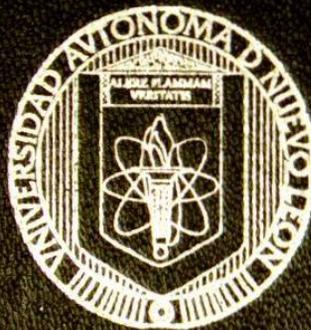


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA DEL HUAJUCO,  
MEDIANTE EL SISTEMA DE FILTRO PERCOLADOR  
Y CONTACTO DE SOLIDOS**

**POR**

**IVAN ERUBEY RAMOS CABELLO  
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
MONTERREY, NUEVO LEON,**

**2000**

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

TM

TD753

R3

c.1



1080098246

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN POTABILIDAD



DESIGNO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA DEL HUARQUE,  
UTILIZANDO EL SISTEMA DE FILTRO PERCOLADOR,  
Y CONTACTO DE SÓLIDOS

POR

IVAN ERUBEY RAMOS CABELLO  
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
MONTERREY, NUEVO LEÓN,

2000

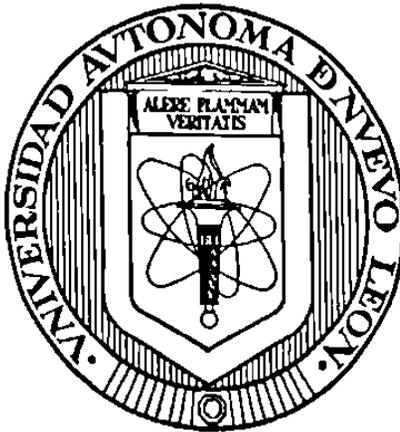
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA AMBIENTAL



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
EN LA ZONA DEL HUAJUCO, MEDIANTE EL SISTEMA DE FILTRO  
PERCOLADOR Y CONTACTO DE SÓLIDOS.**

**Por**

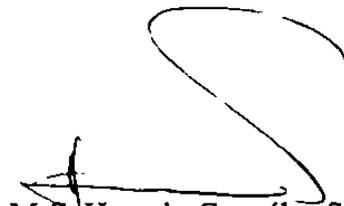
**IVÁN ERUBEY RAMOS CABELLO**  
**Ingeniero Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Monterrey, Nuevo León**  
**2000**

**Para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS  
con especialidad en Ingeniería Ambiental**



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA DEL HUAJUCO,  
MEDIANTE EL SISTEMA DE FILTRO PERCOLADOR  
Y CONTACTO DE SÓLIDOS.**

Aprobación de la tesis



---

M.C. Horacio González Santos

Asesor de la tesis



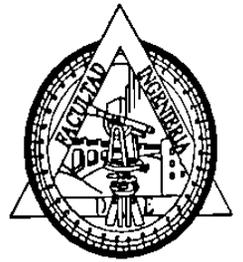
---

Dr. Ricardo González Alcorta

Jefe de la División de Estudios de Postgrado



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



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: IVAN BRUBEY RAMOS CABELLO

Tema de la tesis: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA DEL HUAJUCO, MEDIANTE EL SISTEMA DE FILTRO PERCOLADOR Y CONTACTO DE SÓLIDOS.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográficos, metológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

Suprimir la referencia del título de la Tesis, en la portada y en las páginas de aprobación y dedicatoria.

Nombre y firma de quien corrigió:

*Ramón Longoria*  
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Postgrado:

*Ricardo*  
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 25 de agosto de 1998.

**AT'N: ING. BENJAMÍN LIMÓN HERNANDEZ**  
**COORDINADOR DE LA MAESTRIA DE**  
**INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA FACULTAD**  
**DE INGENIERÍA CIVIL DE LA U.A.N.L.**

Estimado Ing. Limón:

De acuerdo a los lineamientos a seguir para presentar el protocolo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, he realizado la presente, para constatar que ha sido aceptado por usted mi tema de tesis, así como mi protocolo y mi maestro asesor, siendo los siguientes:

Tema y Protocolo de tesis: Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas en Zona del Huajuco mediante el sistema Bio-DOM TF/SC.

