

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Quimica

LAGUNAS DE OXIDACION

87

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a:

MAXIMINO CASTRO MATUS

México, D. F.

1976



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

CLAS TESIS  
AÑO 1970  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC H+ 88 90



QUIMICA

A MI MADRE  
Por su abnegación  
y cariño

A MIS HERMANOS  
por su ayuda y  
comprensión



A MIS MAESTROS  
por su desinteresada ayuda

AL SR. FRANCISCO CASTRO O.  
quien con su ayuda  
hizo posible este momento

Jurado asignado  
originalmente  
segun el tema

PRESIDENTE Profr. CARLOS KOBEH HEDERE  
V O C A L Profr. JAVIER RODRIGUEZ HIGUERA  
SECRETARIO Profr. RAMON VILCHIS ZIMBRON  
1er SUPLENTE Profr. JORGE MENCARINI PENICHE  
2do. SUPLENTE Profr. ALBERTO DE LA FUENTE ZUNO

Sitio donde se desarrolló el tema: REFINERIA SALAMANCA

Nombre completo y firma del sustentante: MAXIMINO CASTRO MATUS

Nombre completo y firma del asesor del tema: CARLOS KOBEH HEDERE

## CONTENIDO

|  | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCION   | 1      |
| CAPITULO I   |        |
| Generalidades  | 4      |
| CAPITULO II  |        |
| Bases de diseño para fosas<br>de retención de aceite | 15     |
| CAPITULO III   |        |
| Selección de tratamientos<br>secundarios necesarios  | 19     |
| CAPITULO IV  |        |
| Métodos de tratamientos<br>Tratamientos secundarios  | 24     |
| CAPITULO V   |        |
| Cálculos básicos para el<br>diseño de las lagunas    | 36     |
| CONCLUSIONES   | 45     |
| BIBLIOGRAFIA   | 46     |

## INTRODUCCION

El constante desarrollo de la industria química en -- nuestro país, y la necesidad de una mejor forma de vida, desde el punto de vista ambiental, obliga a los técnicos involucrados en esta industria a analizar las formas posibles de solucionar en parte el problema de la contaminación.

La refinería de Salamanca, Guanajuato, es por su si--tuación geográfica, la mejor colocada y la más accesible. Está dotada de una magnífica red de medios de comunicación lo -cual permite la adecuada distribución de productos, tanto por ferrocarril y autotanque, como por poliductos y oleoductos.

En 1950 Petróleos Mexicanos terminó de construir la -Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, la cual operó en un principio, con las siguientes instalaciones:

Planta de destilación primaria para 30 000 bls/día de aceite crudo de Poza Rica, Ver., recibido por oleoducto; ---planta de desintegración térmica de gasóleo pesado; planta estabilizadora, planta para desulfuración catalítica de gasoli-na, calderas generadores de energía eléctrica, patio de tan--ques, talleres y laboratorio.

Como consecuencia del desarrollo industrial y de las-necesidades de consumo de productos derivados del petróleo, -

la refinería de Salamanca aumentó en 1955 su capacidad de producción, instalándose en ella nuevas unidades para producir aceites lubricantes y parafinas.

Posteriormente se instaló y puso en operación en 1962 la primera planta petroquímica para producir amoníaco y bióxido de carbono, materias primas para la elaboración de fertilizantes sólidos, destinados a surtir la importante zona agrícola del centro de la República, así como en el caso del amoníaco, para aplicación directa a canales.

Debido al aumento de la demanda, en 1965 se pusieron en operación nuevas unidades; planta primaria número 2, planta preparadora de carga, planta desintegradora catalítica T.-C.C., y planta recuperadora de gas; con estas unidades, la capacidad de la refinería "Ing. Antonio M. Amor" se duplicó.

Durante 1968 nuevas plantas iniciaron actividades para producir gasolina de alta calidad. Actualmente se encuentra en construcción la planta No. 2 de amoníaco con una capacidad de 1200 Mg/día.

✕ Aunque no paralelamente al desarrollo de la industria petrolera pero sí como consecuencia de ella, se incrementaron los problemas de contaminación atmosférica y de aguas, mismos que han merecido la atención de las autoridades administrativas y técnicas, que han dictado las medidas convenientes para su disminución.

Las nuevas plantas se han diseñado con este criterio - y el problema que persiste por la operación de las antiguas - instalaciones viene siendo atacado siguiendo un programa definido.

Con este trabajo se pretende dar información acerca - de los procedimientos establecidos para resolver aspectos parciales de la contaminación en la refinería de Salamanca, así - como aportar algunas ideas al respecto que contribuyan a mejorar las condiciones ambientales que se han venido deterioran - do en aras del avance tecnológico de nuestra era.

## CAPITULO I

## GENERALIDADES

Como es bien sabido, todas las refinerías de Petróleo Mexicanos disponen de separadores de aceite, con el fin de separar el aceite libre, en suspensión o emulsiones, los reactivos usados y los sedimentos.

La refinería de Salamanca cuenta con dos separadores de aceite, los cuales deben trabajar a su máxima eficiencia, por una parte para evitar pérdidas de aceite y por la otra para evitar la contaminación del río Lerma. Esta contaminación se encuentra actualmente estrechamente vigilada a través de una dependencia gubernamental en base al reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, con el cual debe cumplir estrictamente entre otras industrias, la propia Refinería.

Cabe hacer notar que el método usado en este caso para la separación del aceite es muy sencillo, a base de una decantación, la cual consiste en hacer derramar el aceite que lleva el agua a un dispositivo. En este caso va a unos tubos-colectores los cuales conducen el aceite separado a un pozo-colector, de donde por medio de una bomba se envía a unos tanques de asentamiento para luego ahí eliminarle la poca agua y sedimento que se pasó con el aceite y finalmente bombearlo a los tanques de aceite recuperado, para procesarse nuevamente en las plantas primarias.

## 2. Fines de la separación del aceite:

El objetivo de los separadores de aceite (No. 1 y No.

2) es:

- a) Recuperar los diferentes productos obtenidos en la refinación del crudo (gasolinas, kerosinas, aceites lubricantes, parafinas, residuos,) asfaltos) que provienen de purgas de tanques intermedios y finales localizados en las diferentes plantas del sector de lubricantes y primarias del área nueva" respectivamente; de purgas y fugas de bombas que manejan dichos productos, fugas en líneas, incluyendo el mismo crudo cuando hay descontrol en las primarias.

El separador de la presa de amoníaco, recupera aceite lubricante que proviene de fugas de bombas y compresoras de la planta de alcohol y amoníaco; recupera el combustible que viene de llenaderas de carros tanque y el combustible de los tanques de la planta "LH".

- b) Evitar la contaminación del río Lerma, que como se dijo antes, es dañina, a la salud de las personas, a la flora y a la fauna.

### CORRIENTES QUE LLEGAN A LOS SEPARADORES:

Las corrientes principales llegan del sector de lubricantes (LD, LF, LG) y Primarias, del área nueva o área Bechtel, de las plantas de alcohol-amoníaco a los separadores correspondientes; ésto se puede observar en el diagrama de bloques simplificado (ANEXO)



Generalmente cuando hay descontrol en las plantas llegan a los separadores los siguientes productos:

#### SEPARADOR I.

Planta "TCC": cíclico ligero y cíclico pasado de color verde.

PLANTAS. "SA, RD, RP, SB, LB, RR, RN": Gasolinas, kerosinas residuos.

PLANTA "LH" y llenaderas de carros-tanques: combustible.

Las dos corrientes se juntan para desembarcar al lado poniente, de la presa de amoníaco junto con los lodos de carbonato de calcio y magnesio de la planta de tratamiento de aguas.

PLANTA "LX": cuando purgan tanques llegan aceites de color amarillo paja.

BOMBAS I: Gasolina, kerosina, diesel y combustible. PLANTAS.- "LF, LD, LG, LU, LO y BOMBAS 2: Aceites lubricantes y para finas principalmente.

#### SEPARADOR 2

Llegan corrientes de bombas 3 y del área nueva o área Bechtel llegan, kerosina, diesel, aceites lubricantes parafinas y residuos.

#### PRESA DE AMONIACO

A esta presa llegan las aguas amoniacaes de la planta de amoníaco y las aguas ácidas o alcalinas de la planta de alcohol; estas aguas traen muy poco aceite.

Cuando llega un producto ligero a los separadores, de algún tanque que estén purgando en grandes cantidades, tal como gasolina, kerosina, diesel, o algún aceite, hay que purgar si es posible, en forma intermitente, para que haya una buena separación y por lo tanto una buena recuperación, ya que las emulsiones de productos ligeros en agua son más difíciles de separar que las emulsiones de productos pesados.

#### EQUIPO Y DIAGRAMA DE FLUJO:

A continuación se muestra el diagrama de flujo mecánico de los separadores No. 1 y No. 2.

#### EXPLICACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO

##### SEPARADOR No. 1

Recibe tres corrientes: del filtro No. 1 (Sur); del filtro No. 2 (Centro) y del filtro No. 3 (Norte).

La corriente del filtro No. 1 fluye a los compartimientos No. 1 y 2.

La corriente No. 2 fluye a los compartimientos No. 3 y 4.

La corriente No. 3 fluye a los compartimientos No. 5 y 6.

Las corrientes 1, 2 y 3 al decantársele el aceite sobre los tubos colectores de los compartimientos 1, 3 y 5 deberán pasar a los compartimientos 2, 4 y 6 con trazas de aceite, los cuales se eliminarán totalmente al hacer la segunda y úl-

tima decantación sobre los tubos colectores de los comparti--  
 mientos 2, 4 y 6; por lo tanto el agua de los derrames de es-  
 tos últimos compartimientos deberá pasar limpia al río, o sea  
 sin huellas de aceite.

[ El agua de los derrames va por gravedad hacia el cár-  
 camo donde se encuentran instaladas las bombas ] 1012 A, B, C,-  
 D y E. de este cárcamo el agua se va también por gravedad ha-  
 cia el río Lerma cuando el nivel del río está bajo; cuando el  
 nivel del río está más alto que los derrames del separador --  
 No. 1 y Presa de amoníaco entonces es necesario cerrar las --  
 compuertas del cárcamo y poner en servicio 2, 3, 4, o 5 bom--  
 bas de las 1012 A, B, C, D y E; ésto será de acuerdo a la can-  
 tidad de agua que haya que bombear al río para mantener un ni-  
 vel normal donde caen los derrames del separador No. 1.

[ El aceite colectado va hacia los pozos de succión de-  
 las bombas SLP-8 eléctrica, SLP-8 de vapor y SLP-7, de donde  
 la succionan las bombas y la envían a los tanques SLT-1, ] ---  
 SLT-2, SLT-3, TV-43 y TV-44.

