecuencias de muestreo; la tabla 6.1 indica las frecuencias de muestreo y período en que se realiza este muestreo.

6.2) Demanda de agua en las diferentes estaciones del año.

La cantidad de agua tratada en la planta de Chapultepec no es siempre la misma, y sirve para riego y, llenado de lagos del Bosque de Chapultepec; la cantidad de agua tratada, está en función de la precipitación pluvial en las diferentes épocas del año; la tabla 6.2 y la figura 6.1, muestran un promedio de agua mensual tratada en cada unidad, así como el total de ambas unidades. Puede notarse que en los meses de julio, agosto y septiembre el volumen es mínimo, por ser la época en que generalmente existe una mayor pre-

capitación pluvial, usándose solamente una unidad para tratamiento y dar el mantenimiento a la otra; sin embargo, en los meses de estiaje (enero, febrero, marzo, -- abril y mayo) se tiene el volumen máximo de agua negra-- tratada por día.

6.3) Gráficas de los datos obtenidos.

Conforme a la frecuencia de muestreo se-- hacen promedios mensuales de los datos obtenidos, de -- los diferentes análisis realizados a las muestras de -- influente y efluente de la planta, los cuales aparecen-- trazadas en gráficas en las figuras 6.2 a 6.18.

ANALISIS	PUNTOS DE MUESTREO									
	INFLUENTE		EFLUENTE SEDIMENTADOR PRIM.		EFLUENTE		LICOR MEZCLADO		RECIRCULACION DE LODOS	
	FRECUENCIA	PERIODO	FRECUENCIA	PERIODO	FRECUENCIA	PERIODO	FRECUENCIA	PERIODO	FRECUENCIA	PERIODO
Cloruros (Cl ₂)	8/mes	1 año			8/mes	1 año				
Sulfatos (SO ₄)	8/mes	1 año			8/mes	1 año				
Fosfatos (PO ₄)	12/mes	1 año			12/mes	1 año				
Grasas	15/mes	1 año	12/mes	1 año	15/mes	1 año				
Nitrógeno Orgánico	6/mes	1 año			6/mes	1 año				
Nitrógeno Amoniacal	12/mes	1 año			12/mes	1 año				
Nitrógeno de Nitratos	12/mes	1 año			12/mes	1 año				
Detergentes	12/mes	1 año			12/mes	1 año				
Demanda Química de Oxígeno	12/mes	1 año	12/mes	1 año	12/mes	1 año				
Demanda Bioquím. de Oxígeno	12/mes	1 año	12/mes	1 año	12/mes	1 año				
Oxígeno Disuelto	30/mes	1 año			30/mes	1 año	30/mes	1 año		
Dureza Total (CaCO ₃)	8/mes	1 año			8/mes	1 año				
Alcalinidad F (CaCO ₃)	8/mes	1 año			8/mes	1 año				
Alcalinidad AM (CaCO ₃)	8/mes	1 año			8/mes	1 año				
Sólidos Totales	20/mes	1 año			20/mes	1 año				
Sólidos Sedimentables	20/mes	1 año			20/mes	1 año	30/mes	1 año	30/mes	1 año
Sólidos Suspendidos Totales	20/mes	1 año	12/mes	1 año	20/mes	1 año	12/mes	1 año	12/mes	1 año
Sólidos Disueltos Totales	20/mes	1 año			20/mes	1 año				
pH	30/mes	1 año			30/mes	1 año				

FAC. DE QUIMICA	TABLA 6.1 Tipos de análisis, frecuencia, período y puntos de muestreo.			
	TESIS PROFESIONAL	A.M. OSORIO G.	FCO. GIL N.	1979

TABLA 6.2

VOLUMEN DE AGUA TRATADA (m³/d) EN LOS DIFERENTES
MESES DEL AÑO.

Meses	Vol. Unidad 1	Vol. Unidad 2	Vol. total
Enero	5184	5184	10368
Febrero	5184	5184	10368
Marzo	5184	5184	10368
Abril	5184	5184	10368
Mayo	5184	5184	10368
Junio	0	4752	4752
Julio	0	2160	2160
Agosto	0	1814	1814
Septiembre	0	2246	2246
Octubre	3456	4752	8208
Noviembre	5184	5184	10360
Diciembre	4492	4452	8984

TABLA 6.3

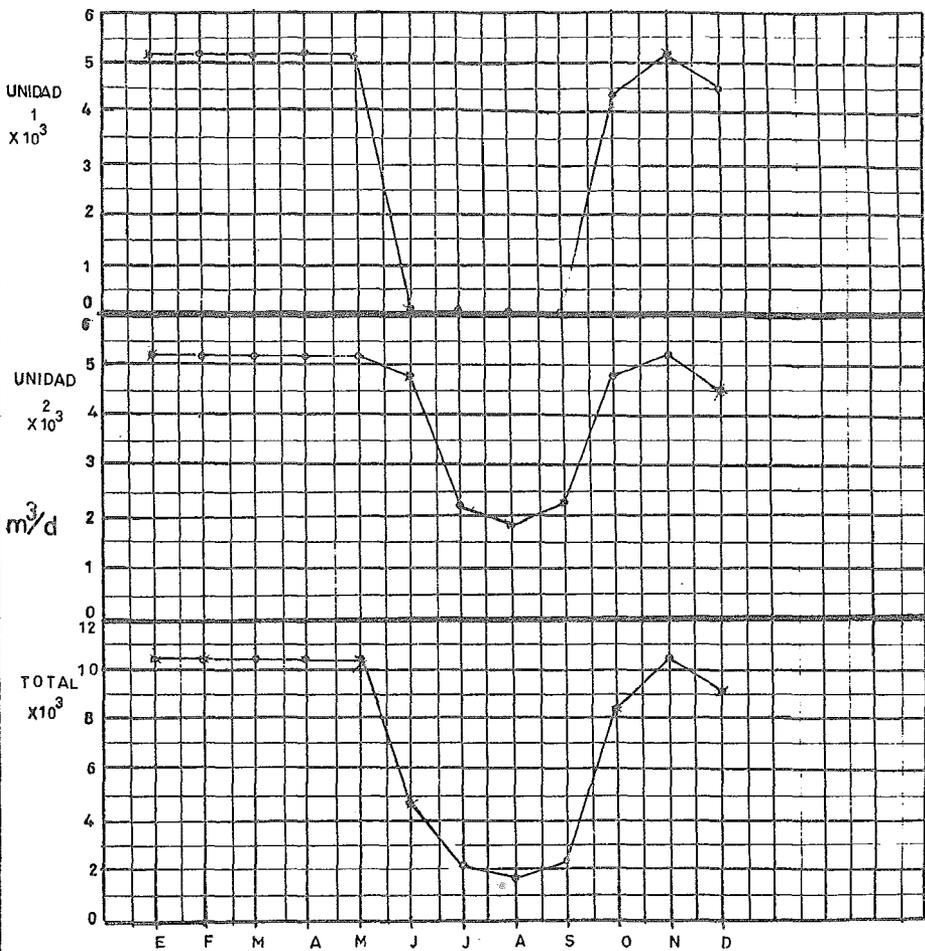
MUESTRA LOS DATOS EN PROMEDIO, MENSUALES; ASI-
COMO LOS MAXIMOS Y MINIMOS DE LOS ANALISIS REA
LIZADOS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO, EN LOS
DIRERENTES PUNTOS DEL PROCESO.

Meses	Volumen de agua tratada.		Potencial hidrógeno		Demanda bioquímica de oxígeno ppm.					Sólidos suspendidos ppm.					Sedimentabilidad lodos ml/l/30min				Oxígeno disuelto ppm.			Nitrógeno amoniacal ppm.		Nitrógeno de nitritos ppm.	
	l/seg	m ³ /d	Inf.	Ef.	Inf.	Ef. prim	% reducc. prim.	Ef. final	% reducc. total.	Inf.	Ef. prim.	% reducc. prim.	Ef. final	% reducc. total	Lodos recirc.	Licor mezclado	Licor mezclado	Lodos de recirc	Inf.	Licor mezclado	Ef. final	Inf.	Ef.	Inf.	Ef.
Enero	60	5184	7.7	7.3	135.6	85	47	10	92	283	136	52	25	91	2420	850	180	560	0.1	3.7	3.6	20	0.8	0.04	12.2
Febrero	60	5184	7.6	7.4	146.6	98	33	8.3	94	257	130	49	23	91	2280	818	175	530	0.0	4.0	3.9	19	0.9	0	12
Marzo	60	5184	7.6	7.3	250	150	40	16.0	93	580	245	58	20	96	3200	1110	240	820	0.0	4.0	4.0	25	0.6	1	10
Abril	60	5184	7.1	7.0	204	134	34	14.0	93	280	154	45	25	91	2435	922	183	600	0.3	3.9	3.8	19.5	0.9	0.2	12.5
Mayo	60	5184	7.4	7.2	190	128	33	20.0	89	283	150	47	32	89	2328	768	155	545	0.0	2.2	2.0	15	4.0	0.2	11
Junio	55	4752	7.3	7.1	164	106	35	14.0	91	351	192	45	20	94	2950	1006	190	625	0.0	4.0	4.0	17	3.0	0.2	10
Julio	25	2160	7.6	7.3	76.0	59	27	15.0	80	242	128	47	24	90	2583	969	166	555	0.9	1.7	1.6	14.5	2.0	0.3	5.5
Agosto	21	1814	7.4	7.2	85.0	67	22	9.0	89	85	42	51	19	78	1027	408	110	220	0.7	4.0	4.0	16	7.0	0.5	11.0
Septiembre	26	2246	7.4	7.2	135.0	80	41	13.0	90	212	120	45	23	89	2685	1106	195	490	0.6	2.4	2.2	13	3.0	0.5	12.0
Octubre	55	4752	7.5	7.3	170.0	126	26	21.0	87	326	140	57	26	92	2525	969	187	525	0.0	2.7	2.6	17	5.0	0.4	10
Noviembre	60	5184	7.6	7.4	175	136	23	23.0	87	354	162	54	30	92	2636	1087	205	588	0.0	3.0	2.6	20	7.0	0.3	9
Diciembre	52	4493	7.7	7.4	125	58	54	7.0	94	200	88	56	18	91	2106	806	160	456	0.6	4.1	4.0	5	0.3	0.1	4
Máximo	60	5184	7.7	7.4	250	150	54	23.0	94	580	245	58	32	96	3200	1110	240	820	0.9	4.1	4.0	20	7	1.0	12.5
Mínimo	21	1814	7.1	7.0	76	58	22	7.0	80	85	42	45	18	78	1027	408	110	220	0.0	1.7	1.6	5	0.3	0	4.0
Promedio	47.5	4277	7.5	7.3	155	102	35	14.0	91	287	140	52	24	91	2431	890	179	518	0.26	3.3	3.2	16.7	2.8	0.3	10

FAC. DE QUÍMICA

TABLA 6.3 Datos promedio de los análisis realizados en diferentes puntos del proceso.