Maestro asesor: M.C. Horacio González Santos

Agradeciendo de antemano su atención y esperando que como aceptación, sea firmada la presente carta, quedo de usted.

Atte.



**Ing. Iván Erubey Ramos Cabello**  
Pasante de Maestría en ingeniería Ambiental



---

Firma de aceptación  
**Ing. Benjamín Limón Rodríguez**

Sán Nicolás de los Garza, N.L., a 3 de Octubre de 1996

**AT'N: ING. OSCAR ROBLES SÁNCHEZ**  
**SECRETARIO DE POSTGRADO DE LA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA U.A.N.L.**

Estimado Ing. Robles:

Me es grato comunicarle que en el mes de Agosto del año en curso se iniciaron los trabajos de recopilación de información que realiza el Señor *Iván Erubey Ramos Cabello* para la realización de su tesis titulada "*Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Zona del Huajuco mediante el sistema Bio-DOM TF/SC*", en la cual me comprometo a brindarle asesoría durante el desarrollo del mismo.

Dichos trabajos y avances se esta realizando con financiamiento del mismo alumno y con apoyo de asesoría exterior por el consorcio GRUPO DOMOS-ORVISA, quién da las facilidades para el uso de sus instalaciones en cuanto a equipo computacional.

Mensualmente usted recibirá un reporte de avance de dicho trabajo. Sin mas por el momento reciba usted un cordial saludo.

San Nicolás de los Garza, N.L., a Octubre 3 de 1996

ATENTAMENTE



**M.C. Horacio González Santos**

Asesor de tesis

**AT'N : ING. OSCAR ROBLES SANCHEZ**  
**SECRETARIO DE POSTGRADO DE LA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE**  
**LA U.A.N.L.**

Estimado Ing. Robles:

En relación a mi aceptación de tema de tesis y protocolo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, le informo que ya fue aceptado por el Ing. Benjamín Limón Rodríguez, así como también fue aceptado el maestro asignado como mi asesor durante el desarrollo de mi tesis, el M.C. Horacio González Santos. El tema que desarrollaré se denomina: **Diseño de Planta de Tratamiento en la Zona del Huajuco mediante el sistema Bio-DOM TF/SC.**

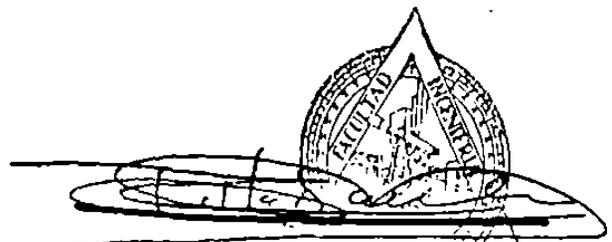
Anexo a ésta carta encontrará la carta de aceptación firmada por el Ing. Benjamín Limón Rodríguez, quien revisó mi protocolo de tesis, estando de acuerdo con ello, y una carta del asesor de mi tesis el M.C. Horacio González Santos donde acepta darme asesoría durante el desarrollo de la misma.

Esperando que ésta carta sea firmada por usted, estando de acuerdo en que presente la carta de aceptación de tesis, protocolo y asesor firmada por el Ing. Benjamín Limón Rodríguez y la carta de aceptación del asesor firmada por el M.C. Horacio González Santos.

Atte.



**Ing. Iván Erubey Ramos Cabello**  
Pasante de la Maestría de Ingeniería Ambiental



Firma de aceptación.  
**Ing. Oscar Robles Sanchez**

**Dedico esta tesis a:**

**MIS PADRES:**

Lic. Enf. Rosa Elba Cabello Flores.  
Ing. Bonifacio Ramos López.

Con todo respeto y eterno agradecimiento por el apoyo que me brindaron y a quienes debo todo lo que soy, ya que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron en los momentos difíciles, en especial durante el transcurso de mis estudios de maestría.

**MIS HERMANOS:**

Lic. Enf. Ivonne Guadalupe  
Arq. José de Jesús  
Arq. Golber Gamaliel

A quienes agradezco su apoyo incondicional y estar siempre presentes conmigo.

