

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**LOS FILTROS BIOLÓGICOS AERÓBIOS COMO UNA
ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE
LAS LAGUNAS DE OXIDACION**

Por:

JOSE MARIANO RIGOBERTO MONTIEL GONZALEZ

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Ambiental**

MARZO 2001

2001

TM

TD746

.5

.M6

c.1

LOS FILTROS BIOLÓGICOS COMO UNA

ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE

LAS LAGUNAS DE OXIDACION



1080094211



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

División de Estudios Superiores

Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo
PROFESOR - INVESTIGADOR

DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
DIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Presente.-

31 de Enero de 2001

Estimado Dr. González Alcorta:

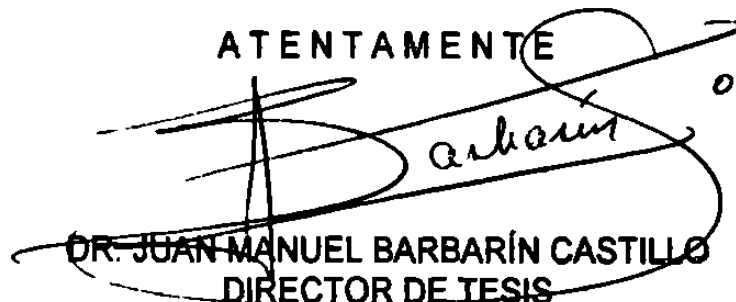
Por este medio hago de su conocimiento que, después de haber efectuado la revisión final del manuscrito de la tesis de mi asesorado, el Ing. José Mariano Rigoberto Montiel González, me doy por satisfecho con su trabajo y lo apruebo para que él inicie ante Usted los procedimientos conducentes a su Examen de Grado.

El Ing. Montiel González pertenece a nuestro programa de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental y lo he dirigido a lo largo de su trabajo de tesis con el tema:

**“LOS FILTROS BIOLÓGICOS AEROBIOS COMO UNA
ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LAS
LAGUNAS DE OXIDACIÓN”**

Me es grato comunicarle lo anterior y sin otro asunto en particular le hago llegar a Usted un saludo cordial.

ATENTAMENTE



DR. JUAN MANUEL BARBARÍN CASTILLO
DIRECTOR DE TESIS

c.c.p. Ing. José Mariano Rigoberto Montiel González

BUREAU RANGEL FILMS
UANG
FONDO
TCS S MAESTRIA

TM
TD 346-5
MB
r.



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
División de Estudios Superiores

Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín
PROFESORA - INVESTIGADORA

M. en C. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE LAS MAESTRÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UANL
Presente.-

16 de Mayo de 2001

Estimado M. en C. Gámez Treviño:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como EVALUADORA de la tesis

**"LOS FILTROS BIOLÓGICOS AEROBIOS COMO
UNA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA
EFICIENCIA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN"**

presentada por el Ing. José Mariano Rigoberto Montiel González como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado críticamente la calidad de dicha tesis, siendo mi dictamen que la misma es APROBADA.

Sin otro particular por el momento, quedo disponible para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

Con un saludo cordial.

DRA. CECILIA O. RODRÍGUEZ DE BARBARÍN

c.c.p DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA. Director de Postgrado

Monterrey, NL, a 16 de mayo de 2001

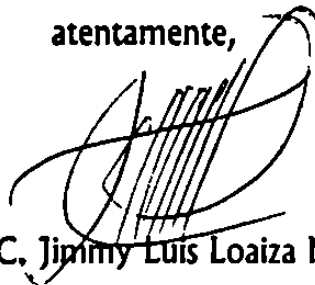
M.E.C. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO
Presidente del Comité de Maestría
Presente.-

Asunto: Evaluación de Tesis de José Mariano Rigoberto Montiel González

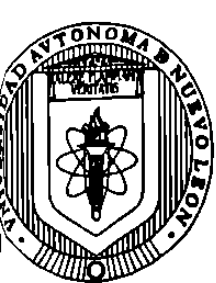
En atención a su oficio de fecha abril 23 de 2001, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la Tesis: "LOS FILTROS BIOLÓGICOS AERÓBICOS COMO UNA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN", que presenta el Ing José Mariano Rigoberto Montiel González, como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como Aprobada.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente,