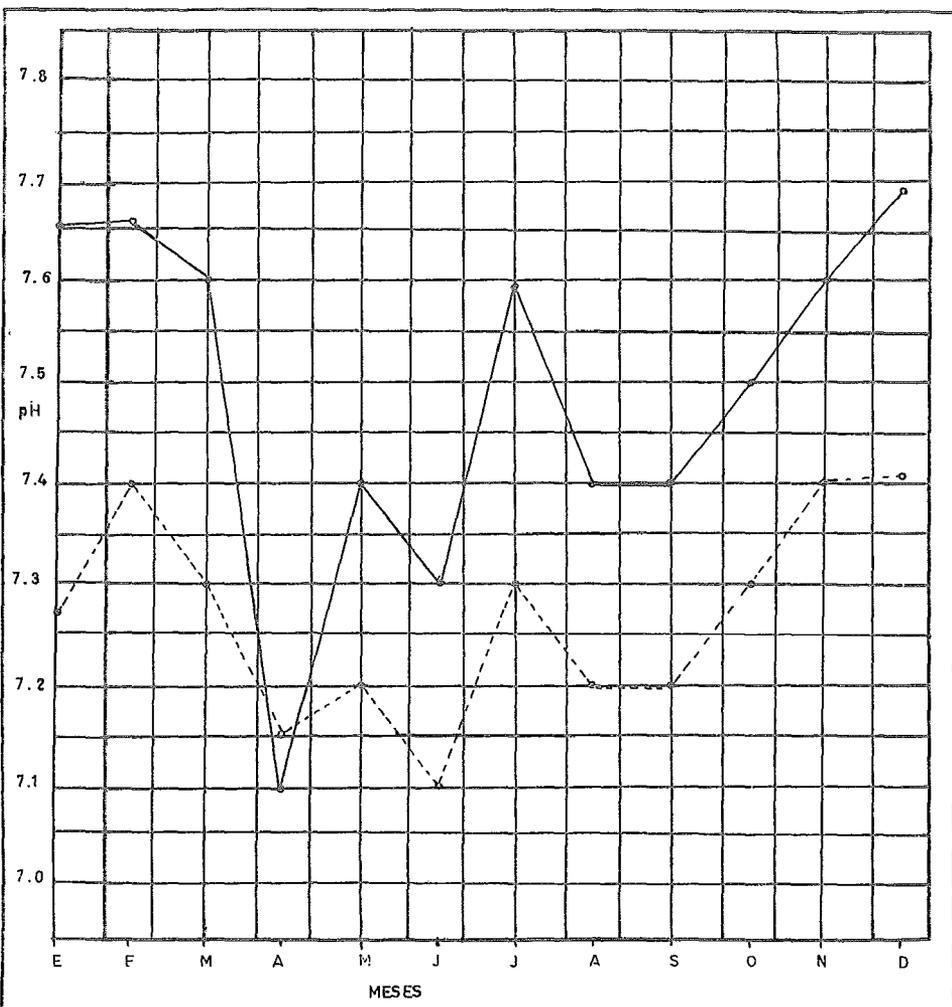
TESTS PROFESIONAL AM. OSORIO C. FOD. SIL H. 1979.



FAC.
DE
QUIMICA

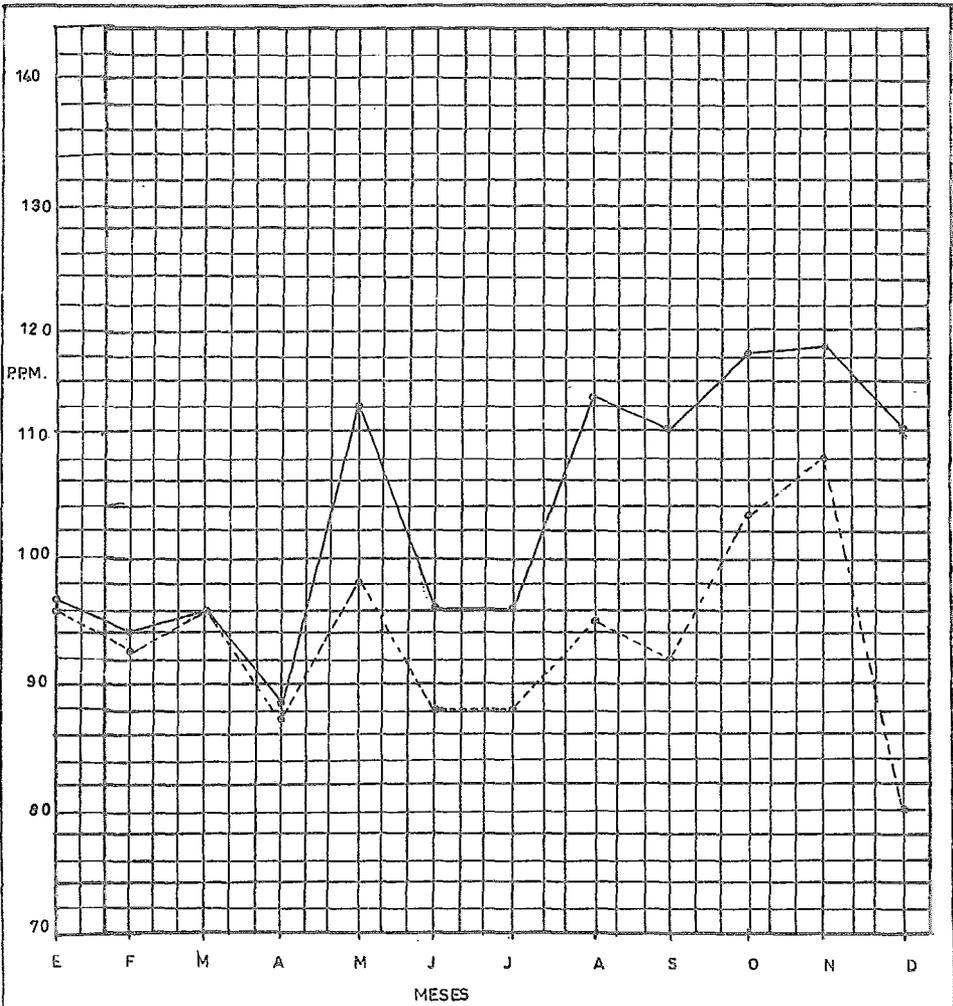
Fig.61.Volumen de agua tratada en los diferentes meses del año.

TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G.	FCO. GIL N.	1979
-------------------	---------------	-------------	------



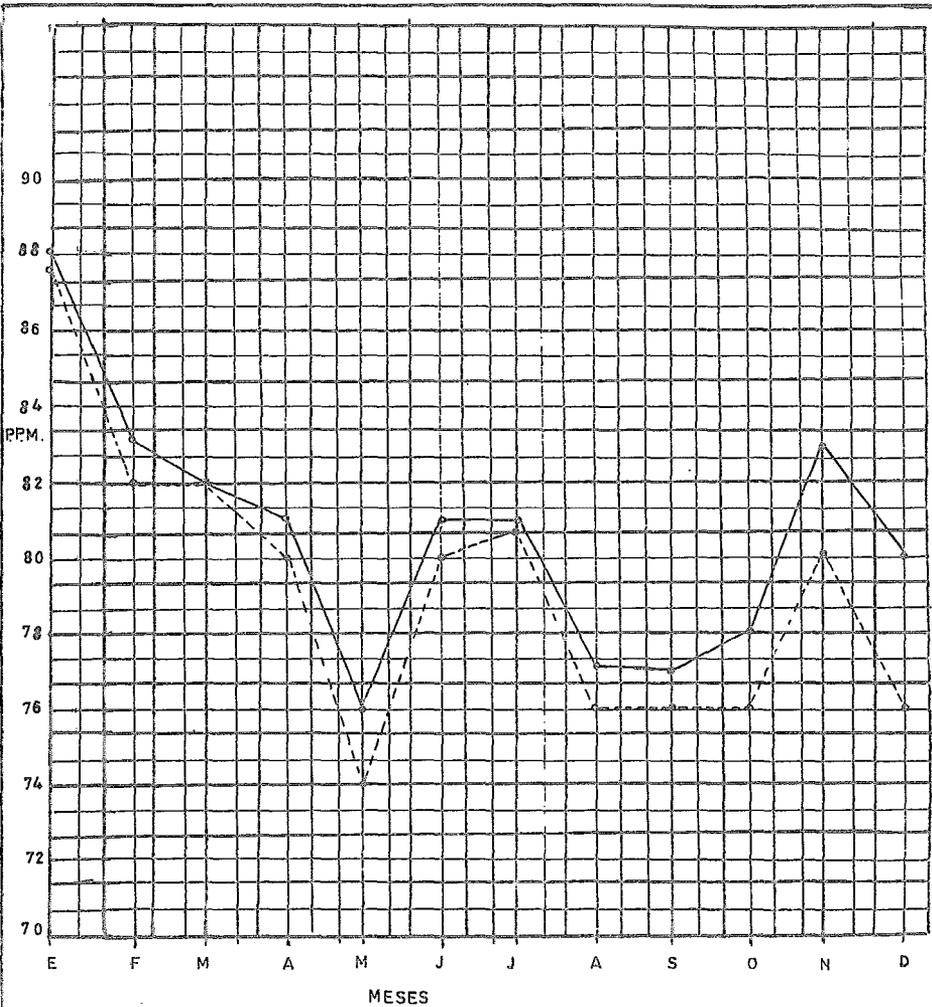
— INF.
 - - - EF.

FAC. DE QUIMICA	Fig.6.2.Variación del pH en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	AM OSORIO G	FCO. GIL N.
			1979



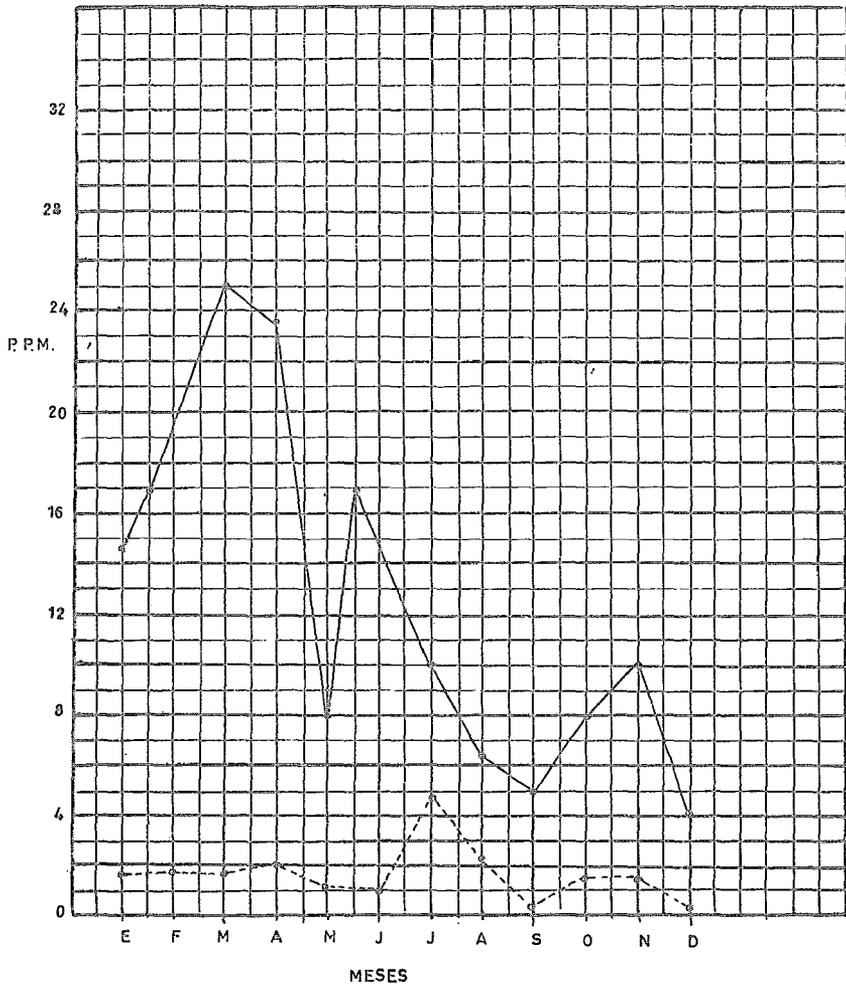
----- EF.
 ——— INF.