**MI NOVIA:**

Q.F.B. Juana Elvira Mancilla Medina

A quien respeto y admiro, y quien me acompañó y apoyó tanto en los momentos gratos como en los difíciles en el transcurso de la maestría.

**Dedico esta tesis a:**

**MIS PADRES:**

Lic. Enf. Rosa Elba Cabello Flores.  
Ing. Bonifacio Ramos López.

Con todo respeto y eterno agradecimiento por el apoyo que me brindaron y a quienes debo todo lo que soy, ya que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron en los momentos difíciles, en especial durante el transcurso de mis estudios de maestría.

**MIS HERMANOS:**

Lic. Enf. Ivonne Guadalupe  
Arq. José de Jesús  
Arq. Golber Gamaliel

A quienes agradezco su apoyo incondicional y estar siempre presentes conmigo.

**MI NOVIA:**

Q.F.B. Juana Elvira Mancilla Medina

A quien respeto y admiro, y quien me acompañó y apoyó tanto en los momentos gratos como en los difíciles en el transcurso de la maestría.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi mas sincero agradecimiento al:

**M.C. Horacio González Santos**

por sus valiosas sugerencias para la realización del presente trabajo, así como el interés brindado en la revisión del mismo.

Al

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
(CONACYT)**

por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría

A la División de Estudios de Postgrado, a través del Dr Ricardo González Alcorta; al Departamento de Ingeniería Ambiental, a través del Ing. Benjamín Limón Rodríguez.

A la empresa GRUPO DOMOS - ORVISA que permitió el uso de alguna información y equipo para el desarrollo de esta tesis, en especial al:

Ing. Rogelio José Villarreal Bouza.  
Ing. Rubén Ortega Durán  
Ing. José Gonzalo Muñoz Rodríguez.  
Ing. Oscar Fernández Castro

por el apoyo brindado.

A mis compañeros de estudio, con quienes compartí diversas experiencias en el transcurso de nuestros días de estudiantes de maestría:

I.Q. Eugenia Vázquez García.  
I.Q. Adriana Mendoza Argüello.  
Q.F.B. Juana Elvira Mancilla Medina.  
Q.F.B. Eugenia Ordoñez Zentella.  
Ing. Jesús Antonio Flores Ibarra.  
Biol. Miguel Ángel Cárdenas García.  
I.Q. Gilberto Sánchez Contreras.  
Ing. Bernardo Javier Moya López.  
Ing. José Luis Ochoa Delgado.  
Q.B.P. César Roberto Franco Anaya.  
Ing. Roberto Carlos Ortiz Díaz.  
I.Q. Rogelio Soto García.  
Ing. Adrián Sandoval Saqui.

A mis maestros:

M.C. David Fernández Camargo.  
Lic. Ricardo Pedraza García.  
Ing. Alfredo Núñez Cantú.  
Q.B.P. Nelly Santos García  
Q.F.B. Blanca Rodríguez Uribe.  
M.C. Jimmy Loaiza Navia.  
Ing. Benjamín Limón Rodríguez.  
Dr. Manuel Barbarín Castillo.  
Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín.  
Ing. Omar Huerta Granados.  
M.C. Horacio González Santos.  
Ing. Benito Muñoz Hernández.  
L.Q.I. Martha Herrejón Figueroa.  
Ing. Edgar Amauri Arteaga Balderas.  
Arq. Ramón Longoria Ramírez

que sin interés me aportaron sus experiencias y conocimientos, por lo que les estaré siempre agradecido.

A todo ellos.....

**GRACIAS.**

## CONTENIDO

	Página
<b>CAPÍTULO I</b>	
1.- Introducción.....	1
1.1.- Propósito General, Objetivos y Metas.....	4
1.2.- Políticas y Medios.....	4
1.3.- Alcances y Limitaciones del proyecto.....	5
1.4.- Marco Teórico - Metodológico.....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
2.- Antecedentes.....	7
<b>CAPÍTULO III</b>	
3.- El Medio físico y geográfico del municipio de Santiago, N.L.....	13
3.1.- Localización.....	14
3.2.- Extensión territorial.....	14
3.3.- Hidrografía.....	14
3.4.- Clima.....	15
3.5.- Orografía.....	15
3.6.- Clasificación y uso del suelo.....	15
3.7.- Marco social.....	16
3.7.1.- Población.....	16
3.7.2.- Educación, cultura, recreación y deporte.....	16
3.7.3.- Salud.....	17
3.7.4.- Vivienda.....	17
3.7.5.- Comunicaciones y transporte.....	17
3.7.6.- Servicios públicos.....	18
3.8.- Marco Económico.....	18
3.8.1.- Población económicamente activa.....	18
3.8.2.- Actividades económicas.....	18