[ El aceite colectado deberá llevar la mínima cantidad-  
 de agua y lodo, con el fin de facilitar su preparación para -  
 luego bombearlos ya sea por línea de oleoducto o por línea de  
 retorno. ] \*

[ Las bombas de lodos SLP-1, 2, 3, 4, 5 y 6 como su nombre-  
 lo indica, son para bombear lodos pesados que se depositan en-

la succión de las bombas y que deberán ser retirados tan fácilmente como lo indique la descarga de la bomba en las presas de lodos, de tal modo que si sale lodo habrá que seguir sacándolo y si ya no sale lodo se suspenderá su bombeo. Estas bombas al ponerse a trabajar, deberán recorrerse lentamente de un lado para otro y dejarán de recorrerse cuando se suspenda el bombeo.]

[ Las rastras al ponerse en servicio cumplen dos funciones, la primera es arrastrando el aceite de la superficie hacia los tubos colectores, la segunda es arrastrar el lodo del fondo del compartimiento hacia la succión de las bombas. Las rastras deberán trabajar todo el tiempo (excepto cuando el agua que llega al separador va con mucho lodo en suspensión, entonces será necesario ponerlos fuera de servicio una hora hasta que el agua de los derrames del separador esté lo menos sucia posibles). ]

Las bombas eléctricas SLP-10 C y D deberán arrancarse con la descarga ligeramente abierta, purgando todo el aire al principio por la purga que para esto tienen y cuando se haya efectuado ésta y que la presión en el manómetro subió al máximo, entonces se va abriendo lentamente la descarga, tratando de conservar la máxima presión posible en la descarga, de esta forma se logra que la bomba trabaje con máxima eficiencia. Para esto deberá tomarse como base la presión máxima de trabajo de la bomba.

Las bombas 1012 A, B, C, D y E, al ponerse en servicio, lo harán de acuerdo a la cantidad de agua que haya que bombear, de tal forma que se irán poniendo en servicio, primero la A, después la B, C, D y E por la razón de que la A y B tienen la succión más baja y la C, D y E tienen la succión -- más alta.

Cuando haya que ponerlos fuera de servicio, primero se sacará la E, luego en orden sucesivo la D, la C y la B, y si es necesario por último la A; esto se hará cuando ya el nivel del río esté bajo y se hubieren abierto las compuertas -- del cárcamo hacia el río.

#### SEPARADOR DE ACEITE No. 2.

[ Recibe una corriente que va al filtro ] sur y otra que va al filtro norte.

[ Los filtros deberán operarse una vez por turno normalmente y si hay muchos sólidos se deberán poner a trabajar dándole las vueltas que sean necesarias. Si no hubiera nada de sólidos, de todos modos hay que ponerlos a trabajar una vez por turno, para que no se peguen los micro switches. ]

[ La basura que recoja el filtro, deberá ponerse en tambores y retirarse del lugar. ]

Las bombas de lodos son cuatro, la 1013 A, B, C, y D, todas operarán igual que como se explicó en el separador No. 1. Las bombas 1011 A y B que bombean aceite recuperado a tanques siempre deberán trabajar a un nivel tal que no llegue a

quedar descubierta la pichancha, soplándose ésta con aire las veces que sea necesario para evitar que la bomba se quede sin carga.

Las bombas BA-1010 A y B, deberán trabajar igual que las 1011.

Las bombas SLP-14 y 16 deberán trabajar a un nivel de 20 o 30 cms abajo del derrame de agua.

### [PRESA DE LODOS]\*

[Aquí llegan todos los lodos tanto de las fosas de los separadores como de los tanques;] esta presa se divide en --- otras dos, la oriente y la poniente.

[En condiciones normales de operación, las presas sólo contendrán lodo con una mínima cantidad de agua-aceite, por lo tanto no se deberá bombear por ningún motivo agua a estas presas. ]

[Cuando el nivel en estas presas esté muy alto, se drenará subiendo un poco la compuerta situada al poniente de las mismas, observando continuamente el flujo de agua hacia el separador No. 1; cuando se note la presencia de lodos, cerrar la compuerta y volver a drenar 24 horas después. ]

### \* PREPARACION Y MANEJO DE TANQUES DE ACEITE RECUPERADO

El producto recogido en los colectores descarga en el cárcamo de las bombas SLP-7 y SLP-8 del separador de aceite - No. 1, y el cárcamo de las bombas SLP-11-A y SLP-11-B del se-

parador No. 2 enviándose por medio de estas bombas a los tanques TV-43, TV-44, SLT-1 SLT-2.

El SLT-3 queda para servicio exclusivo del separador No. 2.

[ El término "Preparar Tanques" se usa para indicar que el aceite recuperado en estos tanques, se le debe eliminar el agua y lodo, que por tener mayor densidad se van al fondo de los tanques y por medio de las válvulas de purga se drenan hacia el separador No. 1 si es agua, y hacia la presa de lodos cuando ya empieza a salir la mezcla agua-lodo-aceite. ]

Para tener mejor separación del agua, en el fondo de los tanques hay un serpentín de calentamiento con vapor de baja, y la temperatura debe regularse entre 70 y 80°C, para no vaporizar los aceites más ligeros. ]

[ Cuando un tanque está lleno y preparado, se le hará una prueba de laboratorio para determinar el % de agua. Si el agua en el fondo es menor de 1 % , el aceite se bombeará por la línea del oleoducto, tomando la medida inicial y final y reportando estas medidas a los operadores de bombas ].

[ Si el % de agua es mayor de uno, y si no hay cupo en los tanques, se puede iniciar el bombeo por línea de retorno durante el tiempo que sea conveniente, drenando y observando hasta que empiece a salir aceite y nuevamente se le determinará el % de agua; si el contenido de agua está dentro --

del límite, se hace el cambio hacia el oleoducto tomando la -  
medida intermedia y final. ]

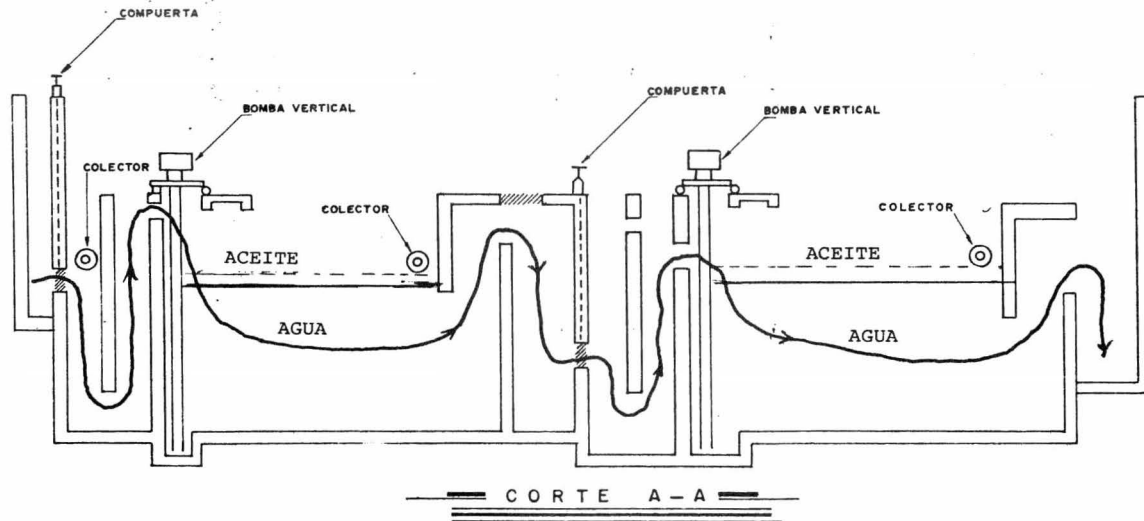
[ Cuando se va a bombear, deberá quitarse el vapor de -  
calentamiento del separador de aceite-agua para evitar un po-  
sible engasamiento en las bombas. El funcionamiento de los-  
separadores de aceite-agua (A.P.I.) se basa en las propieda--  
des físicas de las sustancias en cuestión, mismas que las ha-  
cen inmiscibles formándose capas de aceite y de agua separa--  
das. La mezcla aceite agua llega a los separadores a través -  
de la red de drenajes de la <sup>planta Química</sup>refinería, la mezcla pasa por --  
unos filtros para eliminarle cuerpos sólidos y basura, en se-  
guida pasa al separador (~~ver dibujo anexo~~) el cual está acondi-  
cionado para darle cierto grado de turbulencia al flujo, lo  
cual ocasiona una mejor separación del aceite y el agua. Debi-  
do a la mayor densidad del agua, ésta permanece en la parte -  
inferior mientras el aceite sube para flotar en la superficie  
y así formar las capas separadas, el aceite se hace derramar-  
en unos tubos colectores movibles los cuales lo conducen al -  
pozo colector. ]

[ El agua se elimina del aceite recuperado para evitar-  
daños en el equipo de destilación de las plantas <sup>Químicas</sup>primarias, -  
~~lugar donde se procesa~~ el aceite recuperado. Para los fines -  
prácticos de operación se permite en el aceite una cantidad -  
de agua no mayor del 1.0%, si el contenido fuera mayor al in-



dicado, al ponerse el aceite a destilar alcanzando altas temperaturas, el agua se evaporaría violentamente, con riesgo de ocasionar graves perjuicios en el equipo. ]