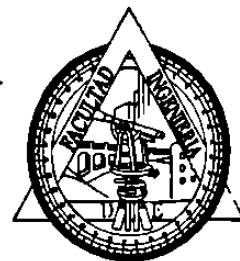
atentamente,



M. en C. Jimmy Luis Loiza Navía



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: JOSÉ MARIANO RIGOBERTO MONTIEL GONZÁLEZ

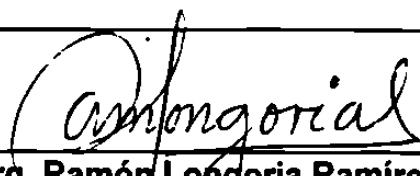
Tema de la tesis: LOS FILTROS BIOLÓGICOS AEROBIOS COMO UNA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN.

Este documento certifica la corrección FINAL **del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.**

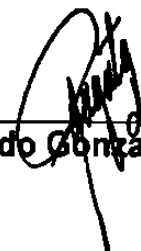
Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió:


 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:


 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 29 de mayo de 2001.

AGRADECIMIENTOS

- **Primeramente a DIOS por haberme permitido emplear el conocimiento que me otorgo para aprovecharlo en finalizar mi Maestría.**
- **A todas aquellas personas que directa o indirectamente influyeron en mi decisión de estudiar un postgrado.**
- **A mi Madre con respeto, y a todos mis hermanos por apoyarme.**
- **A la Familia Montiel Abraham por darme un espacio dentro de sus vidas.**
- **A mis compañeros de la Maestría, y en especial a Jaime.**
- **A mis asesores, el Dr. Juan Manuel Barbarin y el Quim. Moisés Merlo.**

CONTENIDO

RESUMEN

CAPITULO 1	INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2	OBJETIVOS	2
2.1	General	2
2.2	Específicos	2
CAPITULO 3	BREVE INTRODUCCIÓN A LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN	3
3.1	Clasificación de las lagunas de estabilización	4
3.1.1	Laguna aerada de mezcla completa	7
3.1.2	Laguna aerada facultativa	8
3.1.3	Laguna facultativa con agitación mecánica	9
3.1.4	Laguna de oxidación aerada	11
3.2	Descripción del proceso de estabilización en una laguna	15
3.2.1	Microbiología del proceso y mecanismos de degradación	15
3.2.2	Factores físicos, Químicos y de Operación	19
3.2.3	El factor temperatura y la estratificación térmica	22
3.2.4	Importancia de los nutrientes	24
3.3	Uso de las lagunas de oxidación en Tlaxcala	25
3.4	Problemática del uso de las lagunas	27
CAPITULO 4	TRATAMIENTO BIOLÓGICO	31
4.1	Procesos biológicos	31
4.2	Fundamentos de oxidación biológica	33
4.3	Filtros biológicos	36
4.4	Clasificación de los filtros biológicos	37
4.4.1	Filtros de carga baja	39
4.4.2	Filtros de carga intermedia y alta	40
4.4.3	Filtros de carga muy alta	40
CAPITULO 5	DISEÑO DE FILTROS BIOLÓGICOS	43
5.1	Componentes de un filtro biológico	44
5.1.1	Sistema de distribución	46
5.1.2	Medio filtrante	47
5.1.3	Sistema de drenaje	49
5.1.4	Estación de bombeo de transferencia	52
5.1.5	Sedimentador secundario	53

5.2	La película de lama microbiana	54
5.3	Proceso de desarrollo de la película	57
5.3.1	Espesor de la película	58
CAPITULO 6	ANÁLISIS DE UN SISTEMA QUE OPERA A TRAVES DE FILTROS BIOLÓGICOS	63
6.1	Introducción	63
6.2	El modelo de análisis de efectos fijos	66
6.2.1	Generalidades	66
6.2.2	Marco teórico del modelo	67
6.2.2.1	Prueba de hipótesis	68
6.2.2.2	Análisis de varianza	69
6.3	Ejecución del método	71
6.3.1	Análisis de los datos de Sólidos Disueltos Totales	71
6.3.2	Análisis de los datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno	74
6.3.3	Análisis de los datos de Demanda Química de Oxígeno	77
6.3.4	Análisis de los datos de Sólidos Suspendidos Totales	80
6.3.5	Análisis de los datos de porcentaje de Grasas y Aceites	82
CAPITULO.7	DIMENSIONAMIENTO DE UN FILTRO BIOLÓGICO	89
7.1	Volumen de material filtrante	89
7.2	Diámetro del filtro	90
7.3	Consideraciones teóricas	91
7.4	Sistema de bombeo	92
7.4.1	Diámetro de los tubos	92
7.4.1.1	Tubería de descarga	92
7.4.1.2	Tubería de succión	93
7.4.2	Carga dinámica total de bombeo	93
7.4.2.1	Pérdidas locales y por fricción	94
7.4.2.2	Potencia esperada de la bomba	94
7.4.2.3	Diagrama	95
7.4.2.4	Costos	96
CAPITULO 8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA		100