## CAPÍTULO IV

4.- Descripción y Cálculo de un Sistema de alcantarillado para el fraccionamiento “San Andrés”.....	20
4.1.- Descripción del sistema de alcantarillado.....	21
4.1.1.- ¿Qué es un sistema de alcantarillado?.....	21
4.1.2.- Tipos de redes de alcantarillado.....	22
4.2.- Cálculo de la red de alcantarillado.....	22
4.2.1.- Proyecto de la red de alcantarillado.....	22
4.2.2.- Cálculo de la red de alcantarillado.....	30
4.3.- Plano de la red de alcantarillado.....	40

## CAPÍTULO V

5.- Los términos más comunmente utilizados en los sistemas de tratamiento biológicos de aguas residuales.....	41
5.1.- El Oxígeno Disuelto (OD).....	42
5.2.- La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	42
5.3.- Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	44
5.4.- Los Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	45
5.5.- Nutrientes.....	47
5.5.1.- El Carbón Orgánico Total (COT).....	47
5.5.2.- El Nitrógeno.....	47
5.5.3.- El Fósforo.....	49
5.6.- Potencial Hidrógeno (pH).....	50
5.7.- Las Grasas y Aceites.....	51
5.8.- Las Bacterias Coliformes.....	52

## CAPÍTULO VI

6.- Descripción del Sistema TF/SC utilizado en el diseño de una planta de tratamiento.....	53
6.1.- Generalidades.....	54
6.2.- Descripción de proceso TF/SC.....	55
6.2.1.- Conceptos de diseño de procesos.....	57
6.2.1.1.- Tratamiento primario.....	58
6.2.1.2.- Los Filtros percoladores.....	59
6.2.1.3.- El Tanque de Aireación y Contacto de Sólidos.....	61