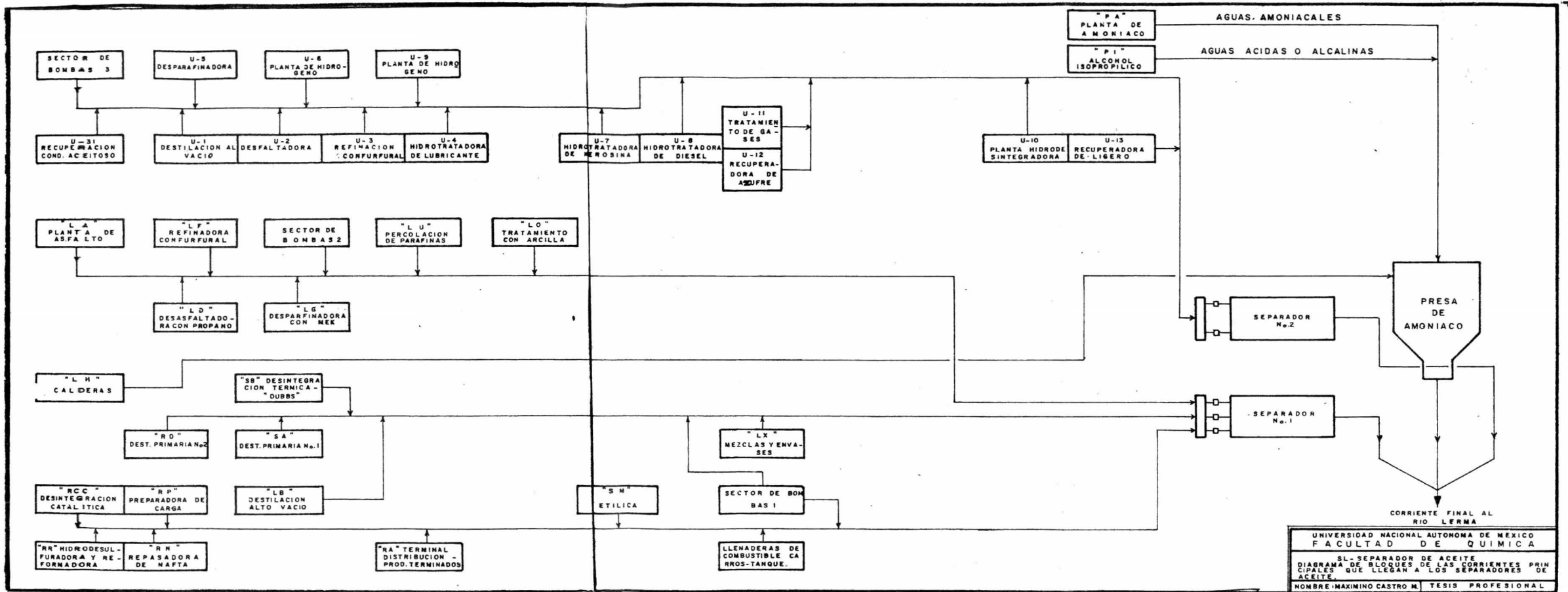


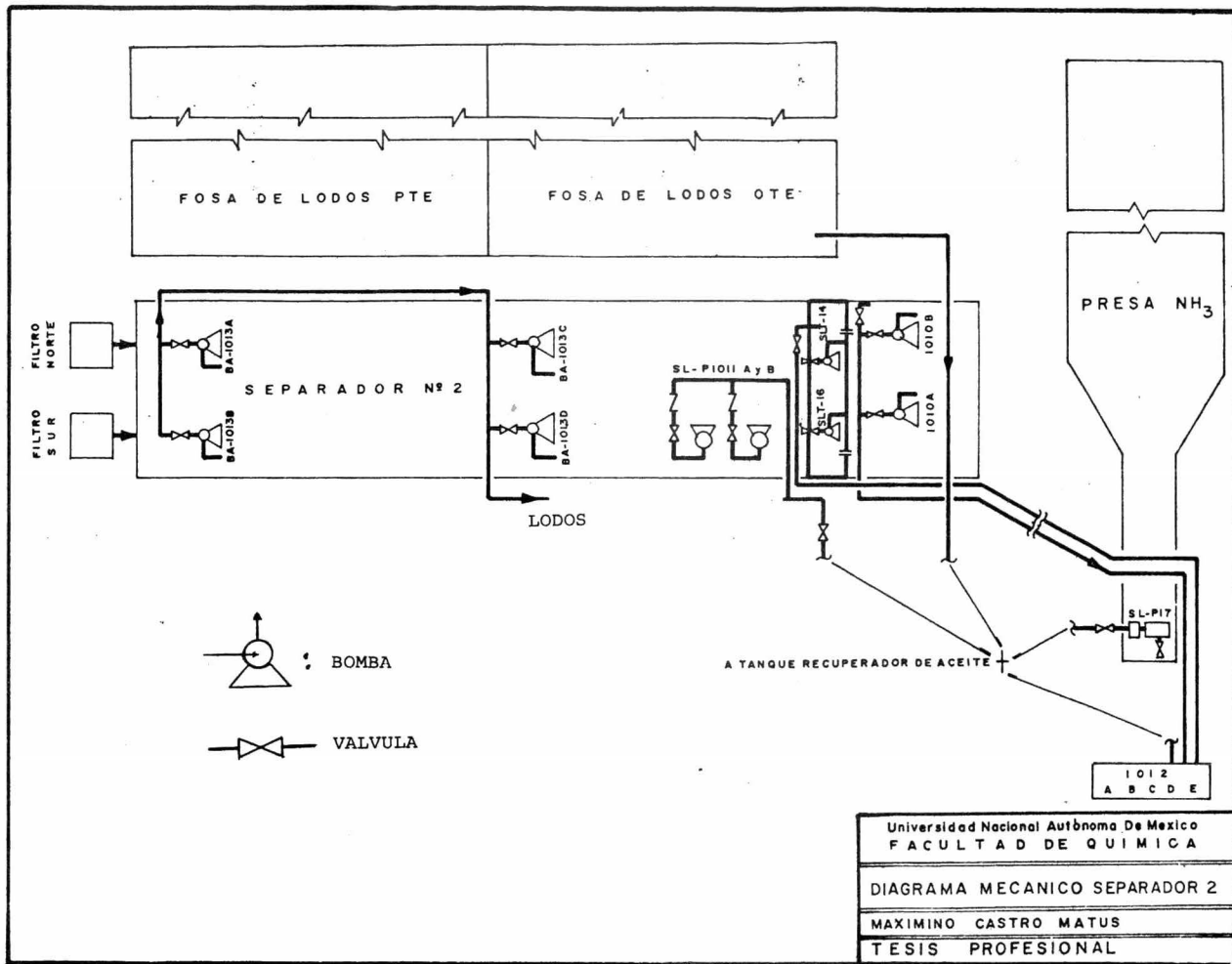
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE QUIMICA

CORTE TRANSVERSAL DEL SEPARADOR I

MAXIMINO CASTRO MATUS

TESIS PROFESIONAL





|  |
|--|
| Universidad Nacional Autónoma De México<br>FACULTAD DE QUIMICA |
| DIAGRAMA MECANICO SEPARADOR 2                                  |
| MAXIMINO CASTRO MATUS  |
| TESIS PROFESIONAL  |

## CAPITULO II

BASES DE DISEÑO PARA FOSAS DE RETENCION DE  
ACEITE Y ESTABILIZACIÓN DE AGUAS DE DESECHO  
DE LA REFINERIA

## 1. DESCRIPCION DE LA RED DE DRENAJES DE LA REFINERIA

Todos los drenajes de la refinería llegan a un sistema de tratamiento primario, consistente en tres instalaciones que tienen el doble objeto de separar por flotación el aceite y sedimentar los sólidos en suspensión.

ESTAS INSTALACIONES SON:

- A. Separador tipo API, número 1. Consta de seis fosas divididas en dos secciones que trabajan en serie, con capacidad nominal para 9 250 l.p.m. Este separador recibe las corrientes aceitosas de las áreas de destilación, catalítica, de reformación y de lubricantes sur, por lo que, debido a la diversidad de procesos de que provienen, sus contaminantes son abundantes y muy variados. Es la corriente más contaminada con aceite y como trabaja por encima de su capacidad, tiene fugas eventuales de aceite por fallas en el equipo de recuperación.
- B. Separador Tipo API, número 2, consta de cuatro fosas divididas en dos secciones que trabajan en serie, con capacidad nominal para 5 550 l.p.m. Este separador recibe las -

corrientes aceitosas de las plantas que forman el tren -- norte de lubricantes, así como de la Hidrode-sintegradora de residuos y recuperadora de azufre y de las plantas de isopropanol y amoníaco.

- C. Fosa de sedimentación. Esta fosa recibe aguas negras y -- fluviales del área de petroquímica y área norte de lubricantes, así como las corrientes pluviales del área de destilación y catalítica. Aunque su objeto principal es el -- de sedimentar los sólidos en suspensión, está equipada pa -- ra recuperar las ligeras contaminaciones de aceite que recibe.

Estos tres separadores descargan en forma común a un co-- lector del cual se bombea o escurre por gravedad al rio Lerma, dependiendo de la altura que lleve éste, según la estación -- del año.

## 2. CONSIDERACIONES SOBRE LA CONTAMINACION CAUSADA AL CUERPO RECEPTOR POR EL EFLUENTE DE LA REFINERIA

El análisis del efluente total de la refinería, de -- acuerdo al promedio que arrojan 24 muestras tomadas a lo lar -- go de los seis meses, es el siguiente:

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| PH                    | 8.4        |
| Sólidos disueltos     | 908 p.p.m. |
| Sólidos de suspensión | 67 p.p.m.  |
| Cloruros              | 39 p.p.m.  |

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Sulfuros                   | 54 p.p.m.   |
| Aceite volátil             | 872 p.p.m.  |
| Aceite no volátil          | 376 p.p.m.  |
| Demanda química de oxígeno | 400 p.p.m.  |
| Fenoles                    | 0.05 p.p.m. |
| Cromo                      | 0.01 p.p.m. |
| Plomo                      | 0.03 p.p.m. |

Sobre el efecto de estos contaminantes se deben hacer algunas consideraciones:

El PH aparece en promedio con un valor aceptable, pero hay que hacer notar que tiene variaciones muy bruscas que deben evitarse, de (2.0 a 11.0), las cuales son perjudiciales no sólo para el medio exterior, sino aún para las propias instalaciones de la refinería.

El contenido de sólidos disueltos y en suspensión, no representa en sí contaminación alguna; lo mismo puede decirse de los cloruros.

