

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
ZAHUAPAN

(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA:

JACQUELINE GARCIA GARCIA

MONTERREY, N.L.

JULIO DE 1999.

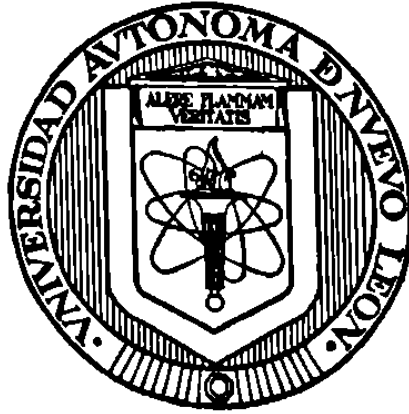
TM
TD229
.T5
G3
1999
c.1



1080098300

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
ZAHUAPAN**

(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

PRESENTA:

PRESENTA:

JACQUELINE GARCIA GARCIA

MONTERREY, N.L.

JULIO DE 1999.

FM
TD229
.TS
G3
1999



Monterrey, N.L. a 29 de Junio de 1999.

**Dr. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PRESENTE**

Estimado Dr. González:

Por este conducto me permito comunicar a Usted, que la Ing. Jacqueline García García, pasante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido su trabajo de tesis titulado: **EVALUACION Y MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN (FACTIBILIDAD TECNICA-ECONÓMICA PARA SU RECUPERACIÓN)**, por lo que no tengo ningún inconveniente para par que se realicen los trámites correspondientes a fin de presentar el Examen de Grado bajo los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de su Institución.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente:



M. en C. Ricardo Morales Juárez
Asesor Externo de Tesis

Monterrey, N.L. a 29 de Junio de 1999.

**Dr. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PRESENTE**

Estimado Dr. González:

Por medio de la presente y de la manera más atenta me dirijo a Usted, para solicitar la tramitación correspondiente, para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, con la presentación del trabajo de tesis titulado: **EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN (FACTIBILIDAD TECNICA-ECONÓMICA PARA SU RECUPERACIÓN)** lo anterior de acuerdo al reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución.

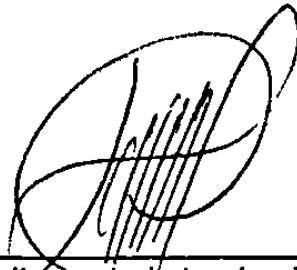
Sin más por el momento, esperando que mi solicitud sea aprobada, aprovecho para enviarle un cordial saludo.

Atentamente:

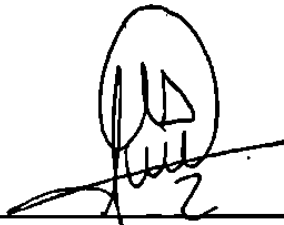

Ing. Jacqueline García García
Tesisista

**EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
RIO ZAHUAPAN
(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)**

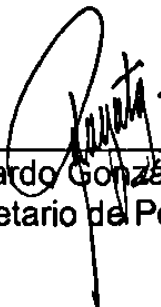
Aprobación de la Tesis:



**Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia
Asesor Interno de la Tesis**



**M. en C. Ricardo Morales Juárez
Asesor Externo de la Tesis**



**Dr. Ricardo González Alcorta
Secretario de Postgrado**

RESUMEN

Actualmente de acuerdo a lo que informa la Red Nacional de Monitoreo en lo que respecta a la calidad del agua, prácticamente todos los cuerpos de agua importantes tienen grandes problemas de contaminación.

Dentro de estos cuerpos importantes se encuentra el río Zahuapan por ser la principal corriente del estado de Tlaxcala y cuyo estudio en este trabajo tiene la finalidad de conocer la capacidad de asimilación y dilución del mismo (calidad del agua), mediante la aplicación del modelo matemático SICLACOR.

Una vez realizado el trabajo de campo, con los datos obtenidos se corrió el modelo SICLACOR y se hicieron simulaciones a corto, mediano y largo plazo, para conocer el comportamiento de la corriente, con estos datos se concluyó que actualmente la corriente del río Zahuapan tiene una calidad aceptable en su inicio y esta se ve disminuida conforme avanza, debido a la aportación de aguas residuales de origen municipal e industrial.