6.2.1.4.- El Clarifloculador.....	64
6.3.- Resultados de la operación de plantas.....	66
6.4.- Crónica de desarrollos recientes.....	68
6.5.- Los Medios filtrantes en filtros percoladores.....	69
6.5.1.- Los Sistemas de drenaje inferior.....	71
6.5.2.- La Ventilación.....	72
6.6.- Evaluación de los medios plásticos en filtros percoladores.....	72
6.6.1.- Descripción.....	73
6.6.2.- Variaciones en el flujo según los medios.....	75
6.6.3.- Diseño.....	76
6.6.3.1.- La Remoción de DBO.....	76
6.6.3.2.- Limitación de Oxígeno.....	79
6.6.3.3.- El Taponamiento.....	80
6.7.- El Medio plástico tipo BIOdek.....	82
6.7.1.- Descripción general.....	83
6.7.2.- Aplicaciones especiales del medio BIOdek.....	85
6.7.3.- Soporte y estructura para el medio plástico BIOdek.....	88
6.7.4.- Especificaciones e instalación.....	89
<b>CAPÍTULO VII</b>	
7.- Descripción y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.....	91
7.1.- Bases y criterios de diseño.....	92
7.1.1.- Ubicación de la planta.....	92
7.1.2.- Tipo de agua residual a tratar.....	92
7.1.3.- Flujo.....	92
7.1.3.1.- Gasto máximo ( $Q_{max}$ ).....	93
7.1.3.2.- Gasto medio ( $Q_{med}$ ).....	93
7.1.3.3.- Gasto de diseño ( $Q_{diseño}$ ).....	94
7.1.4.- Caracterización del agua residual.....	94
7.1.5.- Normas de calidad.....	97
7.2.- Elementos que integran la planta de tratamiento de aguas residuales por diseñar.....	98
7.3.- Diagramas de flujo.....	98
7.3.1.- Diagrama de bloques.....	99
7.3.2.- Diagrama de proceso.....	100
7.4.- Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.....	101
7.4.1.- Rejillas de limpieza manual.....	101
7.4.2.- Desarenador.....	104
7.4.3.- Medidor Parshall.....	109
7.4.4.- Clarificador Primario.....	111
7.4.5.- Biotorre o Filtro Percolador con medio plástico.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. No. 1.- Corte típico de localización de una tubería de la red de alcantarillado.
- Fig. No. 2.- Detalle de una zanja para tubería de red de alcantarillado.
- Fig. No. 3.- Atarjea con presión cero.
- Fig. No. 4.- Esquema del Nomograma de Manning.
- Fig. No. 5.- Perfil de la tubería de drenaje y el terreno.
- Fig. No. 6.- Componentes del Nomograma de Manning.
- Fig. No. 7.- Croquis de trazo de una red de drenaje y localización de registros.
- Fig. No. 8.- Rejillas en el Canal de entrada.
- Fig. No. 9.- Sección transversal del Canal de entrada.
- Fig. No. 10.- Barras de la Rejilla (Elevaciones).
- Fig. No. 11.- Planta de Canal Desarenador.
- Fig. No. 12.- Sección transversal del Canal Desarenador
- Fig. No. 13.- Sección longitudinal de Canal Desarenador y Canal Parshall, Sección B-B de Planta.
- Fig. No. 14.- Sección longitudinal del Canal Desarenador y del Canal Parshall con las variables por calcular.
- Fig. No. 15.- Sección transversal del Canal Desarenador con los niveles mínimo y máximo de agua.
- Fig. No. 16.- Parte inferior del Canal Desarenador.
- Fig. No. 17.- Sección transversal de ambos Canales Desarenadores.
- Fig. No. 18.- Planta y Elevación del Medidor Parshall, dimensionadas.
- Fig. No. 19.- Área y dimensiones del Clarificador Primario.

Fig. No. 20.- Sección longitudinal del Clarificador Primario con las dimensiones de largo, altura hidráulica y pendiente de fondo.

Fig. No. 21.- Planta de canaleta y tipo de vertedores.

Fig. No. 22.- Canaleta

Fig. No. 23.- Longitud de la Canaleta y de los Vertedores.

Fig. No. 24.- Dimensiones de la Canaleta del Clarificador Primario.

Fig. No. 25.- Vertedor triangular.

Fig. No. 26.- Planta y sección del Clarificador Primario.

Fig. No. 27.- Dimensiones de la tolva del Clarificador Primario.

Fig. No. 28.- Área superior e inferior de la Tolva.

Fig. No. 29.- Sección transversal del canal efluente del Clarificador Primario.

Fig. No. 30.- Planta del arreglo de bioempaque plástico en la Biotorre y Sección transversal de la Biotorre.

Fig. No. 31.- Sección transversal del Canal efluente de la Biotorre.

Fig. No. 32.- Arreglo de los difusores en el Tanque de Aireación y Contacto de Sólidos.

Fig. No. 33.- Dimensiones del Digestor Anaeróbico de Lodos.

Fig. No. 34.- Dimensiones de los Lechos de Secado.