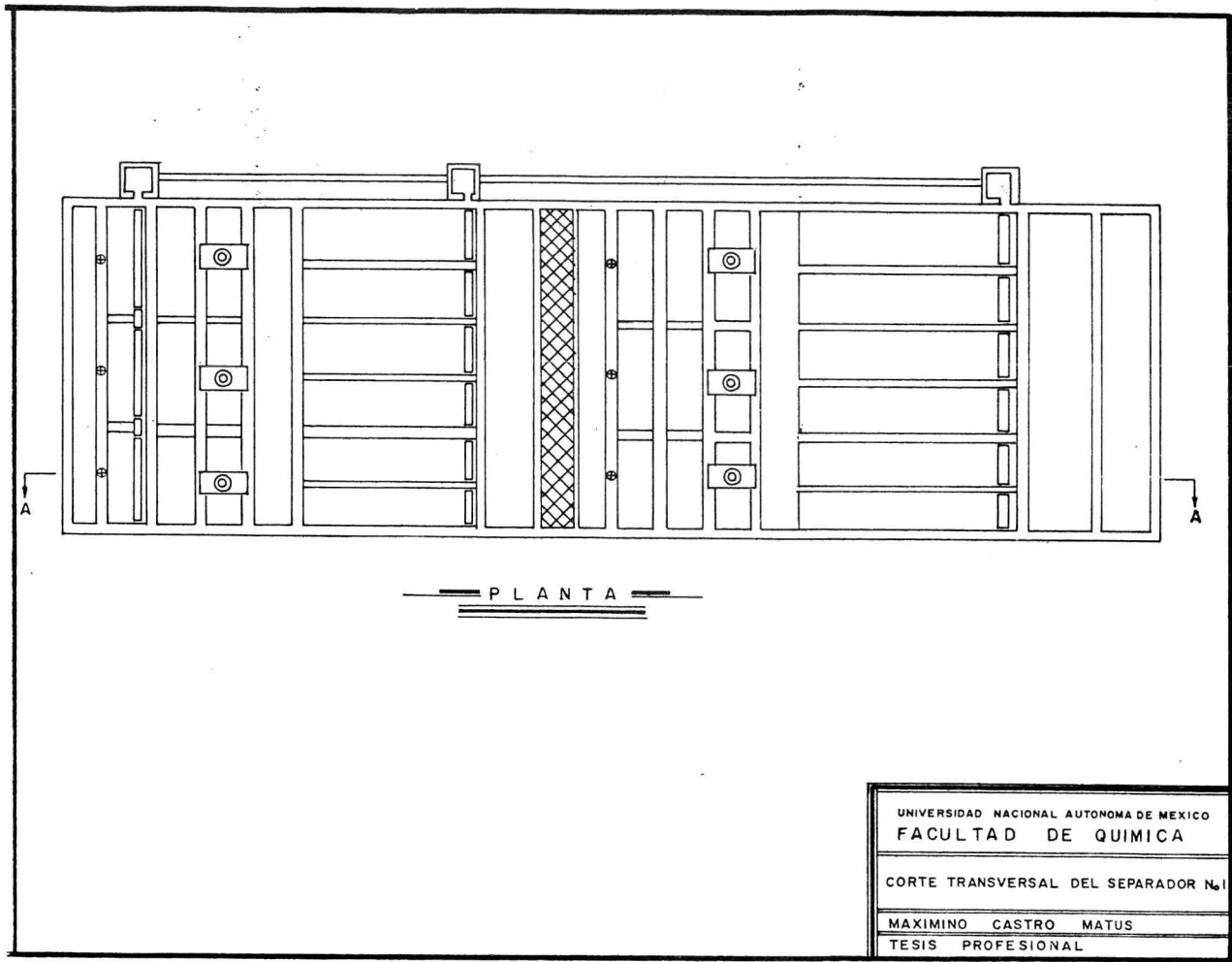
El contenido de sulfuros es apreciable por lo que --- obliga a un tratamiento de oxidación, al cual son bastantes susceptibles.

El aceite debe y conviene recuperarse, lo que, aún optimizando los separadores existentes, ~~requiere~~ ~~instalaciones~~ adicionales para no tener fugas ocasionadas por fallas en el equipo.



La demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO), son los mejores índices del carácter del agua en cuanto a su utilidad para la vida animal y vegetal. Normalmente se aceptan como límites máximos 100 p.p.m. para la DQO y 70 p.p.m. para la DBO en los efluentes industriales, por lo que también será necesario reducir nuestros valores actuales.

Los contaminantes altamente tóxicos, como fenoles, sales de cromo y de plomo, hasta el momento están en valores -- que no hacen necesario pensar en instalaciones especiales para su reducción, pero sí deben ser objeto del más estricto -- control, en los lugares de su utilización (planta etílica, -- Planta de amoníaco, Planta de destilación y Catalítica) para no tener nunca contaminaciones peligrosas.



## CAPITULO III

SELECCION DE LOS TRATAMIENTOS  
SECUNDARIOS NECESARIOS

4 [ Como requisito primordial para lograr un efluente que llene las especificaciones legales (LCA, Art. 14: "Queda prohibido arrojar en las redes colectoras, ríos, cuencas, vasos y demás depósitos de agua, o infiltrar en terrenos, aguas, residuales, radioactivas o cualquiera otra substancia dañina a la salud de las personas, a la flora o a la fauna, o los bienes..."), es imperativo que en las fuentes de contaminación se utilicen al máximo de eficiencia las facilidades existentes para reducir el carácter nocivo de los desechos, como son el desodorizador neutralizador de la unidad "RD", las fosas de neutralización y recuperación de la unidad Pl, unidad Lawsco, torres de enfriamiento, etcétera, ya que el tratar de eliminar estos contaminantes en la corriente general del drenaje llevaría a instalaciones complicadas y costos prohibitivos de instalación y operación. ]

[ Por consiguiente, los tratamientos secundarios posteriores a la separación de aceite, deben reducirse a la eliminación por oxidación de las cantidades inevitablemente remanentes de aceite, ] compuestos fenólicos, sulfuros y materia orgánica de instalaciones sanitarias.

Aunque los tratamientos con lodos activados o digestión anaeróbica son más eficientes en tiempo y superficie necesarios, que la oxidación natural en lagunas, requieren una mucho mayor inversión en equipo y gastos continuos de operación y mantenimiento.

Teniendo en la ~~refinería~~ <sup>P. S. S. S. S.</sup> la facilidad de disponer de superficies suficientes para la construcción de lagunas de oxidación y estabilización, se estima más económico este sistema.

El sistema propuesto constaría de:

- A) Fosa de retención para recuperación de fugas accidentales de aceite
- B) Laguna de estabilización

#### A) FOSA DE RETENCION

Ya que el objeto de esta fosa es el proteger contra fugas accidentales de aceite de los separadores, se estima que una capacidad equivalente a doce horas de operación deficiente debe ser suficiente para corregirla, por lo que, las características de esta fosa serán:

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Profundidad | 3 m                   |
| Ancho       | 40 m                  |
| Largo       | 100 m                 |
| Capacidad   | 12 000 m <sup>3</sup> |

esta fosa estará equipada con un cárcamo de bombeo del aceite colectado, por medio de dos bombas de 92.5-111 l.p.m. y no -- tendrá derrame por la parte superior sino salida por la inferior, para evitar el paso del aceite sobrenadante al resto de las instalaciones.

#### \* B) LAGUNA DE AERACION Y ESTABILIZACION

Tomando como base la capacidad de reducción en lagunas de oxidación que acepta el API, que es de 50 libras por acre y por día (125 kg de DBO/hm<sup>2</sup> por día) y relacionando esto con la DBO de nuestro efluente, se calculará la superficie -- que debe tener la laguna.

El volumen que sale de la refinería es, como se dijo, de 14 800 gpm, o sean 21 801 m<sup>3</sup> por día. <sup>14800 gpm</sup> <sup>980 m<sup>3</sup>/día</sup>

Este <sup>x</sup> afluente lleva una carga de DQO de <sup>90</sup> 400 p.p.m. como promedio, que equivalen a 8 920 <sup>8920 kg/día</sup> kg/día. <sup>2,004.1 kg/día</sup>

En la refinería no se cuenta con medios para evaluar la DBO, pero los datos disponibles de otras refinerías, compiladas por el API, dan en promedio, <sup>P.</sup> una relación DQO/DBO de -- 3/1, por lo que estimaremos nuestra DBO en 400/3=133 ppm, que equivalen a 2 339 kg/día. <sup>[ 400 / 3 = 133.33 kg/día ]</sup>

[Para encontrar el área mínima con la cual tengamos el tiempo de retención y la capacidad necesarios, se hizo una serie de cálculos sobre las bases anteriormente expuestos, encontrándose los siguientes valores:]

| Superficie<br>m <sup>2</sup> | Retención<br>días | Eliminación<br>kg DBO |
|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 x 10 <sup>4</sup>          | 0.45              | 56                    |
| 2 x 10 <sup>4</sup>          | 0.91              | 227                   |
| 3 x 10 <sup>4</sup>          | 1.37              | 514                   |
| 4 x 10 <sup>4</sup>          | 1.83              | 915                   |
| 5 x 10 <sup>4</sup>          | 2.29              | 1 431                 |
| 6 x 10 <sup>4</sup>          | 2.70              | 2 015                 |
| 7 x 10 <sup>4</sup>          | 3.20              | 2 800                 |
| 8 x 10 <sup>4</sup>          | 3.67              | 3 670                 |
| 9 x 10 <sup>4</sup>          | 4.13              | 4 646                 |
| 10 x 10 <sup>4</sup>         | 4.59              | 5 737                 |

los que se ven en la gráfica adjunta.

Aunque para efectos del cálculo se toma únicamente un metro de profundidad porque se considera que a mayor profundidad los procesos de metabolismo aeróbico son deficientes, se estima necesario que la laguna tenga un mínimo de 2.5 metros para impedir el crecimiento de plantas acuáticas y para dejar una capacidad adicional para compensar los azolves. Esta profundidad nos dará un tiempo de retención de ocho días, que -- proporciona una garantía para descargas anormales de contaminantes.

[ Es necesario también que la laguna tenga bordos de---  
flectores para aprovechar al máximo la superficie y evitar ca  
nalizaciones. ]

$$\text{DBO a un tiempo } t = \text{DBO}_{\text{final}} (1 - K^t)$$

Y

$$K = 10^{-k} ; \quad t = \text{tiempo en días}$$

Si el valor de K es aceptado

Como 0.1 a 20°C:

Se tendrá

$$\text{DBO en tiempo } t = \text{DBO}_{\text{final}} (1 - 0.79^t) \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Y .

$$\text{DBO}_5 = \text{DBO}_{\text{final}} (0.68) \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Los efectos de la temperatura sobre la relación de constantes y sobre la DBO final pueden ser estimados de la tabla (1)

| Temp | k      | K     | $1-K^5$ | DBO <sub>final</sub> a temperatura  |
|------|--------|-------|---------|-------------------------------------|
| 20°C | 0.1000 | 0.790 | 0.680   | (DBO <sub>final</sub> a 20°C) = 1.0 |
| 15   | 0.0805 | 0.830 | 0.605   | (DBO <sub>final</sub> a 20°C) = 0.9 |
| 10   | 0.0630 | 0.865 | 0.515   | (DBO <sub>final</sub> a 20°C) = 0.8 |
| 5    | 0.0504 | 0.890 | 0.440   | (DBO <sub>final</sub> a 20°C) = 0.7 |
| 0    | 0.0399 | 0.913 | 0.365   | (DBO <sub>final</sub> a 20°C) = 0.6 |

Por lo tanto, si la DBO<sub>5</sub> a 20°C es 100,

Los valores de la DBO<sub>5</sub> a 5°C son:

$$\text{DBO final a } 20^\circ\text{C} = \frac{100}{0.680} = 147$$

$$\text{DBO final a } 5^\circ\text{C} = 0.7 (147) = 103$$

$$\text{DBO}_5 \text{ a } 5^\circ\text{C} = 103 (0.440) = 45.3$$

PUNTOS QUE PUEDEN TAMBIEN SER CONSIDERADOS  
PARA EL DISEÑO FINAL DE LA LAGUNA

- (1) Es buena práctica dar facilidades para la distribución - de nitrato de sodio dentro de la laguna, ya que al proporcionarle oxígeno adicional a ésta, la volverá séptica.
- (2) Si la excesiva filtración de aceite es un problema, la laguna puede ser sellada con arcilla o barro, asfalto o polietileno laminado.
- (3) La inducción de tubos, puede ser localizada cerca del -- centro del plano de la laguna para proporcionar un mez-- clado adecuado en cualquier dirección del aire.
- (4) La tubería de salida puede ser de alrededor de 6.0 m des de la orilla y de 30.48 cm a 60.96 cm de hundimiento.