APÉNDICES		106
Apéndice A	Análisis físicoquímicos del agua procedente de la combinación de filtros biológicos con lagunas de oxidación durante el período 09 de abril de 1996 al 08 de agosto de 1996.	106
Apéndice B	Análisis físicoquímicos del agua procedente de la combinación de filtros biológicos con lagunas de oxidación durante el período 04 de agosto de 1998 al 14 de septiembre de 1998.	120
Apéndice C	Análisis físicoquímicos y bacteriológicos de la planta Apizaco B, del 09 de abril de 1996 al 30 de julio de 1996.	128
Apéndice D	Análisis físicoquímicos y bacteriológicos de la planta Apizaco B, del 28 de julio de 1998 al 13 de octubre de 1998.	142
Apéndice E	Análisis físicoquímicos y bacteriológicos de la planta Ixtacuixtla, del 23 de enero de 1996 al 26 de marzo de 1996.	154

LISTA DE SIMBOLOS

μ	Media global
γ	Peso específico del agua
Δ	Varianza
τ_i	Tratamiento
ε_{ij}	Componente aleatoria del error
A_d	Área de descarga
A_s	Área de succión
BHP	Potencia de la bomba
C	Carbono
Ca^{+2}	Ión Calcio
$CaCO_3$	Carbonato de Calcio
CH_4	Metano
CO_2	Bióxido de Carbono
CO_3^{-2}	Grupo carbonato
D	Diámetro
D_d	Diámetro de descarga
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
D_s	Diámetro de succión
ECCAET	Empresa para el control de la contaminación del agua en el estado de Tlaxcala
F	Factor de seguridad en los motores
F_o	Estadístico de prueba a comparar
g	Gravedad
H	Hidrógeno
h	Altura

H	Carga dinámica
H ₂ CO ₃	Ácido carbónico
H ₂ O	Agua
Ha	Hectárea
Ha	Hipótesis alternativa
HCO ₃ ⁻¹	Grupo carbonato ácido
h _d	Pérdidas por descarga
H _{ET}	Carga estática total
Ho	Hipótesis nula
HP	Caballos de fuerza
h _s	Pérdidas por fricción
K	Coefficiente sin dimensiones que depende del tipo de pérdida de que se trate, del número de Reynolds y de la rugosidad del tubo
L	Longitud
Lps	Litros por segundo
N	Nitrógeno
N	an
N _B	Eficiencia de la bomba
NH ₃	Amoniaco
N _m	Eficiencia del motor
NO ₃ ⁻¹	Grupo nitrato
O	Oxígeno
O ₂	Oxígeno molecular
OD	Oxígeno disuelto
OH ⁻¹	Grupo hidroxilo
P	Fósforo
P	Presión
PH	Potencial de hidrógeno
P _m	Potencia del motor
PO ₄ ⁻³	Grupo fosfato

Q	Gasto o caudal
R	Radio
RAFA	Reactor anaerobio de flujo ascendente
RAS	Relación de absorción de sodio
SO_4^{-2}	Grupo sulfato
SS	Sólidos suspendidos
SS_{Error}	Suma de cuadrados debida al error (dentro de los tratamientos)
SS_T	Suma total de cuadrados corregidos
$SS_{tratamiento}$	Suma de cuadrados debida a los tratamientos (entre tratamientos)
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
STD	Sólidos disueltos totales
V	Volumen
V_d	Velocidad de descarga
V_s	Velocidad de succión
W	vatio
Y_{ij}	Cada observación
Y_{io}	Suma de cada tratamiento
Y_{oo}	Suma de todos los tratamientos