## ÍNDICE DE ANEXO A: NOMOGRAMAS Y TABLAS UTILIZADAS

- Anexo A. 1.-** Consumo de agua potable para edificación residencial y uso de instalaciones
- Anexo A. 2.-** Nomograma de la Fórmula de Manning para tubería de concreto con  $n = 0.013$ .
- Anexo A. 3.-** Variaciones del proceso TF/SC (Filtro Percolador/Contacto de Sólidos).
- Anexo A. 4.-** Resumen de algunos proyectos donde se utilizó el sistema TF/SC.
- Anexo A. 5.-** Sección transversal de Clarificador Primario.
- Anexo A. 6.-** Desempeño de tratamiento primario.
- Anexo A. 7.-** Efecto de la Carga Hidráulica y Número de módulos en la eficiencia del Filtro Percolador o Biotorre.
- Anexo A. 8.-** Predicción de la remoción de la  $DBO_5$  soluble en Tanque de Aireación y Contacto de Sólidos.
- Anexo A. 9.-** Sección transversal de Clarifloculador.
- Anexo A. 10.-** Curvas de desempeño para Clarificador convencional y Clarifloculador.
- Anexo A. 11.-** Datos de diseño para 5 plantas operando con el sistema TF/SC.
- Anexo A. 12.-** Desempeño de la planta de tratamiento de Corvallis.
- Anexo A. 13.-** Desempeño de la planta de tratamiento de Eureka.
- Anexo A. 14.-** Desempeño de la planta de tratamiento de Garland.
- Anexo A. 15.-** Desempeño de la planta de tratamiento de la ciudad de South Salt Lake.
- Anexo A. 16.-** Desempeño de la planta de tratamiento de Sunnyside.
- Anexo A. 17.-** Resumen de los resultados del estudio de la planta piloto de Omaha.

- Anexo A. 18.-** Medios filtrantes típicos para filtros percoladores.
- Anexo A. 19.-** Propiedades físicas de los medios filtrantes de los filtros percoladores.
- Anexo A. 20.-** Sistemas de drenaje inferior para filtros de piedra.
- Anexo A. 21.-** Sistema de drenaje inferior típico de un filtro de torre.
- Anexo A. 22.-** Planta de un plan piloto.
- Anexo A. 23.-** Concentración promedio de los parámetros del influente del estudio piloto.
- Anexo A. 24.-** Tipos de medios comparados.
- Anexo A. 25.-** Resumen de desempeño de los filtros percoladores de 6.10 m para los períodos de prueba 1, 2 y 3.
- Anexo A. 26.-** Resumen de desempeño de los filtros percoladores de 3.00m para los períodos de prueba 1 y 2.
- Anexo A. 27.-** Resumen de desempeño de los filtros percoladores de 6.10 m para los períodos de prueba 4, 5 y 6.
- Anexo A. 28.-** Resumen de desempeño de los filtros percoladores de 3.00 m para los períodos de prueba 3,4 y 5.
- Anexo A. 29.-** Carga de la DBO soluble contra la remoción de la DBO soluble en las torres de 6.10 m y 3.00 m con medios CF 60°.
- Anexo A. 30.-** Perfil de la DBO soluble a través de los medios VF y CF 60° con una carga hidráulica de 2.3 m/h.
- Anexo A. 31.-** Coeficientes cinéticos para varios tipos de medios.
- Anexo A. 32.-** Comparación de valores de “k” de varios estudios con filtros percoladores usando  $n = 0.5$
- Anexo A. 33.-** Acumulación de sólidos en medio CF 60° en los primeros 1.20 m de la parte superior del filtro percolador operado seis semanas con  $1.30 \text{ Kg/m}^3$  de DBO total.
- Anexo A. 34.-** Remoción de amonio en medios a 45° y medio al azar.

- Anexo A. 35.-** Módulo de medio plástico tipo CF (Crossflow) BIOdek.
- Anexo A. 36.-** Flujo a través del medio plástico BIOdek.
- Anexo A. 37.-** Aplicación de diversos medios BIOdek.
- Anexo A. 38.-** Comparación de eficiencias de Filtros Percoladores de oca y Filtros Percoladores con BIOdek.
- Anexo A. 39.-** Arreglo típico de una Biotorre.
- Anexo A. 40.-** Comparación del tiempo de retención entre un medio plástico BIOdek y un medio plástico de hojas verticales a una profundidad de 10 ft.
- Anexo A. 41.-** Curva de desempeño para remoción en porciento de  $\text{DBO}_5$  y para varias cargas en aguas residuales municipales.
- Anexo A. 42.-** Tratamiento secundario completo
- Anexo A. 43.-** Sistema TF/SC (Filtro Percolador/Contacto de Sólidos).
- Anexo A. 44.-** Pretratamiento.
- Anexo A. 45.-** Nitrificación en medios BIOdek.
- Anexo A. 46.-** Curva de desempeño para nitrificación.
- Anexo A. 47.-** Desnitrificación en medios BIOdek.
- Anexo A. 48.-** Reducción de nitratos en sobreflujos de Biofiltros.
- Anexo A. 49.-** Torre para Oxidación de olores.
- Anexo A. 50.-** Remoción de  $\text{H}_2\text{S}$  a través del arreglo.
- Anexo A. 51.-** Sistema de soporte para medios plásticos BIOdek.
- Anexo A. 52.-** Biotorre circular.
- Anexo A. 53.-** Biotorre rectangular.
- Anexo A. 54.-** Factores punta para caudales de aguas residuales domésticas.
- Anexo A. 55.-** Valores de  $\beta$  debidos a Kirschmer.