TABLA 2

INSOLACION DE LA LUZ VISIBLE A NIVEL DEL MAR

| <u>LATI</u><br><u>TUD</u> | <u>MES</u> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | <u>ENE</u> | <u>FEB</u> | <u>MAR</u> | <u>ABR</u> | <u>MAY</u> | <u>JUN</u> | <u>JUL</u> | <u>AGO</u> | <u>SEP</u> | <u>OCT</u> | <u>NOV</u> | <u>DIC</u> |
| 0 Max                     | 255        | 266        | 271        | 266        | 249        | 236        | 238        | 252        | 269        | 265        | 256        | 253        |
| Min                       | 210        | 219        | 206        | 188        | 182        | 103        | 137        | 167        | 207        | 203        | 202        | 195        |
| 10 Max                    | 223        | 244        | 264        | 271        | 270        | 262        | 265        | 266        | 266        | 248        | 228        | 225        |
| Min                       | 179        | 184        | 193        | 183        | 192        | 129        | 158        | 176        | 196        | 181        | 176        | 162        |



## INSOLACION DE LA LUZ VISIBLE A NIVEL DEL MAR

| <u>LATI</u> | <u>TUD</u> | <u>MES</u> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|             |            | <u>ENE</u> | <u>FEB</u> | <u>MAR</u> | <u>ABR</u> | <u>MAY</u> | <u>JUN</u> | <u>JUL</u> | <u>AGO</u> | <u>SEP</u> | <u>OCT</u> | <u>NOV</u> | <u>DIC</u> |
| 20          | Max        | 183        | 213        | 246        | 271        | 284        | 284        | 282        | 272        | 252        | 224        | 190        | 182        |
|             | Min        | 134        | 140        | 168        | 170        | 194        | 148        | 172        | 177        | 176        | 150        | 138        | 120        |
| 30          | Max        | 136        | 176        | 218        | 261        | 290        | 296        | 289        | 271        | 231        | 192        | 148        | 126        |
|             | Min        | 76         | 96         | 134        | 151        | 184        | 163        | 178        | 166        | 147        | 113        | 90         | 70         |
| 40          | Max        | 80         | 130        | 181        | 181        | 286        | 298        | 288        | 258        | 203        | 152        | 95         | 66         |
|             | Min        | 30         | 53         | 95         | 125        | 162        | 173        | 172        | 147        | 112        | 72         | 42         | 24         |
| 50          | Max        | 28         | 70         | 141        | 210        | 271        | 297        | 280        | 236        | 166        | 100        | 40         | 26         |
|             | Min        | 10         | 19         | 58         | 97         | 144        | 176        | 155        | 125        | 73         | 40         | 15         | 7          |
| 60          | Max        | 7          | 32         | 107        | 176        | 249        | 294        | 268        | 205        | 126        | 43         | 10         | 5          |
|             | Min        | 2          | 4          | 33         | 79         | 139        | 174        | 144        | 100        | 38         | 26         | 3          | 1          |

(1) Las latitudes son grados latitud norte

$$(2) S_{prom} = [S_{min} + (S_{max} - S_{min}) \times C] \cdot (1 + 0.01e)$$

Donde:

C = Porción de obscuridad = fracción de día luz  
u horas en que el cielo está claro

e = altura en miles de metros

## CAPITULO V

CALCULOS BASICOS PARA EL DISEÑO  
DE LAS LAGUNAS

Los cálculos se realizan tomando como base la construcción definitiva de una fosa de retención o recuperación previa a la laguna de oxidación.

## FOSA DE RETENCION O RECUPERACION

| GASTO                        | l.P.M. | 20 350 |
|------------------------------|--------|--------|
| Tiempo de residencia h       |        | 12     |
| Volumen 12 h, m <sup>3</sup> |        | 15 000 |

## ARREGLO TENTATIVO

Construcción de dos fosas de 3.0 x 50.0 x 100 m  
una fosa como relevo de la otra

En estas fosas se pretende separar los contaminantes suspendidos y flotantes que pasen de los separadores API, mejorando el efluente a las lagunas de oxidación.

## LAGUNAS DE OXIDACION

Uno de los factores decisivos en su diseño, es la DBO. - Demanda bioquímica de oxígeno. Está es la expresión más comúnmente utilizada para indicar el grado de contaminación de una corriente.

En esta refinería se tiene análisis de demanda química - de oxígeno DQO pero no se cuenta con los medios requeridos para determinaciones directas de  $DBO_5$ . Por tal razón, se hace uso de la relación que para fines prácticos establecen MOORE- y RUCHHOFT del API, entre DQO y  $DBO_5$  de 3:1. Utilizando esta proporción se transforman los resultados disponibles de DQO a sus correspondientes de  $DBO_5$ .

A la fecha, no han sido establecidos los valores que especifiquen la cantidad del efluente. En forma tentativa se fijan para fines del presente estudio, valores medios y representativos de los vigentes en EE. UU.

Se selecciona un valor de  $DBO_5 = 50$  p.p.m. en el efluente.

Las alternativas que se analizan, se desarrollan en el siguiente orden.

1.a. Método Beychock (utilizando por la O.P.A.)

Sin atribuir reducción alguna  $DBO_5$  en la fosa de recuperación.

#### BASES DE DISEÑO

|         |              |     |                     |  |
|---------|--------------|-----|---------------------|--|
| Flujo   | L.P.M.       | 18  | 500                 |  |
| Flujo   | $m^3/día$    | 30  | 000                 |  |
| Flujo   |              |     |                     |  |
| DQO     | afluente ppm | 450 |                     |  |
| $DBO_5$ | afluente ppm | 150 | $450 \frac{0}{0} 3$ |  |
| $DBO_5$ | efluente ppm | 50  |                     |  |

## CALCULOS:

Reducción de  $\text{DBO}_5$  :

$$W_o = \frac{(\text{DBO}_5 \text{ a} - \text{DBO}_5 \text{ e}) \times (\text{flujo, Kg/día}) \times 10^{-6}}{0.68} \text{ ---- (1)}$$

Donde:

 $W_o = \text{Reducción de } \text{DBO}_5 \quad \text{kg O}_2/\text{día}$ 
 $\text{DBO}_{5a} = \text{DBO}_5, \text{ afluente, p.p.m.}$ 
 $\text{DBO}_{5e} = \text{DBO}_5, \text{ efluente, p.p.m.}$ 
 $0.68 = \text{eficiencia de oxigenación}$ 

Sustituyendo y efectuando operaciones:

$$W_o = \frac{150 - 50}{0.68} (66\ 000\ 000) \times 10^{-6} = 4\ 411 \text{ kg O}_2/\text{día}$$

## AREA REQUERIDA

$$A = \frac{Hc \cdot W_o}{P \cdot S \cdot E} \text{ ----- (2)}$$

donde:

 $A = \text{Area requerida } \text{m}^2$ 
 $Hc = \text{Color de bombustión algas}$ 
 $3.68 \text{ k cal/ g alga (Rich)}$ 
 $W_o = \text{Reducción } \text{DBO}_5 \text{ calculada, kg O}_2/\text{día} = 4\ 411 -$ 
 $P = \text{Oxígeno producido por algas}$ 
 $\text{kg O}_2/\text{kg alga} = 1.63 \text{ (Rich)}$ 
 $E = \text{Eficiencia de conversión solar} = 0.04 \text{ (Rich)}$ 
 $S = \text{Poder calorífico solar, Cal/cm}^2/\text{día} = 0.16$

$$S = S_{\min} + (S_{\max} - S_{\min}) C (1 + 0.01 e) \text{ ---- (3)}$$

$S_{\min}$  = P. calorífico solar, mínimo,

latitud No. 20°, Cal/cm<sup>2</sup>

$S_{\max}$  = " , Máximo,

latitud No. 20°

C = Fracción claro de hs del día = 0.3

e = Elevación miles de m = 1.51

Sustituyendo los valores para S encontrados en la tabla 25 Ag  
Wastes, Beychock:

$$S = 120 + (182-120) 0.3 (1+0.01 \times 1.5) = 145.5 \text{ cal/cm}^2$$

$$S = 145.5 \times 3.687 = 0.16 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$$

Substituyendo en Ec (2)

$$A = \frac{3.68 \times 4 \ 411}{1.63 \times 0.16 \times 0.04} = 278 \ 330 \ \text{m}^2$$

TIEMPO DE RESIDENCIA

$$0.79^t = \frac{\text{DBO}_5 \text{ efluente}}{\text{DBO}_5 \text{ afluyente}} \text{ ---- (4)}$$

Donde:

t = tiempo de retención, días

$$0.79^t = 50/150 = 0.33$$

$$t = \log 0.33 / \log 0.79 = 4.7 \text{ días}$$

PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

$$D = \frac{Q \times t}{A} \text{ ---- (5)}$$

Es muy conveniente que el paso de la fosa de retención de aceite a la laguna de estabilización se haga en cascada, aprovechando la menor profundidad que debe tener la segunda. La aereación por cascada, de acuerdo con la información compilada por el API, puede efectuar una reducción en la DBO hasta de un 20%.

Para una correcta estimación del efecto de nuestros efluentes sobre la corriente del río Lerma, debe compararse el análisis nuestro con el del agua del río a la salida de la presa Solis, que es el punto donde se puede considerar libre de la contaminación de las zonas industriales, y comparar el volumen de nuestro efluente, que es de 21 300 m<sup>3</sup>/día con el del río Lerma en la época seca, que es de 4 320 000 m<sup>3</sup>/día, o sea, 200 veces mayor.