FAC. DE QUIMICA	Fig.6.3. Variación de la alcalinidad total en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G.	FCO.GIL N.
		1979	



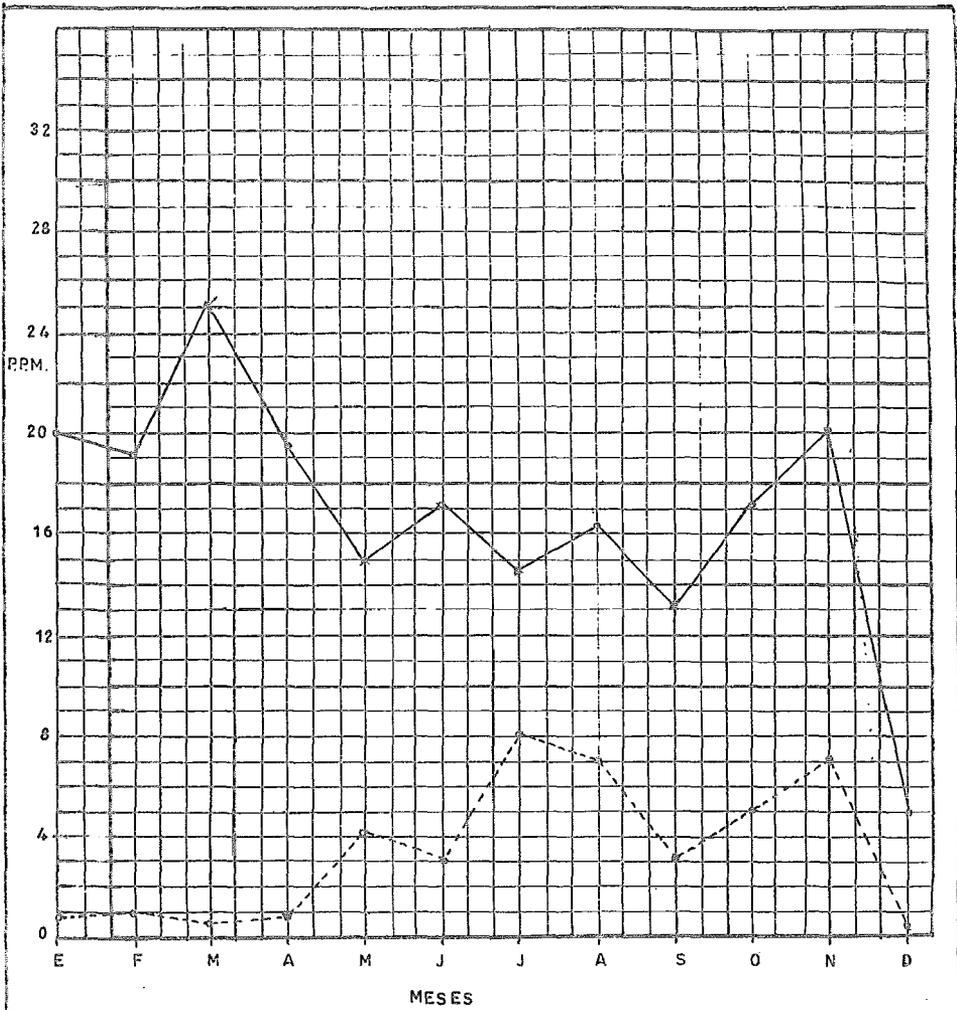
— INE.
 - - - EF.

FAC DE QUIMICA	Fig. 64. Variación de la dureza total en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M. OSORIO	FCO. GIL N.
			1979



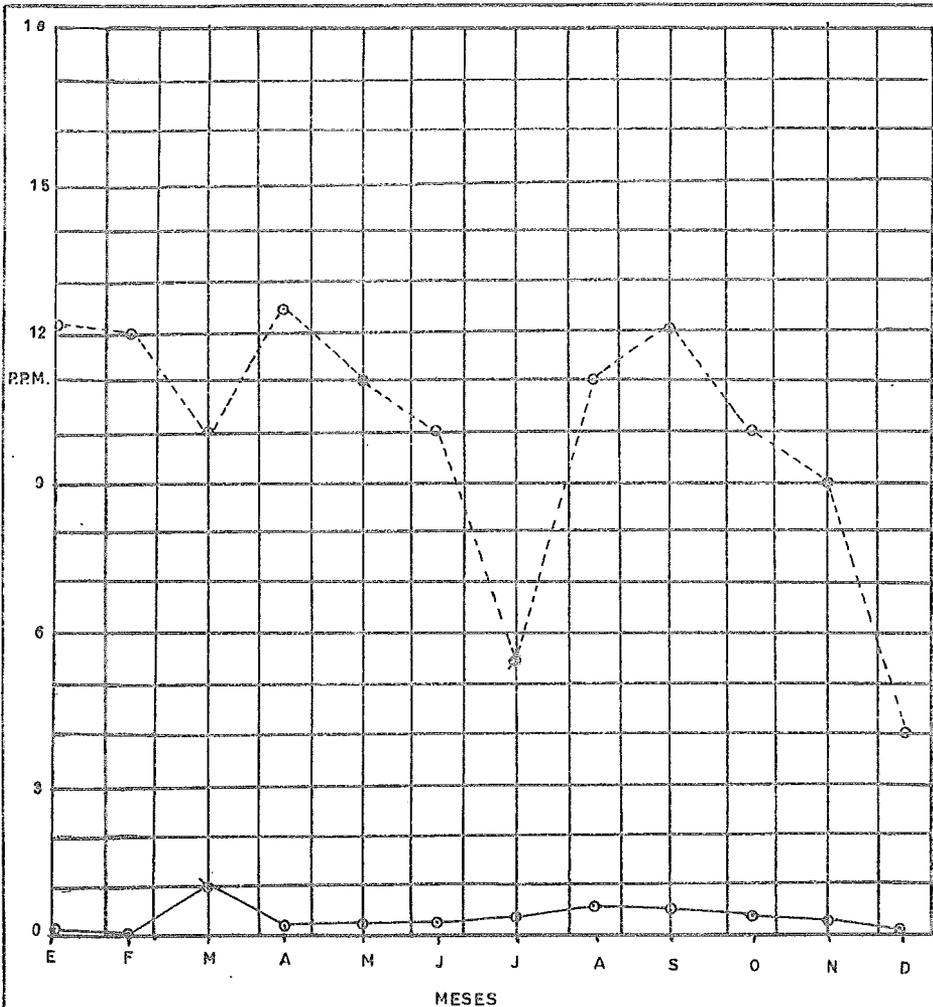
-----EF.
 ———INF.

FAC DE QUIMICA	Fig.6.5. Variación del nitrógeno orgánico en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G	FCO. GIL N.
	1979		



— INF
 - - - EF

FAC DE QUIMICA	Fig. 6.6. Variación del nitrógeno amoniacal en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A. M. OSORIO G.	FCO. GIL N



-----EF.
 ———INF.

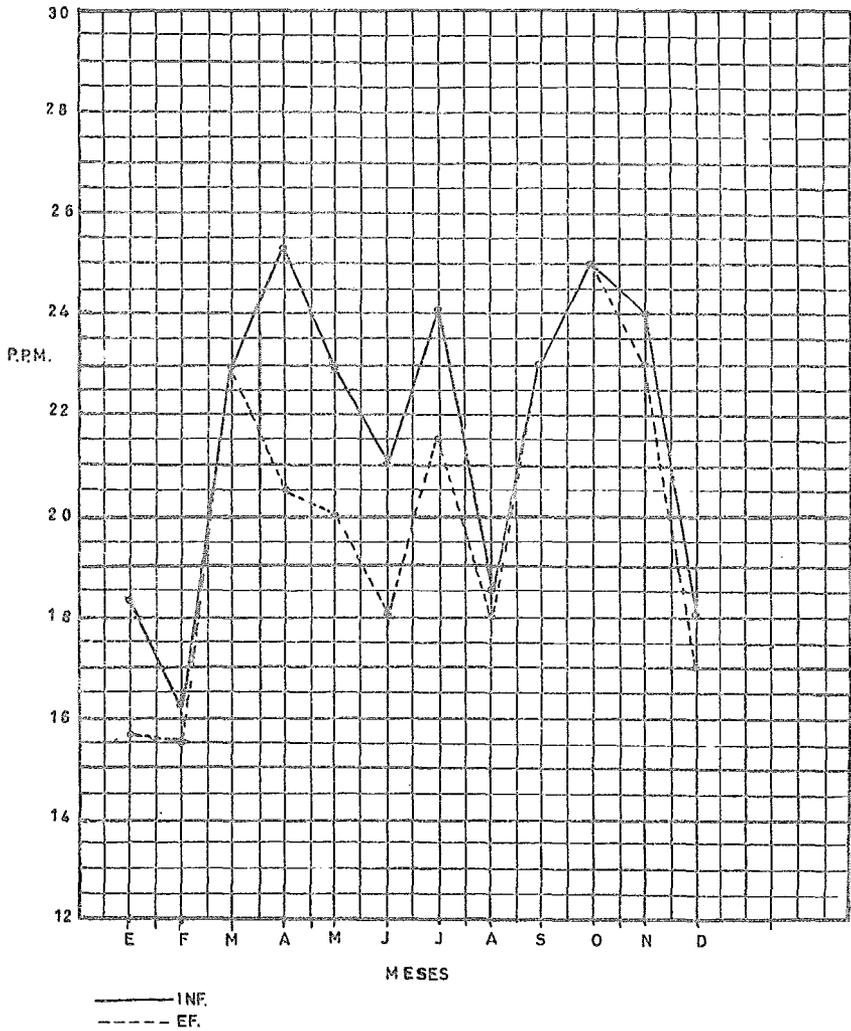
FAC
 DE
 QUIMICA

Fig.6.7. Variación de los nitratos en la planta.

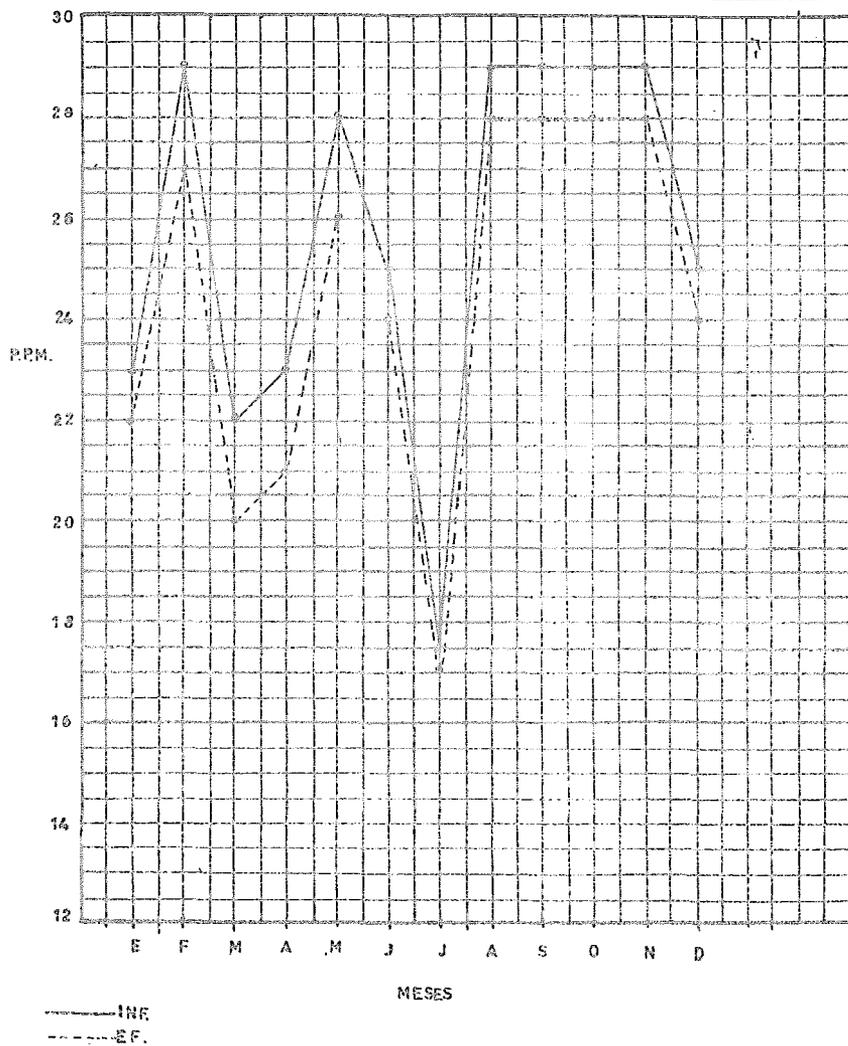
TESIS
 PROFESIONAL

A.M.OSORIO & FCO. GIL N.

1979



FAC. DE QUIMICA	Fig.6.6.Variación de los fosfatos en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G.	FCO. GIL N.