- Anexo A. 56.-** Curvas para determinación de profundidad crítica en canales.
- Anexo A. 57.-** Fórmulas para vertedores Parshall.
- Anexo A. 58.-** Dimensiones típicas de medidores Parshall.
- Anexo A. 59.-** Límites de aplicación de medidores Parshall.
- Anexo A. 60.-** Información típica para diseño de tanques sedimentadores primarios.
- Anexo A. 61.-** Recomendaciones generales para tanques sedimentadores de agua residual doméstica.
- Anexo A. 62.-** Criterios de diseño para filtros percoladores con medios plásticos.
- Anexo A. 63.-** Datos obtenidos durante períodos de prueba en otoño e invierno.
- Anexo A. 64.-** SST en el influente vs. SST en el efluente de filtros percoladores de 3.00 m y 6.10 m de altura con varios medios.
- Anexo A. 65.-** Información típica de proyecto para combinaciones de procesos de tratamiento aerobios.
- Anexo A. 66.-** Difusores de la marca DIFFUSED GAS TECHNOLOGIES INC.
- Anexo A. 67.-** Modelos de Sopladores DUROFLOW.
- Anexo A. 68.-** Dimensiones de los Sopladores.
- Anexo A. 69.-** Dimensiones comerciales del Clarifloculador.
- Anexo A. 70.-** Sección transversal de Clarifloculador.
- Anexo A. 71.-** Detalles constructivos de un Clarifloculador.

- Anexo A. 72.-** Concentraciones típicas de fangos sin espesar y espesados y cargas de sólidos para espesadores por gravedad.
- Anexo A. 73.-** Criterios de proyecto típicos para el dimensionamiento de digestores anaeróbicos.
- Anexo A. 74.-** Valores típicos de las superficies necesarias para lechos de secado abiertos.
- Anexo A. 75.-** Dosis para diversas aplicaciones de la clorinación, colección, tratamiento y evacuación del agua residual.

## PRÓLOGO

En nuestros días, el agua se ha convertido en un elemento natural cada vez más importante, dado que en cierto modo hemos sobreexplotado los acuíferos y las represas ya no son suficientes para abastecer a la población; de ahí la importancia de reciclar el agua, sometiéndola a un tratamiento específico, para su reúso. El reusar el agua ya tratada disminuye las demandas de volúmenes de las poblaciones hacia las fuentes de abastecimiento y, en algunas empresas, esto se refleja en la disminución de los costos de operación.

En los últimos años se han desarrollado numerosos sistemas de tratamiento de aguas residuales, dependiendo del origen y características de éstas. Existen sistemas para el tratamiento de aguas residuales industriales que se adecuan de acuerdo al proceso de la empresa y los desechos producidos.

El sistema de tratamiento que se desarrolla en esta tesis lleva el nombre de “Bio-DOM TF/SC”, y se realizó con base en el sistema conocido como TF/SC; llamado así por sus siglas : TF.- Trickling Filter (Filtro Percolador), SC.- Solid Contacts (Contacto de sólidos). El tipo de aguas residuales a tratar con este sistema es de origen doméstico, pero puede ser utilizado también en el tratamiento de agua residual industrial, estudiando debidamente cada caso particular.

El desarrollo de este trabajo aporta una alternativa más a los numerosos sistemas empleados para el tratamiento del agua residual doméstica sanitaria y da a conocer los aspectos más importantes del proceso que se sigue en el tratamiento elegido.