Fórmula para calcular la superficie requerida para lagunas de estabilización.

Esta fórmula se ha deducido suponiendo una reducción de 125 kg de DBO por un hectómetro en un día.

$$s = 100 \frac{DBO \times E}{125 \text{ kg}}$$

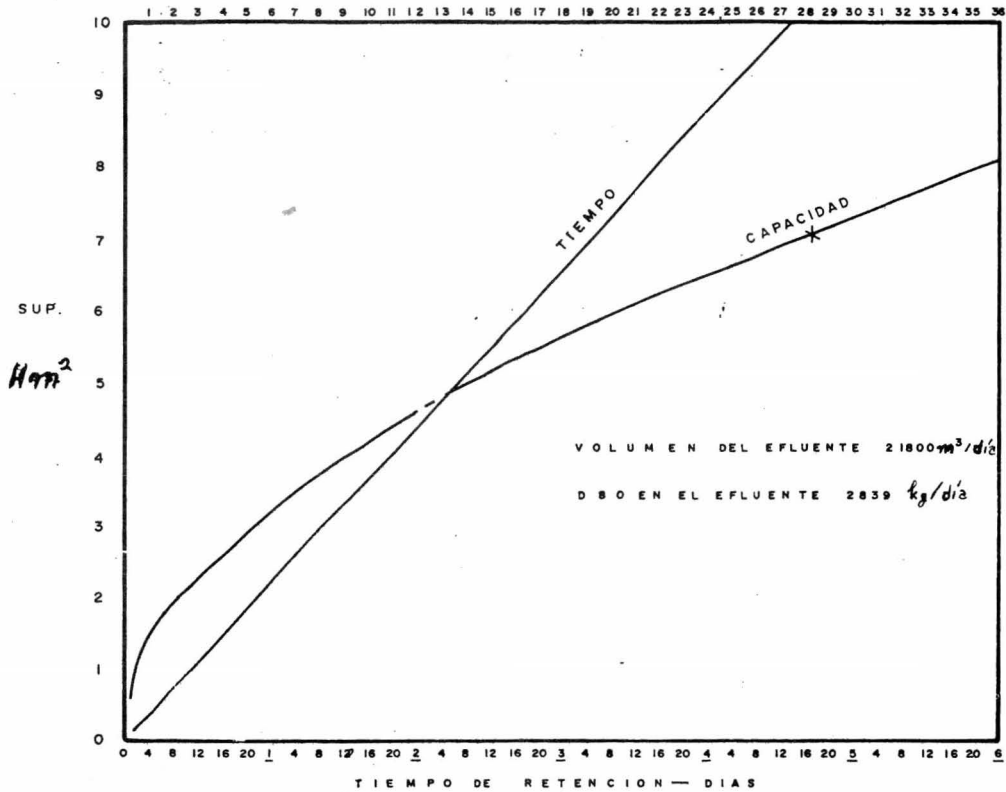
donde:

S = Superficie requerida en hectómetro<sup>2</sup>

DBO = Demanda biológica de oxígeno del efluente en kg/día

E = Volumen del afluente en m<sup>3</sup>/día

CAPACIDAD — 100  $\text{kg DBO}$



## CAPITULO IV

## METODOS DE TRATAMIENTOS

## TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

## LAGUNAS DE OXIDACION

Lagunas de oxidación o estanques de posesión son comúnmente usados como tratamientos secundarios al efluente siguiente de un separador de aceite-agua, de tipo A.P.I., para que puedan ser efectivas se requiere de una superficie grande, por lo tanto, las lagunas de oxidación son usadas solamente - donde hay espacio disponible y el terreno es poco costoso.

## LAS LAGUNAS DE OXIDACION PUEDEN SER

AEROBIAS. Donde la oxidación de los desechos utiliza oxígeno de la atmósfera, además del oxígeno producido de la fotosíntesis.

ANAEROBIAS. Donde la oxidación de los desechos no utiliza oxígeno.

AERADAS. Donde la oxidación de los desechos utiliza oxígeno - introducido de la atmósfera por aereacion mecánica; obviamente - éstas son unas formas de lagunas aerobias.

En este estudio solo trataremos el caso de las lagunas de oxidación aerobias, ya que son las más relacionadas con la industria del petróleo.

Las lagunas anaerobias no son comúnmente usadas en la



industria del Petróleo y de la petroquímica, por lo tanto, su descripción y criterios para diseño no son incluidos en esta tesis, al igual que las lagunas de oxidación por aereación mecánica.

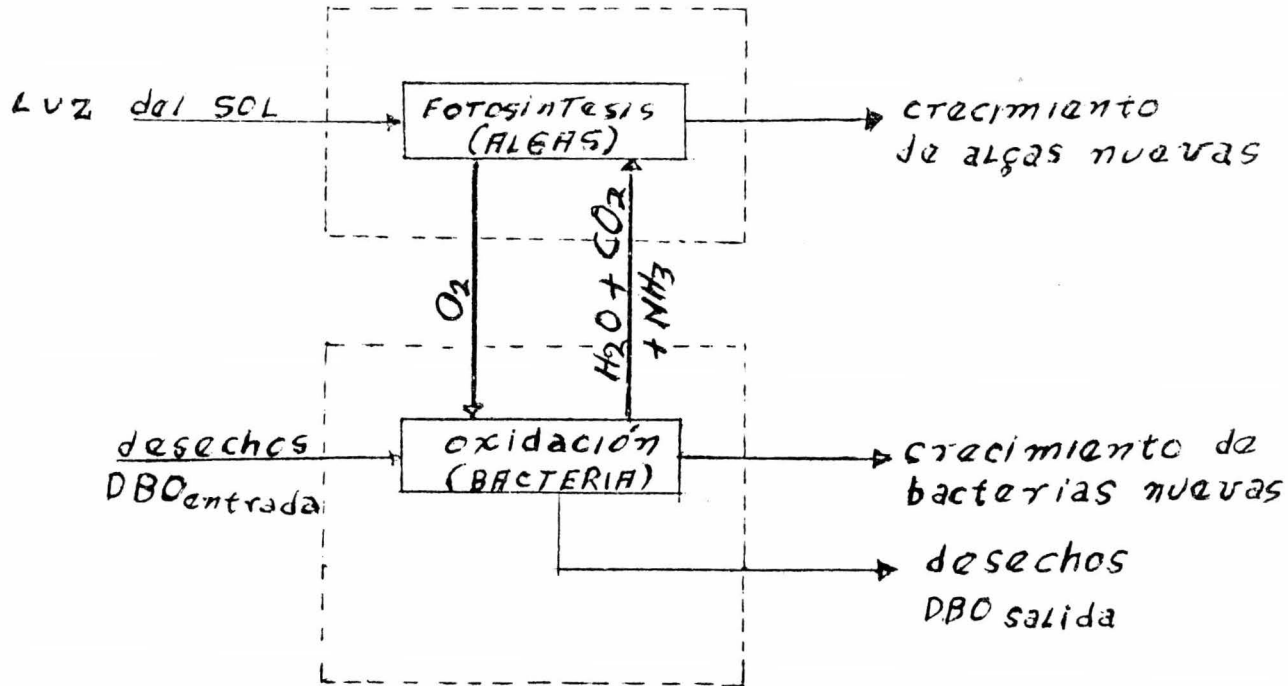
#### OXIDACION AEROBIA Y FOTOSINTESIS

Si se considera una laguna poco profunda, conteniendo bacteria y algas, la bacteria utilizará oxígeno para oxidar bioquímicamente los desechos que lleguen a la laguna y, dentro, se producirá  $H_2O$ ,  $CO_2$  y en ocasiones  $NH_3$ .

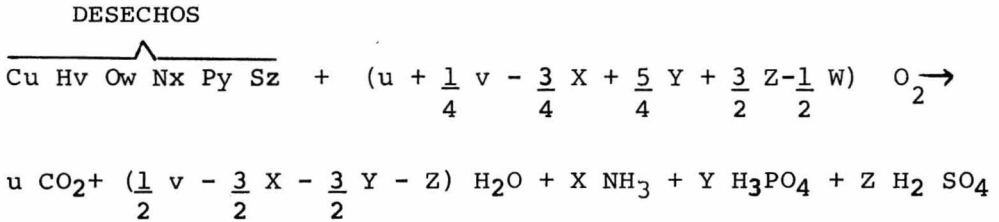
Las algas utilizarán la luz del sol, además de  $H_2O$ ,  $CO_2$  y el  $NH_3$  que ocasionalmente se forma, para producir oxígeno. Este ciclo o sistema ecológico, también produce el crecimiento adicional de bacterias y algas, así como energía.

La descripción del ciclo aquí dado es muy simplificada y racionalizada, pero será de utilidad para el desarrollo de un método de diseño.

Esquemáticamente el ciclo puede ser representado en esta forma.



La química general de la oxidación en la parte del -- ciclo puede ser representada como sigue.



El consumo de oxígeno o demanda en la reacción anterior es usualmente medido como la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días ( $\text{DBO}_5$ ); y la  $\text{DBO}_5$  viene siendo considerada como el 68% de la demanda bioquímica de oxígeno final.

Por lo tanto, si se desea reducir la  $\text{DBO}_5$  del efluente que entra, por una cantidad específica, se emplearía la siguiente fórmula.

$$\text{DBO eliminada} = \text{Wo} = \frac{(\text{DBO}_5) \text{ entrada} - (\text{DBO}_5) \text{ salida}}{0.68} \times (\text{Flujo ;$$

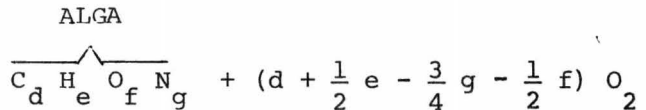
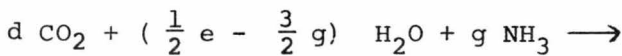
$\frac{\text{kg}}{\text{día}}$ ) 10-6

Por consiguiente, el oxígeno que pueden ser producido por las algas es  $\text{Wo}$  (Kg/día de oxígeno).

La fotosíntesis es el conjunto de procesos por medio de los cuales las plantas verdes son capaces de fijar anhídrido carbónico, reduciéndolo e incorporándolo a sustancias de elevado contenido de energía libre, en forma casi simultánea-

tiene lugar la producción de oxígeno, por reacciones en las -  
 cuales participan enzimas. El conjunto de reacciones de la fo-  
 tosíntesis produce un aumento en la energía libre, y las plan-  
 tas utilizan la energía luminosa para realizarlo (luz del sol)  
 Interviene en una de las etapas del proceso la clorofila o --  
 pigmento verde que se encuentra siempre en los tejidos capa--  
 ces de producri la reacción. Para que se realice la fotosínte-  
 sis se necesitan además de la clorofila, la presencia del ---  
 agua y del aire que contiene CO<sub>2</sub>.