FAC
 DE
 QUIMICA

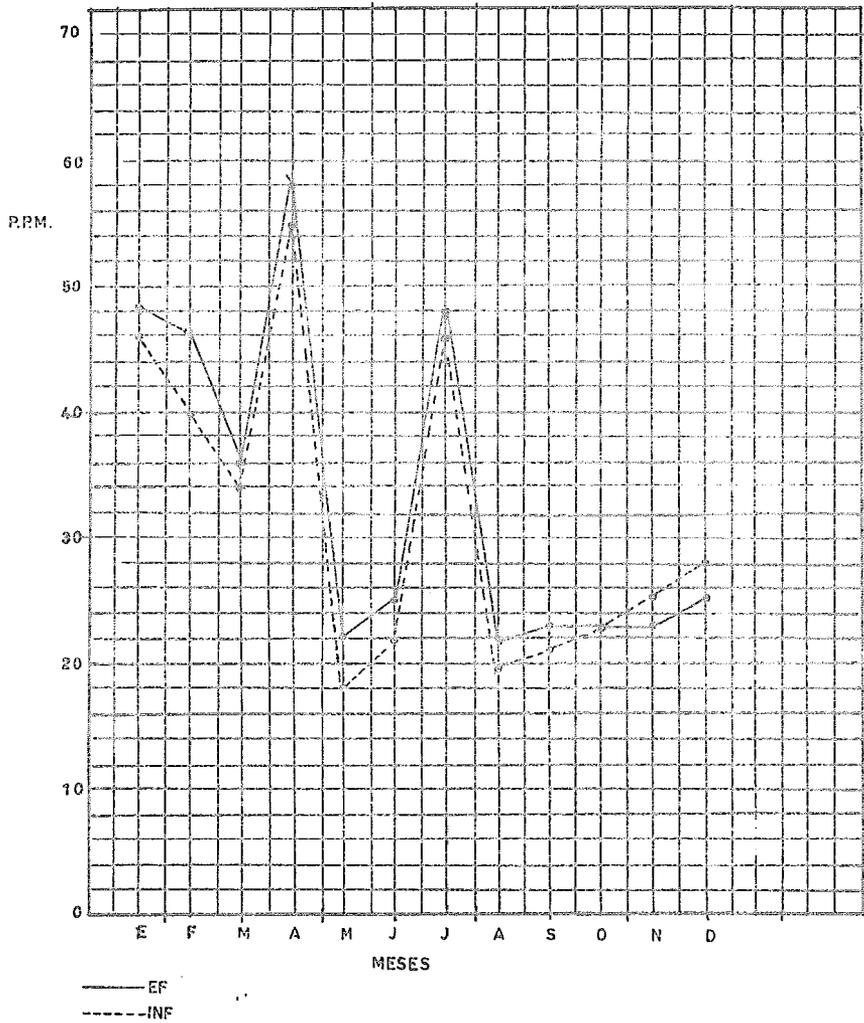
Fig.6.9.Variación de los cloruros en la planta.

TESIS
 PROFESIONAL

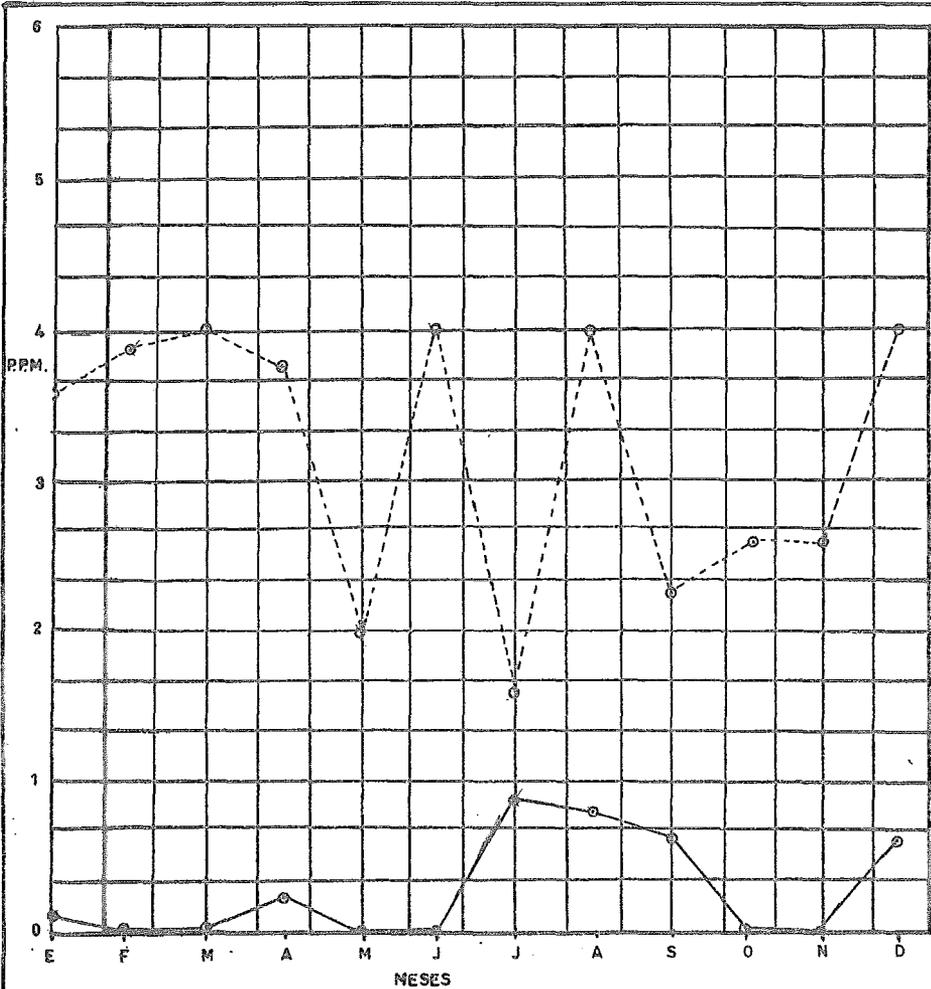
A.M.OSORIO G.

FCO. GIL N.

1979



FAC. DE QUIMICA	Fig. 6.10. Variación de los sulfatos en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M. OSORIO G.	FCO OIL N.
			1979



— INF.
- - - EF.

FAC
DE
QUIMICA

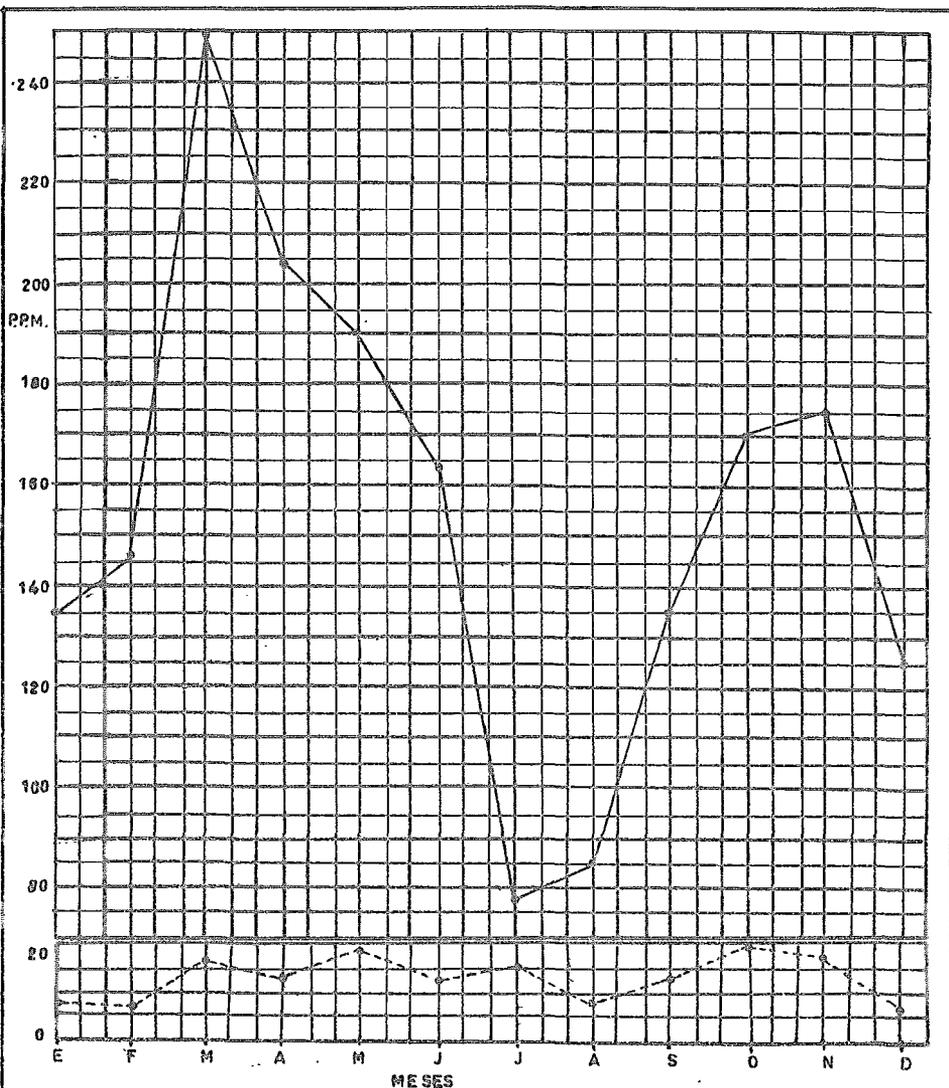
Fig.6.11.Variación del oxígeno disuelto en la planta

TESIS
PROFESIONAL

A.M.OSORIOG.

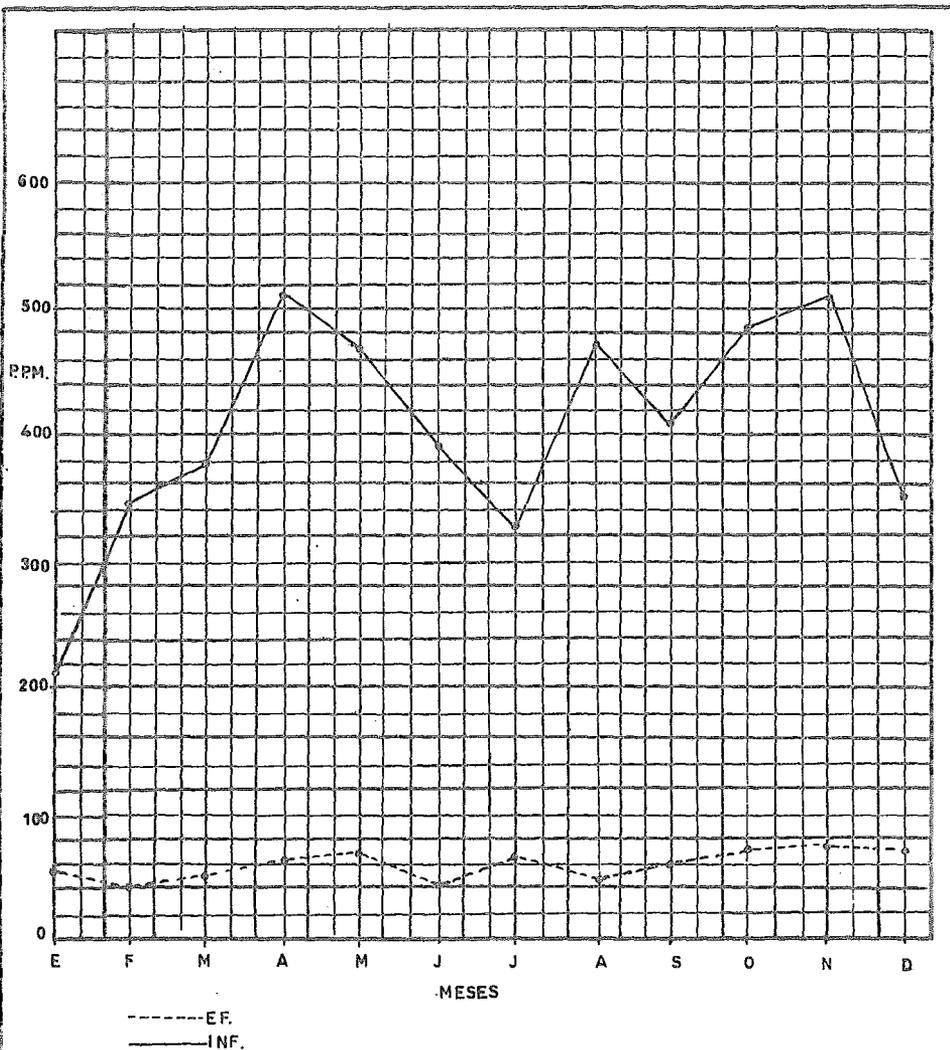
FCO. GIL N.