El modelo matemático SICLACOR es confiable cuando la corriente tiene capacidad para depurarse, sin embargo es muy limitado dado que la DBO es el parámetro básico usado para modelar y simular; lo que hace que los resultados que se obtienen sean parciales, de tal manera que estos no permiten describir el comportamiento global de la corriente en cuanto a contaminación orgánica.

Finalmente se recomendó tener una red de monitoreo continuo en 10 estaciones a lo largo del río Zahuapan, con el fin de conocer su comportamiento en las diferentes estaciones del año y de esta forma realizar un modelo específico para la corriente.

Es importante mencionar que además de los esfuerzos técnicos para su recuperación es muy importante la participación social y de las autoridades responsables para poder llevar a cabo una recuperación de la corriente.

DEDICATORIA

A mis padres: Medardo y Ma. de la Luz por su apoyo, consejos, paciencia y amor.

A mis hermanos: Loli y Vis por ser además de hermanos mis mejores amigos.

A mis amigos por todo el cariño que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas e instituciones que me apoyaron en la realización de esta tesis, especialmente a:

M. en C. Ricardo Morales Juárez. Mi asesor y amigo.

CNA Tlaxcala, en especial al personal que conforma el departamento de calidad.

M. en C. Martín Munive. Por su apoyo confianza y amistad.

Ing. Joel Molina Atonal. Gracias por sus consejos y ayuda.

Ing. Jorge Caro Bermúdez. Por su paciencia y confianza.

Quím. Eduardo Villaseñor, ECCAET Tlaxcala. Por su apoyo y amistad.

Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia. Por su paciencia y constante aliento.

INDICE

Tema	Página
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes Generales	4
1.2 Justificación	7
1.3 Objetivos	9
2. Revisión Bibliográfica	11
2.1 La Reología	11
2.2 Condiciones físicas químicas y biológicas que afectan a una corriente	12
2.2.1 Factores físicos	12
2.2.2 Alteraciones químicas	17
2.2.3 Alteraciones biológicas	19
2.2.4 La demanda bioquímica de oxígeno y el factor tiempo	20
2.3 Zonas de una corriente que recibe aguas residuales	24
2.3.1 Zona Polisaprobia	24
2.3.2 Zona α-mesosaprobia	26
2.3.3 Zona β-mesosaprobia	27
2.3.4 Zona Oligosaprobia	27
3 Marco legal	29
3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	29
3.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	30
3.3 Ley de Aguas Nacionales	30
3.4 Criterios de la calidad de los cuerpos receptores	32
3.5 Gobierno del Estado	32
4. Modelos matemáticos	34
4.1 Fórmula de Streeter-Phelps	36
4.1.1 Determinación de las constantes que componen el modelo	36
4.1.2 Parámetros que intervienen en el modelo	40
4.1.3 Otros parámetros	42
4.2 Método de Thomas para determinar la Capacidad de Asimilación de las corrientes	47
4.3 Método de Churchil de la correlación lineal múltiple	48
5. Metodología	50
5.1 Actividades de gabinete	50
5.2 Actividades de campo	52
5.3 Actividades de laboratorio	53

6. Zona de Estudio	55
6.1 Descripción de la corriente	55
6.1.1 Aspectos geográficos	55
6.1.2 Aspectos hidrológicos	59
6.1.3 Infraestructura hidráulica	64
6.2 Información socioeconómica	65
6.3 Información hidrológica	70
7. Modelación matemática	84
7.1 Selección del modelo	84
7.2 División de la corriente	86
7.3 Gasto de diseño	89
7.4 Balance hidráulico	89
7.5 Consideraciones que se realizaron al correr el modelo	90
7.6 Descripción de efluentes, descargas y aprovechamientos	91
7.6.1 Integración de información básica	95
7.7 Aplicación del modelo	98
7.7.1 Condiciones actuales (con modificación de carga orgánica en tramos)	104
7.7.2 Condiciones a mediano plazo	109
7.7.3 Condiciones a largo plazo	115
8. Análisis y Discusión	121
8.1 Modelo matemático	121
8.2 Simulación 1	121
8.3 Simulación 2 y 3	123
8.4 Análisis y discusión. Propuesta para saneamiento	125
8.4.1 Simulación DBO máxima en descarga de 200 mg/l.	125
8.4.2 Simulación DBO máxima en las descargas de 80 mg/l	126
8.5 Análisis de la calidad de la Corriente	127
9. Conclusiones y Recomendaciones	134
9.1 Modelo	134
9.2 Factibilidad económica	138
10. Referencias	139
11. Glosario	