La química de la parte de la fotosíntesis en el ciclo  
 puede ser representada como sigue:



C : carbón

H : hidrógeno

N : nitrógeno

P : fósforo

S : azufre

DESECHOS

u, v, w, x, y, z

d, e, f, g

CONSTANTES

Si la composición de las algas cultivadas alrededor de la laguna de oxidación propuesta es conocida, el oxígeno producido por kg de alga podría ser calculado usando la reacción química anterior.

En una referencia Rich establece que la producción típica de oxígeno de las algas, varía desde 1.25 a 1.75 kg/kg de alga.

Por lo tanto:

$$pW_a = W_o \quad \text{---} \quad (1)$$

donde

$P = 1.25$  a  $1.75$  kg  $O_2$ /kg de alga

$W_a =$  kg de alga/día

$W_o =$  DBO eliminación requerida, kg $O_2$ /día

Un balance de calor hecho alrededor de la fotosíntesis, como parte del ciclo, podría ser escrito en términos simplificados como:

$$\text{luz del sol convertida en calor} = H_c W_a \quad \text{---} \quad (2)$$

donde:

$H_c =$  calor de combustión de la alga  
kcal/kg

$W_a =$  kg de alga/día

La ecuación (2) es por suerte fácil de entender, si el lector visualiza la oxidación de la alga (reverso de la --

reacción química de la fotosíntesis). La oxidación consumirá el oxígeno originalmente producido y resultaría de esta reacción  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$  originalmente consumido, además de la liberación del calor de combustión. El calor de combustión puede por lo tanto haber sido obtenido de la luz del sol.

$$\text{Luz del sol convertida en calor; kcal/día} = \text{SAE} - (3)$$

Donde:

$$S = \text{radiación solar, en unidades de k cal}/(\text{cm}^2)$$

(Día)

A = Area de superficie de la laguna

E = Fracción de eficiencia

En la tabla (2) se dan los valores de "S" en unidades de  $\text{cal}/\text{cm}^2$  (día) para luz visible; estos valores pueden ser convertidos a unidades de  $\text{B.T.U.}/(\text{ft}^2)$  (día) multiplicando los valores de la tabla (1) por 3.687.

Combinando las ecuaciones (1), (2), (3) obtenemos:

$$A = \frac{Hc W_o}{pSE} \text{-----} \quad (4)$$

El valor de "E" que representa la fracción de eficiencia de conversión de la luz del sol, pueden ser tomado como 0.04. Estudios en plantas pilotos determinan que un factor de eficiencia de 0.04 es realista. Estos estudios hechos por especialistas

tas en la materia sugieren un valor de 3.68 Kcal/g O<sub>2</sub> el --  
 cual es equivalente a 10,800 B.T.U./Lb alga, a un valor de --  
 1.63 kg O<sub>2</sub>/kg de alga.

Si la composición de las algas es conocida, sería po-  
 sible calcular el valor de combustión (Hc).

Como ya se dijo antes; el valor recomendado para el -  
 calor de combustión (Hc) es de 3.68 kcal/g alga.....(valor  
 típico)

La ecuación (4) hace posible un cálculo racional de -  
 la superficie requerida para una laguna de oxidación aerobia.

Para obtener el tiempo de retención se sugiere que se  
 considera una ecuación para la velocidad de oxigenación, simi-  
 lar a la ecuación para obtener la velocidad DBO<sub>5</sub>.

Final

$$\text{DBO}_5 \text{ p.p.m} = \text{DBO} (1 - 0.79^t)$$

eliminado                    entra

Y

Final

$$\text{DBO}_5 \text{ p.p.m.} = \text{DBO} - (\text{DBO})$$

eliminado                    entra                    sale

Por lo tanto

$$0.79^t = \frac{\text{DBO}_{\text{sale}} \text{ (final)}}{\text{DBO}_{\text{entra}} \text{ (final)}}$$

Y

$$0.79^t = \frac{\text{DBO}_5 \text{ (Sale)}}{\text{DBO}_5 \text{ (entra)}} \text{ --- (5)}$$

Con la superficie obtenida previamente, de la ecuación (4) y el tiempo de retención obtenido de la ecuación (5), la profundidad de la laguna resulta de la siguiente ecuación:

$$DA = Qt$$

$$\frac{t}{D} = \frac{A}{Q} \text{ ----- (6)}$$

Donde:

- D = profundidad de la laguna      m
- T = tiempo de retención              días
- Q = Velocidad de flujo                m<sup>3</sup>/día
- A = Area de la laguna                m<sup>2</sup>

TIEMPO DE RETENCION Y PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

Se toma como referencia los estudios realizados por W. J. OSWALD y un grupo de colaboradores, sobre la relación entre retención profundidad en el funcionamiento de la laguna.

Puede ser visto de la ecuación (6) que una vez que la superficie de una laguna ha sido obtenida o determinada por el oxígeno aprovechable de la fotosíntesis, por la ecuación (4) la relación t/D se fija. Recíprocamente la relación t/D fija eficiencia mínima requerida.

Combinando la ecuación (6) y (4)

$$E = \frac{Hc}{p} \frac{W_o}{Q} \frac{1}{S} \frac{D}{t} \text{ ----- (7)}$$



Basando en la correlación de los trabajos de planta piloto, OSWALD y sus colaboradores encontraron que para obtener un 90 - 95% de eliminación de DBO, se requirió una relación de t/D de alrededor de 2.5 en el verano y alrededor de 5.5 en el invierno. Sus trabajos fueron sobre un rango de profundidad alrededor de 21.34 cm a 91.44 cm, para una localización de 37° latitud norte

La sola operación de control sobre la relación t/D, es para variar la superficie. Esto resulta claro de la ecuación (6); se muestra, por lo tanto, que el mejor método de unión de los dos, verano e invierno, requiere se proporcionen lagunas con multiceldas. Esto también permitiría la limpieza y mantenimiento de las celdas que no estén en uso durante el verano.

Hermán y Gloyna obtuvieron una relación bastante útil, con otros criterios de diseño:

La relación de la DBO puede ser escrita como sigue:

$$DBO \text{ en un tiempo } t = DBO_{\text{final}} (1 - K^t) \quad \text{--- (8)}$$

Donde:

$$K = 10$$

t = tiempo en días

#### RELACION DE ECUACIONES Y EFECTOS DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con la ecuación (8) donde:

Donde:

D = Profundidad en m

Q = Gasto  $\text{m}^3/\text{día} = 30\ 000$

A = Area requerida,  $\text{m}^2 = 2\ 98.6$

Sustituyendo valores

$$D = \frac{30\ 000 \times 4.7}{2\ 98.6} = 0.50\ \text{m}$$

Esta profundidad favorecería el crecimiento indeseable de plantas en el fondo de la laguna. Las recomendaciones contenidas en el manual A.P.I. fijan la profundidad en 4 pies --- (1.2 m).

Considerando que los datos introducidos en la ec. (3) son pobremente representativos de las condiciones reales, se recalcula el área modificando la profundidad a 1.2 m

1.b. Ajustando D. a 4 pies

$$A = \frac{Q \times t}{D} = \frac{30\ 000 \times 4.7}{4} = 115\ 706\ \text{m}^2$$

2.a. Método Beychok

Asignando una reducción en  $\text{DBO}_5$  en la fosa de retención se conservan los demás datos y se utiliza la misma notación.

CALCULOS

Reducción de  $\text{DBO}_5$  ----- (1)

$$w_0 = \frac{100 - 50}{0.68} (66,000 \times 1000) \times 10^{-6} = 2\ 205\ \text{lb O}_2/\text{día}$$

Area requerida: ----- (2)

$$A = \frac{3.68 \times 2 \times 205}{163 \times 0.16 \times 0.04} = 139 \ 179 \text{ m}^2$$

TIEMPO DE RESIDENCIA ----- (4)

$$0.79^t = 50/100 = 0.5$$

$$t = \log 0.5 / \log 0.79 = 2.93 \text{ días}$$

PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA ----- (5)

$$D = \frac{Q \times T}{A} = \frac{30 \ 000 \times 2.93}{139 \ 179} = 0.71 \text{ m}$$

Por las razones establecidas para la fosa 1.a

2.b Ajustando D a 4 pies

$$A = \frac{Q \times t}{D} = \frac{30 \ 000 \times 2.93}{4} = 72 \ 132 \text{ m}^2$$

3.a Método H.P.I. Tratamiento biológicamente de desperdicio-  
de refineras de petróleo

Sin atribuir reducción en  $DBQ_5$  en la fosa de retención

BASES DE DISEÑO

|                  |                     |        |
|------------------|---------------------|--------|
| Flujo            | l.p.m.              | 20 350 |
| Flujo            | m <sup>3</sup> /día | 30 000 |
| DQO              | afluente p.p.m.     | 450    |
| DBO <sub>5</sub> | afluente p.p.m.     | 150    |
| DBO <sub>5</sub> | efluente p.p.p.     | 50     |

Profundidad mts 1.2 (norma A.P.I.)

## CALCULOS

Area requerida

$$A = \frac{(DBO_{5a} - DBO_e) \times Q_m}{\text{kg } DBO_5 / \text{hm}^2 / \text{día}} \text{ ----- (6)}$$

Donde:

A = area requerida  $\text{hm}^2$  $Q_m$  = carga en miles de  $\text{m}^3$ 3.a.1. Considerando una reducción de 45 kg  $DBO_5 / \text{hm}^2 / \text{día}$ 

$$Q_m = 30$$

$$A = \frac{(150 - 50)}{45} \times 30 = 66.6 \text{ hm}^2$$

3.a.2. Considerando una reducción de 110 kg  $DBO_5 / \text{hm}^2 / \text{día}$ 

$$A = \frac{(150 - 50)}{110} \times 30 = 27.2 \text{ ----- (6)}$$

4.a. METODO A.P.I.

Asignando una reducción de 50 p.p.m.  $DBO_5$  en la fosa de retención

4.a.1. Considerando una reducción de 45 kg  $DBO_5 / \text{hm}^2 / \text{día}$ 

Usando la misma fórmula número (6)

Tenemos

$$A = \frac{(100 - 50)}{45} \times 30 = 33.3 \text{ hm}^2$$

4.a.2. Considerando una reducción de 110 kg  $DBO_5 / \text{hm}^2 / \text{día}$ 

$$A = \frac{(100 - 50)}{110} \times 30 = 13.6 \text{ hm}^2$$

## 5. CONSTRUCCION DE DOS FOSAS EN EL TERRENO DISPONIBLE

$$\text{Area disponible} = 260 \times 300 = 78\,000 \text{ m}^2$$

Profundidad 1.20 m (norma A.P.I.)