1979

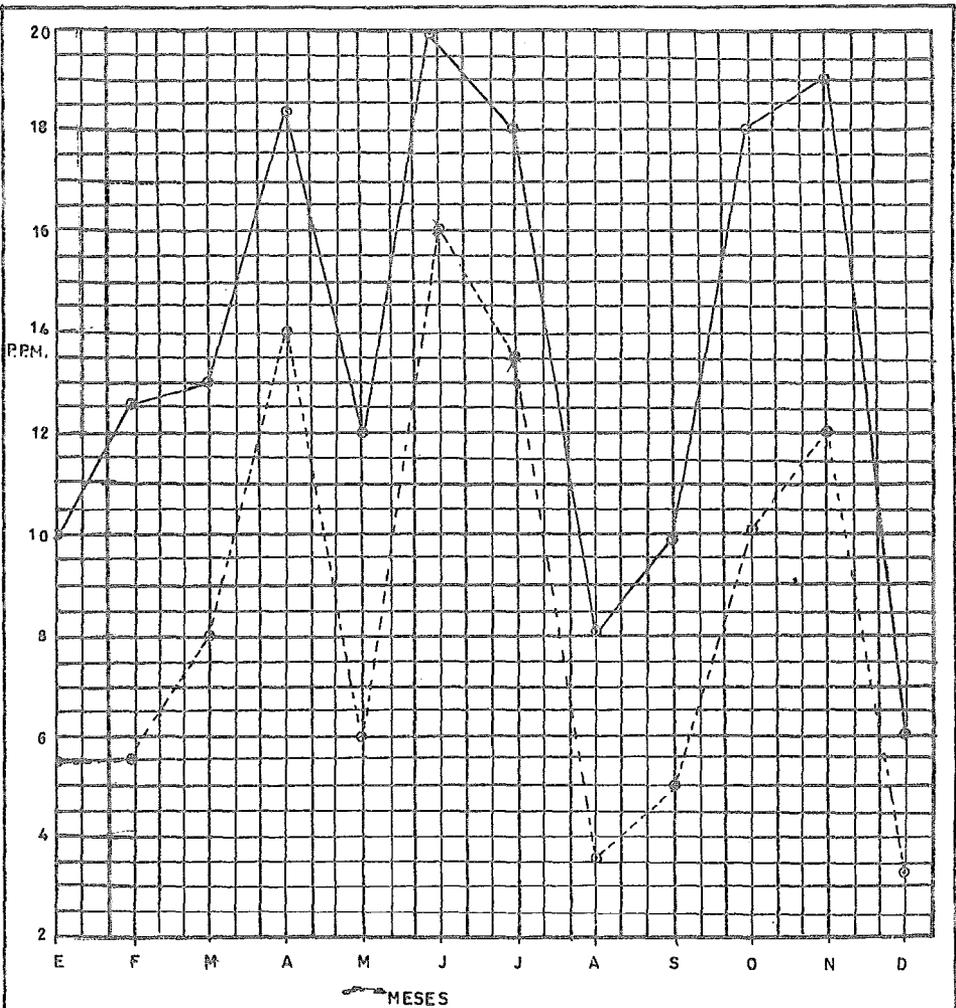


-----EF.
 ————INF.

FAC. DE QUIMICA	Fig. 6.12. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G	FCO GIL N.

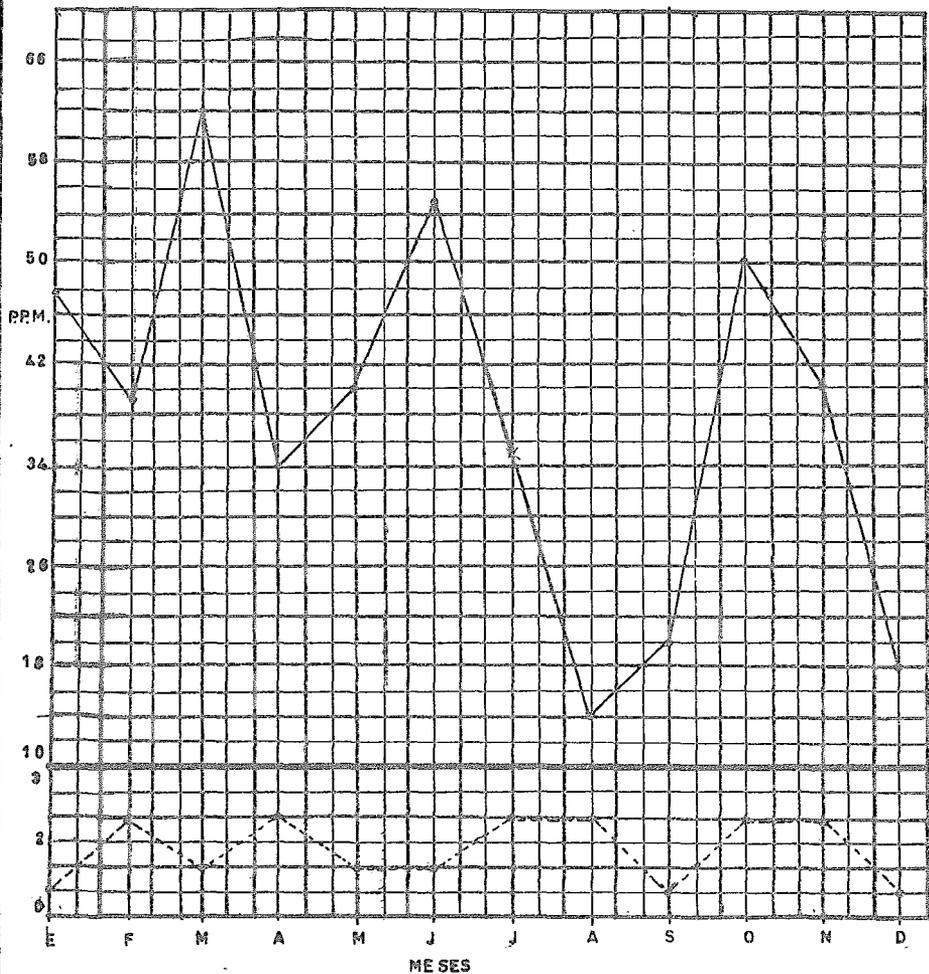


FAC DE QUIMICA	Fig.6.13.Variación de la demanda química de oxígeno en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO a	FCO GIL N.



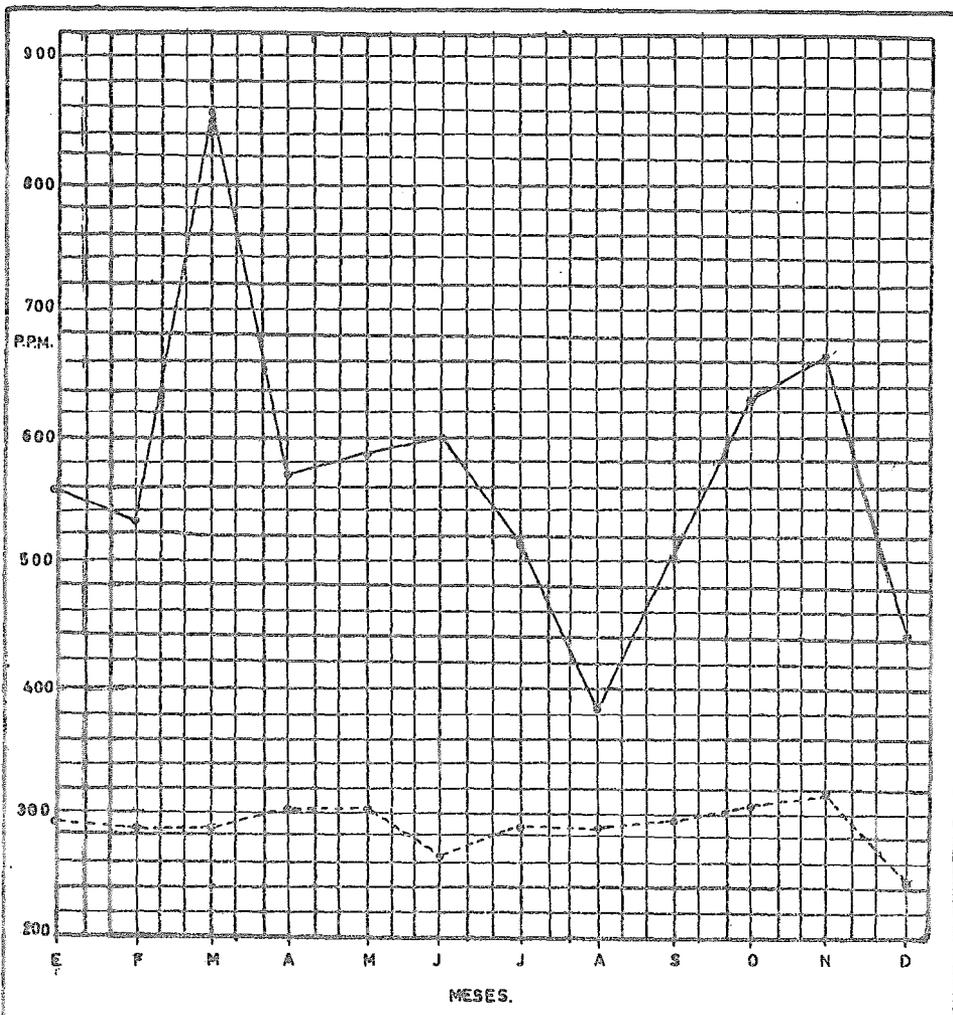
— INF
 - - - - EF

FAC. DE QUIMICA	Fig.614. Variación de los detergentes en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G.	FCO. GIL N.



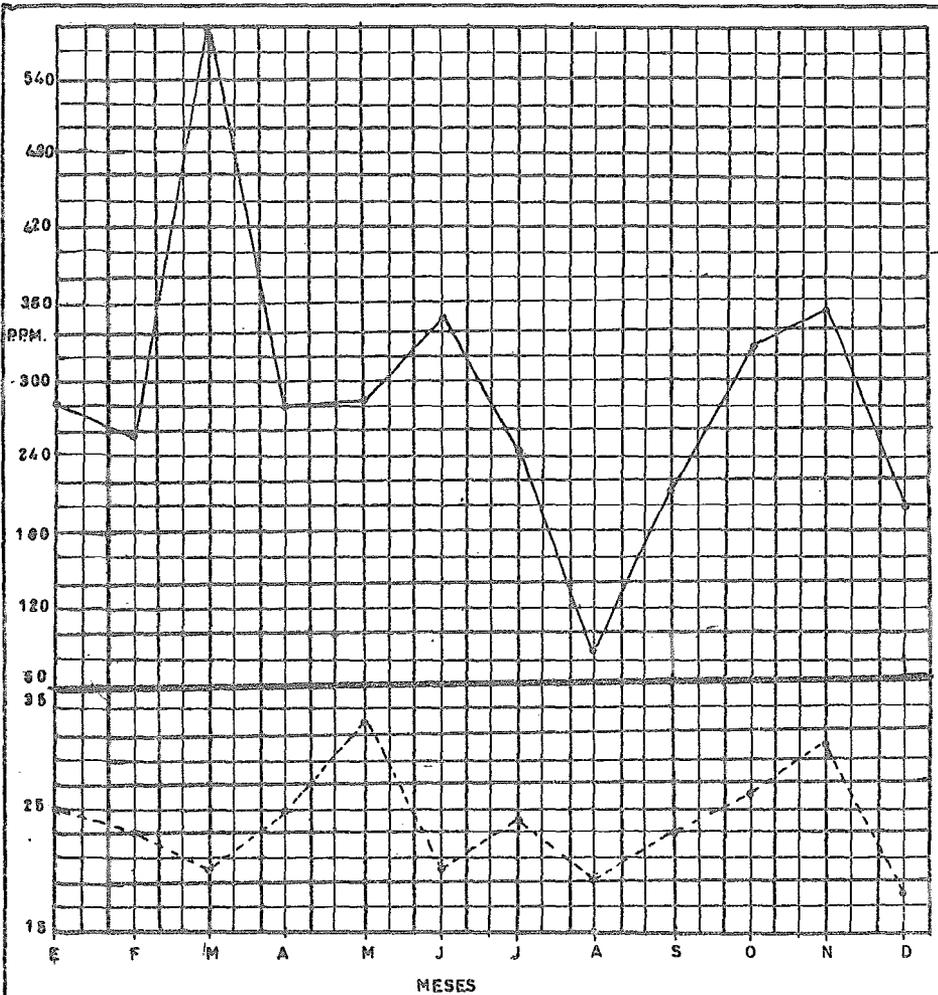
----- EF.
 ——— INF.

FAC. DE QUIMICA	Fig.6.15.Variación de grasas en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO G	FCO. GIL N.



— EF.
- - - INF.