Indice de Tablas

Número	Especificación	Página
1	Afluentes con mayor gasto en el río Zahuapan	63
2	Subcuencas sistema Atoyac-Zahuapan	64
3	Presas de almacenamiento en la cuenca del río Zahuapan	66
4	Municipios en la cuenca del río Zahuapan	70
5	Areas industriales dentro de la cuenca del río Zahuapan	71
6	Temperatura mínima anual	75
7	Temperatura mínima mensual	75
8	Padrón de usuarios uso público urbano	77
9	Padrón de usuarios uso agrícola	78
10	Padrón de usuarios aguas superficiales	79
11	Padrón de usuarios comercial y de servicio	79
12	Padrón de usuarios acuacultura	80
13	Padrón de usuarios domestico-abrevadero	80
14	Padrón de usuarios riego particulares	80
15	Principales plantas de tratamiento	86
16	Descargas industriales tratadas	87
17	Estaciones de monitoreo y división por tramos	91
18	Balance hidráulico por tramos	94
19	Afluentes del río Zahuapan	97
20	Descargas en el río Zahuapan	98
21	Aprovechamientos en el río Zahuapan	98
22	Integración de la información básica por tramos	99
23	División de la corriente por tramos y datos de campo	100
24	Parámetros básicos tramo 1 para la aplicación del modelo	102
25	Factor F	105
26	Resultados obtenidos para el tramo 1	107

Indice de figuras

No. de Figura	
1	Localización del estado de Tlaxcala en la República Mexicana
2	Cuenca del río Zahuapan
3	Tramo del río Zahuapan en estudio
4	División municipal del estado de Tlaxcala
5	Presas de almacenamiento en la RH18 (Cuenca Zahuapan)
6	División Hidrológica del estado de Tlaxcala

Anexos

- 1. Tablas. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua**
- 2. Calendario de muestreo del río Zahuapan**
- 3. Calendario de visitas a plantas de tratamiento**
- 4. Recopilación de datos plantas de tratamiento ECCAET**
- 5. Graficas de resultados:**
 - Comportamiento del Gasto en el Río Zahuapan (Situación actual)
 - Comportamiento del OD inicial en el Río Zahuapan (Situación actual)
 - Comportamiento de la DBO al inicio y final del tramo (Situación actual)
 - Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Situación actual)
 - Porcentaje de remoción en el Río Zahuapan (Situación actual)
 - Comportamiento del Gasto en el Río Zahuapan (Mediano plazo)
 - Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Mediano plazo)
 - Porcentaje de remoción en el río Zahuapan (Mediano plazo)
 - Comportamiento del Gasto en el río Zahuapan (Largo plazo)
 - Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Largo plazo)
 - Porcentaje de remoción en el río Zahuapan (Largo plazo)
- 6. Localización en plano de las estaciones de monitoreo y división por tramos**
- 7. Resultados de laboratorio**
- 8. NOM-001-ECOL-1996**

Abreviaturas

a. aba.	Aguas abajo
a. arr	Aguas arriba
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día
DBOobj	Demanda bioquímica de oxígeno objetivo
bca.	Barranca
CGE	Coordinación General de Ecología
CNA	Comisión Nacional del agua
Cs	Oxígeno de saturación
Dc	Déficit crítico
Do	Déficit inicial de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
ECCAET	Empresa para el control de la contaminación del agua en el estado de Tlaxcala
f	Factor de autopurificación
has.	Hectáreas
ICA	Índice de Calidad del Agua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
l	Litros
KD	Constante de desoxigenación
KDc	Corrección de KD por temperatura
LAN	Ley de Aguas Nacionales
Lc	Carga asimilable en el tramo
L2	DBO en el tiempo t
L4	DBO calculada para el siguiente tramo
Lr	Carga real transportada en el tramo
mmHg	Miligramos de mercurio
MI	Margen izquierdo
MD	Margen derecho
m2	Metros cuadrados
m3	Metros cubico
NOM	Norma Oficial Mexicana
OD Inicial	Oxígeno disuelto inicial
OD Permisible	Oxígeno disuelto permisible
Re	Porcentaje de remoción
SICLACOR	Sistema de clasificación de corrientes
TC	Tiempo crítico
TR	Tiempo de recorrido