Se construirán dos fosas de 130 x 300 x 1.2 m

$$\text{Area total} = 2 \times 130 \times 300 = 78,000 \text{ m}^2$$

5.a. Sin reducción DBO<sub>5</sub> en fosa de retención considerando una reducción de 50 a 110 kg DBO<sub>5</sub>/hm<sup>2</sup>/día

$$4500 - (7.8 \times 110) / 30 = 121 \text{ p.p.m. DBO}_5 \text{ efluente}$$

$$4500 - (7.8 \times 50) / 30 = 137 \text{ p.p.m. DBO}_5 \text{ efluente}$$

Esto es la fórmula No. (6)

5.b. Con reducción de 50 p.p.m. DBO<sub>5</sub> en fosa de retención

$$3000 - (7.8 \times 110) \frac{\circ}{\circ} 30 = 71 \text{ p.p.m. DBO}_5 \text{ efluente}$$

$$3000 - (7.8 \times 50) \frac{\circ}{\circ} 30 = 81 \text{ p.p.m. DBO}_5 \text{ efluente}$$

Esto es usando la fórmula No. (6)

## RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO

## ESPERADO DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS

| Alternativa                           | Afluen<br>te<br>DBO <sub>5</sub> | Area     | PRO-<br>FUND-<br>DIDAD | EFLUEN<br>TE<br>DBO <sub>5</sub> |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------|------------------------|----------------------------------|
| 1.a. Beychok                          | 150                              | 27.8 Has | 0.5 m                  | 0-56                             |
| 1.b. Beychok                          | 150                              | 11.57 "  | 1.2 "                  | 57-80                            |
| 2.a. Beychok                          | 100                              | 13.9 "   | 0.62"                  | 0.26                             |
| 2.b. Beychok                          | 100                              | 7.2 "    | 1.2 "                  | 23-38                            |
| 3.a. API ( 45kg/hm <sup>2</sup> /día) | 150                              | 66.6 "   | 1.2 "                  | 50                               |

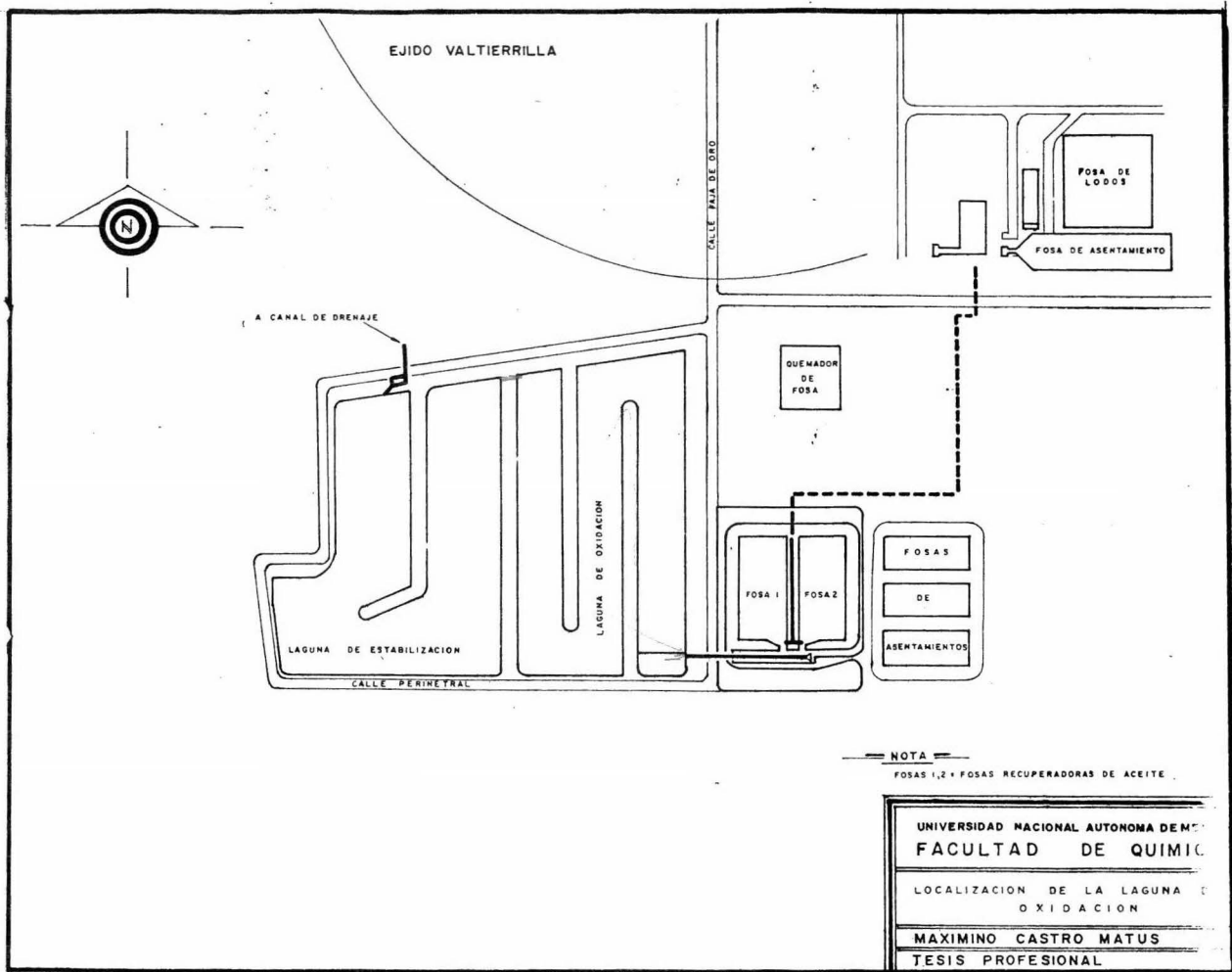
|                                       |     |          |       |         |
|---------------------------------------|-----|----------|-------|---------|
| 3.b. API (110kg/hm <sup>2</sup> /día) | 150 | 27.2 Has | 1.2 m | 50      |
| 4.a. API ( 45kg/hm <sup>2</sup> /día) | 100 | 33.3 Has | 1.2 m | 50      |
| 4.b. API (110kg/hm <sup>2</sup> /día) | 100 | 13.6 Has | 1.2 m | 50      |
| 5.a. API (50 110kgHm <sup>2</sup> )   | 150 | 7.8 Has  | 1.2 m | 121-137 |
| 5.b. API (50 110kgHm <sup>2</sup> )   | 100 | 7.8 Has  | 1.2 m | 71-87   |

Las alternativas 2a. y 5b son las que exhiben mayor concordancia, a pesar de la diferencia en los métodos de cálculo.

En ambos casos el área requerida está disponible y la -reducción predecible es aceptable.

Para los fines que persigue la primera etapa, se consi-dera conveniente seguir las bases de diseño de las alternati-vas 5a y 5b. Todas las medidas que se tomen para reducir la -carga de contaminantes a las lagunas de oxidación, favorece--rán el funcionamiento de las mismas.

- a) Separación de los drenajes aceitosos de las desaladoras, -confinándolos a una sola sección de los separadores A.P. I.
- b) Mejoramiento en los separadores A.P.I. reduciendo la tur-bulencia que sufre el afluente por la diferencia de nivel entre la tubería de acceso del drenaje y el nivel de los-separadores.



**NOTA**  
 FOSAS 1, 2 = FOSAS RECUPERADORAS DE ACEITE

|   |
|---|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO |
| FACULTAD DE QUIMICA                     |
| LOCALIZACION DE LA LAGUNA DE OXIDACION  |
| MAXIMINO CASTRO MATUS                   |
| TESIS PROFESIONAL                       |

## CONCLUSIONES

El constante problema de la contaminación ambiental - ha obligado a los técnicos relacionados con la industria química a buscar formas efectivas para ayudar a solucionarlo.

El método que hemos propuesto para resolver el problema de la contaminación en las aguas del río Lerma, se basa en la oxidación de la materia orgánica contenida en las aguas de desecho de la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" de Salamanca.

El tratamiento en cuestión proporcionará la cantidad de oxígeno necesario para causar una reducción en la demanda química y bioquímica de oxígeno en dichas aguas.

La demanda bioquímica de oxígeno es la prueba que --- aporta los datos más representativos de la calidad del agua.- Es por eso que su cuantificación indica claramente la efectividad del tratamiento y en este sentido las lagunas de oxidación que se estudian en esta Tesis, constituyen una forma positiva de atacar la contaminación acuífera al reducir sensiblemente los valores de las demandas mencionadas.



## BIBLIOGRAFIA

MILTON R. VEYCHOK

Aqueous Waste of Petroleum and Petrochemical Plants  
Editorial John Willey

SAWYER C. N., Mc CARTY, P. L.

Chemistry for Sanitary Engineers  
2a. Edición 1967  
Editorial Mc Graw-Hill Book Company  
Kogakusha Company, Ltd

— METCALF & EDDY INC.

Waste Water Engineering Collection  
Treatment Disposal  
Editorial Mc Graw-Hill

FAIR, GEYER, OKUN

Water and Waste-water Engineering, Vol. 2  
Editorial Jhon Willey

— METCALF & EDDY INC.

Series in Water Resources and  
Environmental Engineering  
Editorial Mc Graw-Hill

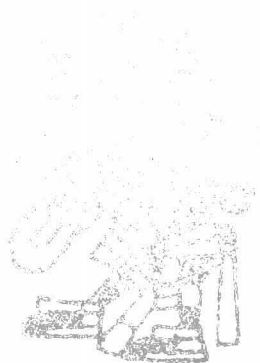
FAIR, GEYER, OKUN

Water Purification and Waste water  
Treatment and Disposal  
Editorial Jhon Willey

MANUAL A. P. I.

Gravity-Type. Waste water Separators

METODOS DE ANALISIS PARA AGUAS DE DESECHO  
DE LA REFINERIA



Impreso en los Talleres de EDITORIAL QUETZALCOATL, S. A.  
Medicina # 37-locals 1 y 2 (entrada por paseo de las facultades)  
Frente a la Facultad de Medicina de C. U. México 20. D. F.  
Teléfonos: 548-61-80 y 548-58-56



**QUIMICA**