FAC. DE QUIMICA	Fig. 6.16. Variación de los sólidos totales en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M.OSORIO O	FCO. GIL N.
		1979	



— INF.
 - - - EF.

FAC
 DE
 QUIMICA

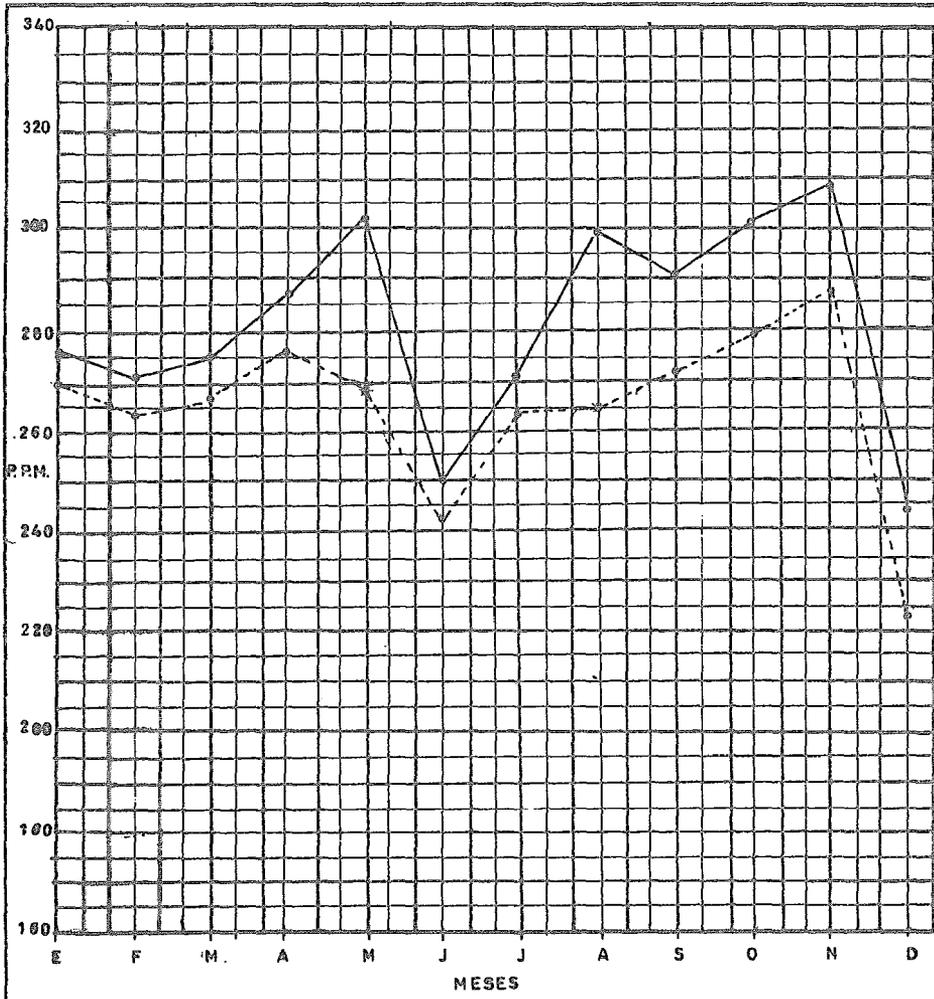
Fig. 6.17. Variación de los sólidos suspendidos en la planta.

TESIS
 PROEESIONAL

A.M. OSORIO C

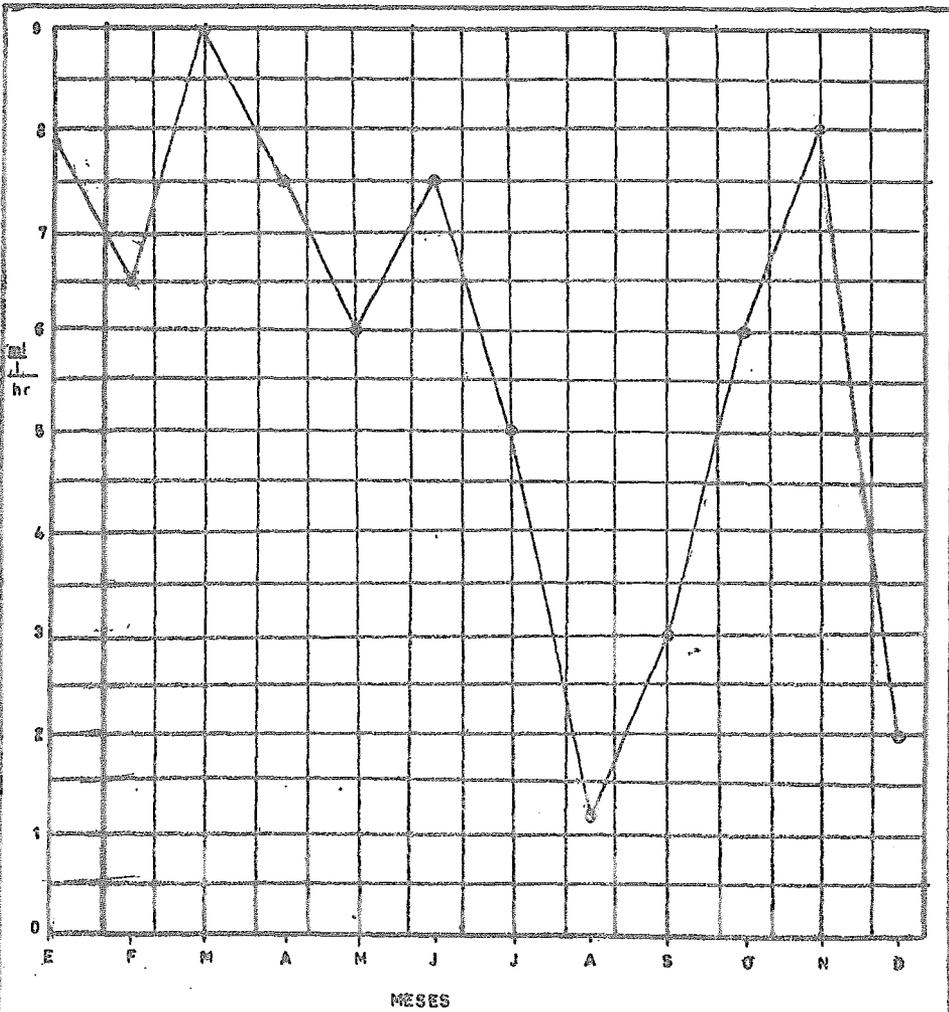
FCO CHL N.

1979



----- EF.
 ——— INF.

FAC. DE QUÍMICA	Fig. 6.10. Variación de los sólidos disueltos en la planta.		
	TESIS PROFESIONAL	A.M. OSORNO G.	FCO. GIL N.



NOTA: EL EFLUENTE
ES SIEMPRE CERO

FAC.
DE
QUIMICA

Fig.6.19.Variación de los sólidos
sedimentables Imhoff
en la planta.

TESIS
PROFESIONAL

A.M.OSORIO GFCO GIL R.

1979

C A P I T U L O VII.

ANALISIS DE LOS DATOS ANTERIORES.

7.1) Respecto a las diferentes estaciones del año.

7.1.1 pH. - En invierno, se encuentra el pH más alto (7.7) y tiene un valor mínimo en primavera (7.1), que va elevándose sin llegar a un máximo en verano (7.6); esto sucede en general, para el influente y el efluente. El promedio en un año es de 7.49 y se reduce en un 4% para el agua tratada (7.2).

7.1.2 Alcalinidad total. - El valor mínimo es en primavera (88 ppm) y el valor máximo en otoño (112 ppm); el promedio anual es de 103.3 ppm para el influente, y para el efluente de 93.7 ppm disminuyendo en un 10% aproximadamente.

7.1.3 Dureza total. - Durante el mes de mayo existe un mínimo de 76 ppm y un valor máximo de 88 ppm en el mes de enero, existiendo una reducción muy pequeña en el efluente, el promedio durante un año fue de 80 ppm.

7.1.4 Nitrógeno orgánico. - En los meses de mayor temperatura marzo y abril, existe un máximo de 25 ppm que va decreciendo, hasta un valor mínimo-

del 4%. Existiendo en el proceso una reducción considerable de aproximadamente 87%.

7.1.5 Nitrógeno amoniacal. - Sigue la misma tendencia que el nitrógeno orgánico con una disminución considerable del efluente respecto al influente (84%).

7.1.6 Nitratos. - El agua negra de entrada tiene una cantidad baja en nitratos y sin variación durante el año, 0.31 ppm como promedio; sin embargo el efluente presenta mayor concentración, 10 ppm como promedio anual.

7.1.7 Fosfatos totales. - Durante el año, hay máximos y mínimos, sin una tendencia definida; el promedio es de 21 ppm a la entrada y 20 ppm a la salida, es decir, existe muy poca disminución de fosfatos en el proceso.

7.1.8 Cloruros. - Se tiene un mínimo en el mes de julio de 17.5 ppm y un máximo de 29 ppm que permanece constante en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre; durante el proceso, hay una disminución muy pequeña de 6% en base al promedio anual del influente de 25.7 ppm.

7.1.9 Sulfatos. - Al igual que en los fosfatos, no existe una tendencia definida en la variación, teniendo como promedio 33.2 ppm el agua de entrada y 32 ppm el agua de salida con una disminución del 6%.

7.1.10 Oxígeno disuelto. - Se puede observar que en los meses de precipitación pluvial el influente contiene mayor cantidad de oxígeno que en otras épocas del año, aumentando durante el proceso hasta un máximo de 4 ppm a la salida.

7.1.11 D.B.O. - En los días de estiaje se presenta el valor más alto (250 ppm) decreciendo en época de precipitación pluvial (78 ppm), durante el proceso, se puede determinar una disminución de un 90% -- como promedio respecto al agua negra.

7.1.12 D.Q.O. - Al igual que la DBO, -- la DQO se abate en épocas de precipitación pluvial y -- aumenta en el estiaje, el promedio es de 394 ppm para -- el influente y 58 ppm para el efluente, con una dismi-- nución de 85% durante el proceso.

7.1.13 Detergentes. - Presenta altiba-- jos que fluctúan entre 20 y 6 ppm, el promedio anual --

es de 16 ppm y se logra eliminar en el proceso un 50%--- de la carga alimentada.

7.1.14 Grasas. - Tiene la misma tenden-
cia que los detergentes con un promedio anual de 38 ppm
a la entrada, eliminándose el 97% durante el proceso.

7.1.15 Sólidos totales. - En la prima---
vera y en el otoño se encuentran los valores más altos,
860 y 660 ppm respectivamente y en época de precipita---
ción pluvial, se encuentra el valor mínimo de 385 ppm,-
el promedio anual, es de 569 ppm con una eliminación ---
en el proceso, de un 49% es decir 288 ppm en el agua ---
de salida.

7.1.16 Sólidos suspendidos. - El compor-
tamiento es muy similar al de los sólidos totales, con-
un máximo de 580 ppm y un mínimo de 85 ppm, durante el-
año; el promedio es de 287 ppm en el agua de entrada y-
23 ppm en el agua de salida lográndose una eliminación-
del 92%.

7.1.17 Sólidos disueltos. - Se puede --
considerar que no existe marcada variación en las dife-
rentes estaciones del año con un promedio de 281 ppm y-
una eliminación en el proceso del 5%.

7.1.18 Sólidos sedimentables. - Se nota que la mayor cantidad de sólidos sedimentables se encuentra en los meses de estiaje (9 ml/l-h) y la mínima cantidad en épocas de precipitación pluvial - - - (1.2 ml/l-h), el efluente no presenta sedimentabilidad.

C A P I T U L O V I I I .

RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA OPERACION DE LA PLANTA
DE LAS LOMAS DE CHAPULTEPEC

8.1) TRATAMIENTO PREVIO.

El agua negra que se capta en la planta--- para ser tratada, se somete a un pretratamiento, el cual tiene como finalidad, separar de la corriente de alimentación cuerpos relativamente grandes (trozos de madera,-- papel, etc) y arena, por medio de rejillas y desarenadores, ya que en la Ciudad de México al existir drenajes -- combinados (aguas pluviales, domésticas e industriales)-- se agregan cantidades considerables de arena a la co- -- rriente. Si estos tipos de materia no son separados de -- la corriente, obstruyen y dañan el equipo de bombeo, por consiguiente, las rejillas y los desarenadores deberán-- funcionar siempre en forma adecuada.

8.1.1 Rejillas de limpieza manual. - Co- mo se observa en el diagrama de la figura 4.1, se tie- -- nen tres rejillas de limpieza manual, cada una de ellas-- está diseñada para un flujo máximo de 160 l/seg, que es- la cantidad de agua negra que puede ser tratada en las - dos unidades de la planta. Esto hace factible, el poder alternar las tres rejillas para su mantenimiento. Cada- una de las rejillas tiene una mampara anterior a ella -- que sirve para bloquear la corriente. Se recomienda que

la limpieza se realice inmediatamente después de haber--
sido puesta fuera de servicio y en un lapso no mayor de--
dos días para evitar condiciones sépticas que produzcan--
olores ofensivos.

8.1.2 Desarenadores. - Estos se encuen--
tran inmediatamente después de cada rejilla, y constan--
de una canaleta en la cual se depositan principalmente,--
arena y partículas pequeñas de gran densidad. Estos de--
sarenadores, son de tipo rectangular y flujo horizontal,
en la parte final, tienen vertederos proporcionales que
permiten medir el flujo y mantener constante su veloci--
dad dentro de la canaleta, de aproximadamente 30 cm/seg,
ya que a esta velocidad, se arrastran la mayoría de las--
partículas orgánicas y las que tienden a depositarse, --
son nuevamente suspendidas por la velocidad, pero permi--
te que la arena y partículas más densas permanezcan se--
dimentadas. Se recomienda una limpieza quincenal a cada
desarenador en épocas de estiaje, y semanal en épocas de
precipitación pluvial, ya que aumenta en esa época la --
cantidad de arena arrastrada por el agua negra. Esta --
remoción se hace debido a que la arena sedimentada con--
tiene pequeñas cantidades de materia orgánica que puede--
ser descompuesta en ausencia de oxígeno molecular (des--
composición anaeróbica) originándose olores desagrada--
bles.

8.2) TRATAMIENTO PRIMARIO.

El agua residual que ha recibido el tratamiento previo contiene materiales sólidos en suspensión, que cuando se hallan en relativo reposo, tienden a sedimentar (materia sedimentable) ó a flotar en la superficie del agua (grasas y aceites). Estos sólidos se van a eliminar de la corriente en tanques de sedimentación primaria provistos de un sistema desengrasador. Estos tienen como objeto, reducir la cantidad de sólidos y la demanda bioquímica de oxígeno, dando como resultado un efluente que contiene materia coloidal. - - Es conveniente hacer notar que, en cada una de las unidades de que consta la planta se trata la mitad total del flujo.

8.2.1. Desengrasadores. - En la unidad 1 se tiene un desengrasador rectangular cuyas dimensiones, velocidad y tiempo de retención fueron dadas con anterioridad (cap. IV), el agua entra al desengrasador por una tubería y choca con una mampara que disminuye la velocidad y distribuye el agua uniformemente a través de este, en el trayecto se inyecta aire mediante difusores colocados en la base del tanque cuya finalidad es acelerar la flotación de grasas y aceites en forma de nata; esta nata se retiene en el tanque por - -

medio de una mampara que sobresale 20 cm del nivel, pero permite el flujo del agua sin grasas por la parte baja del tanque hacia los vertederos. Estos vertederos, tienen una compuerta que bloquea el paso del agua; cuando es necesario remover la cantidad de aceite y otros materiales flotantes acumulados en el tanque, se eleva el nivel de la nata cerrando las compuertas de los vertederos, la nata y la parte de agua, se derrama hacia las canaletas que se encuentran a cada lado del tanque, de donde son eliminadas.

En términos generales, es recomendable hacer la eliminación de las natas dos veces por día, sin embargo el operador de la planta debe mantener una vigilancia constante debido a que en ocasiones se tiene mayor cantidad de grasa de lo normal y, en este caso se debe hacer la operación tantas veces como sea necesario, puesto que si estas grasas pasan al tanque de sedimentación primaria, no permiten la transferencia del oxígeno del medio ambiente al agua, provocando condiciones sépticas.

En la unidad 2 la eliminación de grasas y materia sedimentable se hace en forma simultánea por medio de rastras, ya que el tiempo de retención del agua en el sedimentador primario es de aproximadamente

2 horas, esto permite que la materia flotante se vaya -- hacia la superficie formando natas, que son llevadas por medio de las rastras hasta el otro extremo del tanque -- en donde existe una canaletita en la parte superior, un -- poco arriba del nivel del fluido, con objeto de que de-- rrame en ella solamente la nata, que es eliminada del -- sistema. Como la eliminación de grasas es mecánica, se recomienda que el sistema de rastras funcione normalmen-- te,

8.2.2 Sedimentación primaria. -- En la -- unidad 1 la corriente que sale del desengrasador se dis-- tribuye hacia los tanques de sedimentación primaria de -- doble acción que tienen a la entrada cada uno, una plan-- cha de concreto armado, provista con seis orificios que-- sirven para disminuir la velocidad del líquido y distri-- buirlo uniformemente. En el tanque de sedimentación -- primaria, la velocidad de flujo es de 0.28 cm/seg, con -- un tiempo de retención de 2.2 h , para un flujo de -- -- 40 l/seg, con lo cual se logra una reducción del 52% de-- sólidos suspendidos y 35% de DBO. (ver tabla 6.2).

Ya que el tanque primario es de doble ac-- ción, el digester de lodos está integrado a dicho tan-- que y los lodos sedimentados pasan através de la ranura-- que se encuentra en el fondo y a lo largo de todo el --

tanque circular (ver fig. 4.1) una de las partes inclinadas se prolonga 20 cm más allá de la ranura, la cual - sirve de trampa para que los gases o partículas de lodos en digestión sean desviadas hacia la cámara de natas y respiradero, es de hacer notar que el digestor (tanque - Imhoff) recibe la materia sedimentada de los dos tanques circulares de sedimentación primaria que lo rodean. Estos lodos permanecen en el digestor durante un período - aproximado de 45 días provocándose una descomposición - anaeróbica y al cabo de dicho tiempo son evacuados periódicamente.

Por lo que respecta al tanque de sedimentación primaria, al final tiene unas canaletas que se - encuentran arriba del nivel de líquido que sirven para - separar la materia flotante que no se elimina en el desengrasador debido a una mala operación; esto, se logra - bloqueando los vertederos del sedimentador primario con - unas mamparas, y haciendo que el nivel del fluido en el - tanque ascienda y se derrame por las canaletas arrastrando la materia flotante.

Se recomienda un lavado diario de las paredes del sedimentador primario, en la parte superior - - cercana al nivel del fluido para eliminar la materia - -

adherida y mantener una constante vigilancia para remover con ayuda manual la materia flotante, en caso de que se tenga. Los análisis recomendados para el control y eficiencia de esta parte de la planta, se encuentran enlistados en la tabla 8.1.

En la unidad 2 se tienen dos sedimentadores primarios de forma rectangular, con limpieza mecánica, éstos tanques, están diseñados para un tiempo de retención de 2 h y una velocidad de flujo de aproximadamente 0.25 cm/seg, para un gasto de 40 l/seg.

El agua negra, es alimentada proporcionalmente a cada uno de los sedimentadores provistos de una mampara que sirve para disminuir la velocidad y distribuir uniformemente el flujo.

Los sólidos sedimentados se recolectan mediante un sistema de rastras de movimiento lento, que los empujan hacia unas tolvas localizadas a la entrada del tanque de donde, son descargadas hacia los digestores. Las rastras tienen una doble función, la eliminación de sólidos sedimentados por la parte inferior y de la materia flotante por la parte superior; las rastras, están fijadas a una cadena sin fin que pasa sobre engr-

nes accionados por un motor; a diferencia de la unidad-1, los digestores están separados, pero el proceso de -- desengrase se hace conjuntamente con la eliminación de-- sólidos.

Se recomienda efectuar un lavado diario-- con agua a presión, para quitar partículas sólidas, -- grasa y otros materiales acumulados en las paredes de -- la parte superior del tanque y de la cadena que mueve -- las rastras, y revisar diariamente el buen funcionamiento del motor y engrasarlo periódicamente de acuerdo a -- las especificaciones.

Para un mejor control en la operación de la planta, se recomienda hacer las pruebas enlistadas -- en la tabla 8.1 para cada uno de los sedimentadores de-- las dos unidades, que permitirán medir la eficiencia y-- con ello, tener datos comparativos que permitan detec-- tar fallas de operación.

8.3) TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El tratamiento secundario en la forma de "proceso convencional de lodos activados", está encami-- nado a la oxidación y remoción de materia suspendida y-- finalmente dividida o soluble que no fué removida por --

tratamientos previos. Esto se lleva a cabo en tanques de aeración por organismos aeróbicos en un corto lapso de tiempo mientras el agua fluye por el tanque, la materia suspendida finamente dividida, y la materia soluble se estabilizan en el tanque de aeración realizada por bacterias aerobias para formar, CO_2 , H_2O , SO_4^- y NO_3^- y los sólidos remanentes son convertidos a formar que pueden ser fácilmente sedimentadas y removidas, como lodos durante la sedimentación secundaria.

El principal objetivo, del proceso de lodos activados, es la conversión de materia suspendida y disuelta a sólidos sedimentables.

Después del período de aeración, el agua es enviada al tanque de sedimentación secundaria para la separación sólidos-agua. Los sólidos sedimentados son rápidamente recirculados según se requiera, hacia la entrada del tanque de aeración, a la entrada del tanque de sedimentación primaria, o a ambos.

El efluente clarificado resultante se mezcla con solución de cloro, para disponer de él.

En la planta de tratamiento de aguas negras de Chapultepec, para llevar a cabo éste proceso,

se cuenta con los tanques de aeración, sedimentadores secundarios y de recirculación de lodos, que a continuación se detallan.

8.3.1 Tanque de aeración. - En la unidad 1 se tienen dos tanques circulares de aeración - - escalonada (ver fig. 4.1) cuya capacidad total es de - - 1676 m³ con un tiempo de retención de 5.8 h y con - - una velocidad de flujo de 0.34 cm/seg para un gasto - - de 80 l/seg. El sistema de aeración, es por difu - - sión, consiste en suministrar aire a baja presión - - - (0.5-0.7 Kg/cm²) mediante sopladores con tubos difusores que lo reparten en forma de pequeñas burbujas y - - están colocados sobre soportes a 30 cm del fondo del - - tanque de aeración, de manera que imprimen un movimien - - to giratorio al licor mezclado (lodos activados recir - - culados y agua negra) resultando con ello, una mayor - - absorción de aire atmosférico.

Los difusores van soportados en seccio - - nes al tanque de aeración, de manera que puedan ser - - desconectados desde arriba de la superficie de las - - aguas negras para su mantenimiento, por lo que son - - llamados difusores articulados; cada tubo sumergido - - que abastece de aire y soporta a los difusores, está - - provisto de una válvula manual para regular la entra - -

da de aire.

El efluente del sedimentador primario -- pasa al tanque de aeración por medio de un vertedero y se mezcla inmediatamente con los lodos activados que es tán siendo recirculados a ese tanque con objeto de mantener una concentración de sólidos suspendidos; estos lodos recirculados contienen principalmente grandes -- cantidades de microorganismos aeróbios, que son los encargados de llevar a cabo el proceso de estabilización y floculación de la materia contenida en el agua de desecho.

La unidad 2 consta de cuatro tanques rec tangulares cuyo volumen es de 410 m^3 cada uno, con un tiempo de retención de 5.7 h y una velocidad de flujo de 0.15 cm/seg para un flujo total de 80 l/seg -- -- -- (20 l/seg en cada uno de los tanques) al igual que en la unidad 1, el sistema de aeración es por difusión con difusores articulados, colocados a 30 cm de altura del fondo del tanque. El efluente del sedimentador primario, pasa por gravedad a cada uno de los tanques por -- una tubería con cuatro ramales, provistos cada uno de -- una válvula manual para controlar y distribuir unifor-- memente el flujo; los lodos de recirculación son mezclada dos con esta corriente a la entrada del tanque para --

ser aerados a lo largo de este.

8.3.2 Tanques de sedimentación secundaria. - En la unidad 1 se tienen dos tanques de sedimentación secundaria de tipo rectangular, con un volumen - cada uno de 304 m^3 , un tiempo de retención de 2.1 h, -- con una velocidad de flujo 0.25 cm/seg, para un gasto - de 40 l/seg; estos tanques, están provistos de rastras- transversales con un espaciamente de tres metros, las - cuales llevan el sedimento hacia las tolvas piramida- - les que se encuentran en el fondo y a la entrada de ca- da tanque.

La mezcla formada por agua en tratamien- to y los lodos activados, es distribuida homogéneamente por una mampara de cemento con orificios, el agua clari- ficada pasa a través de unos vertederos para ser clo- rada.

En la unidad 2, existen dos tanques de - sedimentación secundaria de tipo rectangular con un vo- lumen cada uno de 368 m^3 , y con un tiempo de retención- de 2.8 h, una velocidad de 0.25 cm/seg para un flujo -- de 40 l/seg, están provistos de rastras mecánicas para- la eliminación de lodos con tolvas piramidales que se - encuentran en el fondo y a la entrada del tanque; el --

funcionamiento de estos tanques es similar a los de la unidad 1.

8.3.3 Recirculación de lodos. - Para la unidad 1 se cuenta con tres bombas con capacidad de -- 25 l/seg, cada una de estas bombas, tiene la finalidad de bombear los lodos del sedimentador secundario a un -- tanque distribuidor por el cual, los lodos pueden fluir por gravedad a los tanques de aeración ó a los de sedimentación primaria según sean requeridos, ver figura -- 4.1.

Para la unidad 2 se cuenta con dos bombas con capacidad de 25 l/seg cada una, estas bombas, -- tienen el mismo funcionamiento que la unidad 1, sin embargo no existe un tanque de distribución, y solamente se tienen válvulas en cada una de las líneas que alimentan de lodos a los aeradores y sedimentadores primarios, tanto en la unidad 1 como en la 2, cuando se quieren -- eliminar los lodos del proceso, se envía al sedimentador primario.

Aprovechando que en la época de precipitación pluvial la demanda de agua es menor, como se -- observa en la figura 6.1 se trata un volumen de -- -- -- -- $2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$, solamente una de las unidades se encuentra

en operación; (la unidad 2 se pone fuera de servicio y se procede a darle mantenimiento, alternando el uso y el mantenimiento de cada una de las unidades.

Las recomendaciones para el mantenimiento de las unidades 1 y 2 respecto a los tanques de aeración son las siguientes:

- a) La desincrustación manual de la materia que se adhiere a las paredes de los tanques, tuberías y difusores.
- b) Pintado de tuberías.
- c) Revisado de fugas de aire en tuberías y difusores.
- d) Cambio de tuberías y difusores que se encuentren en mal estado, poniendo grasa en las juntas que permita desmontarlas con facilidad para un cambio futuro.
- e) Quitado de rocas, arena y cualquier otro tipo de material, que se encuentre obstruyendo la salida de agua en éstos tanques.



Respecto al sistema de bombeo de aire:

- a) Revisión y limpieza de los filtros de aire.

- b) Revisar niveles de aceite en los compresores y el estado en que se encuentra, y de acuerdo a las especificaciones, cambiar el aceite o simplemente -- restablecer niveles (el nivel de aceite se revisa-- diariamente).

- c) Revisar fugas de aire en la línea de conducción, -- y suprimir fugas.

- d) Pintado de líneas de conducción de aire.

Para el control del proceso en la Uni--
dad 1, como se observa en la figura 4.1, el agua que --
proviene de los sedimentadores primarios es alimentada
por gravedad a éstos tanques por medio de vertederos,--
se recomienda que el nivel de los vertederos sea el --
mismo para cada tanque, con objeto de tener el mismo --
flujo y en consecuencia tiempos iguales de retención --
en los dos tanques; también se recomienda mantener una
aeración homogénea en ambos tanques, mediante una dis-
tribución adecuada del aire en los ramales.

Para la Unidad 2, la corriente que ali-
menta a los cuatro tanques por medio de un ramal de --
distribución, debe ser distribuida en partes iguales --
a cada tanque cuidando que la aeración sea homogénea --

para mantener una concentración de oxígeno disuelto entre 2 y 3 mg/l, cuidando que la recirculación de lodos mantenga un límite de sedimentación de 150 a 200 ml/l/-30 min. La tabla 8.2 enlista las pruebas que deben realizarse para el control en éste paso del proceso.

Para los tanques de sedimentación secundaria en las dos unidades, las recomendaciones para su mantenimiento son similares a las de los tanques de sedimentación primaria de la Unidad 2. Como se observa en la figura 4.1 la Unidad 1 está dividida en dos partes que funcionan independientemente, se recomienda -- mantener el mismo nivel de los vertederos hacia los tanques de sedimentación secundaria para obtener la misma calidad del agua tratada.

En la Unidad 2 el agua alimentada a los dos tanques de sedimentación secundaria, es distribuida por un ramal con válvulas manuales para regular el flujo, que se mide directamente en los vertederos de salida. Se recomienda que el flujo sea el mismo en cada -- tanque. La tabla 8.3 muestra los análisis que permiten controlar ésta parte del proceso.

Los lodos activados deben ser continuamente removidos del sedimentador secundario mediante --

las bombas de recirculación que pueden llevarlos al sedimentador primario y/o al aerador; se recomienda que se haga de tal manera que permita mantener una sedimentación de 150 a 200 ml/l/30 min, en el efluente de los tanques de aeración ya que según datos prácticos obtenidos son los límites dentro de los cuales se obtiene un mayor rendimiento de la planta y una mejor calidad del agua tratada.

8.4) DESINFECCION.

Después del tratamiento secundario, el agua contiene pequeñas cantidades de microorganismos (2000 coliformes por 100 ml aproximadamente), y aunque el agua será utilizada para riego y llenado de lagos, es conveniente la eliminación de los organismos patógenos, para prevenir enfermedades hídricas a las personas que tengan contacto con ella.

La cloración con propósitos desinfectantes, tiene como fin esencial la eliminación de todos los organismos patógenos del agua negra tratada, también son eliminados otros organismos, sin llegar a esterilizar el agua tratada, puesto que resulta impráctico e innecesario.

En la planta de tratamiento de Chapulte-

pec, la desinfección del agua tratada se lleva a cabo--- con una solución de cloro, dosificada mediante clorado- res del tipo de vacío visible, marca Wallace and Tier--- nan, con capacidad de 100 kg/día. El cloro, está alma- cenado en estado líquido, en cilindros de 900 kg de - - capacidad.

La solución de cloro formada en los dosi- ficadores, es enviada a través de una tubería de cloru- ro de polivinilo hacia los tanques de contacto de clo- ro, los cuales desalojan el agua por unos vertederos de tipo triangular, en ángulo de 90° . Bajo condiciones -- normales de operación, la demanda promedio de cloro re- sulta ser de 5 ppm, sin embargo se recomienda hacer el análisis de demanda de cloro dos veces por día, para -- conocer la cantidad de cloro que se debe dosificar para tener una buena desinfección y mantener un cloro resi- dual de 0.5 mg/l. Ya que los vertederos son triangula- res (90°) se puede hacer una escala, con la que se mida directamente el gasto de agua que se debe clorar.

8.5) DISPOSICION DEL AGUA TRATADA.

El agua negra tratada, después de la de- sinfección, pasa por gravedad a un tanque de almacena- miento con capacidad de 2000 m³. Esta agua es utili- -

zada para riego y restablecimiento de niveles en los lagos del Bosque de Chapultepec. Dentro del bosque, existen varias redes de distribución, debido al nivel del suelo, el agua no puede ser totalmente distribuida por gravedad, existiendo dos cárcamos en los que el agua es enviada por bombeo desde la planta a zonas más elevadas respecto a ella.

TABLA 8.1

PRUEBA DE CONTROL PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO
LUGAR Y FRECUENCIA DE MUESTREO

PRUEBA	FRECUENCIA	LUGAR
Oxígeno disuelto	1/día	Efluente
Sólidos Sedimentables	1/día	Efluente Influente
Potencial Hidrógeno	1/día	Efluente Influente
Temperatura	1/día	Influente
D.B.O.	2/sem mínimo	Efluente Influente
Sólidos suspendidos	2/sem mínimo	Efluente Influente

El cálculo de la eficiencia de sólidos --
suspendidos y D.B.O. se realiza por medio de la siguien-
te fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad de influente} - \text{cantidad en efluente}}{\text{Cantidad en influente}} \times 100$$

TABLA 8.2

PRUEBA DE CONTROL PARA EL TANQUE AERADOR.
LUGAR Y FRECUENCIA DE MUESTREO

PRUEBA	FRECUENCIA	LUGAR
Oxígeno disuelto	2/día	Efluente.
Sólidos suspendidos totales	1/día	Efluente.
Sólidos suspendidos volátiles	1/día	Efluente.
Sedimentabilidad	2/día	Efluente.
pH.	1/día	Efluente.

TABLA 8.3

PRUEBA DE CONTROL PARA EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO
LUGAR Y FRECUENCIA DE MUESTREO

PRUEBA	FRECUENCIA	LUGAR
Oxígeno disuelto	1/día	Efluente
Sólidos suspendidos totales	1/día	Efluente
Sólidos suspendidos volátiles	1/día	Efluente
D.Q.O.	1/día	Efluente
D.B.O.	1/día	Efluente
Demanda de cloro	1/día	Efluente
pH.	1/día	Efluente

C A P I T U L O IX.

C O N C L U S I O N E S

1. - De acuerdo con los datos obtenidos de volumen de agua negra tratada en la Planta de Tratamiento de Aguas Negras de Chapultepec, fig. 6.1, el -- máximo volumen tratado es de $10.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{día}$ y el mínimo de $1.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{día}$. La planta está diseñada para tratar $13.824 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{día}$ (160 l/seg) lo cual indica -- que se encuentra trabajando abajo de su capacidad: en -- un 75.23% y 12.30% respectivamente.

2. - La cantidad de contaminantes que lle -- va el agua negra a tratar en la planta, generalmente -- presenta disminución en épocas de precipitación pluvial (julio, agosto, septiembre) y aumenta en épocas de es-- tíaaje, ver fig. 6.2 a 6.19.

3. - La eficiencia de tratamiento en la -- planta respecto a sólidos suspendidos y a demanda bio-- química de oxígeno es de 91% en ambos casos, ver tabla-- 6.3.

4. - Respecto a las recomendaciones pa-- ra mantenimiento y operación de la planta, las más re-- levantes son:

a) El mantenimiento general de la planta debe --

hacerse en épocas de precipitación pluvial, --
debido a la baja demanda de agua tratada para--
riego y llenado de lagos.

b) Para un mejor control de la operación en la --
planta deben realizarse los análisis del --
agua, que se encuentran en las tablas 8.1 a --
8.3, en las que se especifican la frecuencia --
y los puntos de muestreo.

c) Llevar un control sobre el mantenimiento dia--
rio de la planta cuando se encuentre en opera--
ción, para su mejor funcionamiento.

5. - La planta produce un agua sin olor,
clara y estable, con un contenido bajo de sólidos en --
suspensión (24 ppm), lo que aunado a la cantidad de ni--
trógeno (15 ppm) en sus diferentes formas es de fácil --
asimilación para las plantas y vegetales, considerando--
el agua así obtenida, de buena calidad para los usos a--
que se le destina (riego y llenado de lagos).

CAPITULO X.

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

1. - Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.
"Hidrología de la Cuenca del Valle de México".
S.R.H. México (1964).
2. - Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
"Proyecto Texcoco".
México (1969).
3. - Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.
"Manual de Tratamiento de Aguas Negras".
LIMUSA, México (1979).
4. - BAVNES G.
"Tratamiento de aguas negras y desechos industriales".
UTHEA, México (1967).
5. - POWELL T. SHEPPARD.
"Acondicionamiento de las aguas para la industria".
LIMUSA, México (1974).
6. - GORDON M. FAIR, JOHN C. GEYER, DANIEL A. OKUN.
"Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales".
LIMUSA, México (1976).
7. - GORDON M. FAIR, JOHN C. GEYER, DANIEL A. OKUN.
"Purificación de aguas y tratamiento y remoción de --
aguas residuales".
LIMUSA, México (1973).

8. - APHA, AWWA, WPCF.
"Standard Methods". For the examination of water and-
wastewater.
Washington (1971).

9. - METCALF-EDDY.
"Tratamiento y depuración de las aguas residuales".
LABOR, S. A., España (1977).

- 10.- LOUIS KLEIN.
"Aspects of river Pollution".
Londres, (1957).