

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE SEDIMENTACION  
DE LODOS PRODUCIDOS EN DOS SISTEMAS DE BIODISCOS

TESIS PRESENTADA POR  
DOLORES GUERRA ALVAREZ  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
INGENIERIA AMBIENTAL  
DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ALEJANDRO RAMIREZ ALCAZAR

MONTERREY, N. L.

ABRIL DE 1988

TM

Z6834

.C5

FIC

1988

R3

COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE SEDIMENTACION  
SOCIOECONOMICA DE LOS PRODUCTOS EN LOS SISTEMAS DE BIODISCO



1020091176

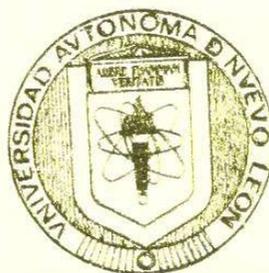
201



DIRECCION GENERAL DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

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



**COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE SEDIMENTACION  
DE LODOS PRODUCIDOS EN DOS SISTEMAS DE BIODISCOS**

TESIS PRESENTADA POR  
DOLORES GUERRA ALVAREZ  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
INGENIERIA AMBIENTAL  
DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ALEJANDRO RAMIREZ ALCAZAR



MONTERREY, N. L.

ABRIL DE 1988

Mi más sincero agradecimiento:

A mis padres y hermanos, por su apoyo y estímulo.

Al Dr. Alejandro Ramírez Alcazar, director de esta tesis por sus consejos y valiosa asesoría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico durante mis estudios.

Al Instituto de Ingeniería y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ciudad Universitaria, UNAM, por su apoyo económico y por las facilidades brindadas en sus instalaciones para la realización del trabajo experimental.

A los Ingenieros Horacio González Santos, Ricardo Salgado Gutiérrez y David Fernández Camargo, por sus aportaciones a mi formación profesional.

Al Dr. Miryoussef Norouzian, por su asesoría en el desarrollo experimental del presente trabajo, por sus consejos y por motivar en mí el deseo de superación, por su confianza e inapreciable amistad.

Al Dr. Simón González Martínez, por sus consejos y apoyo incondicional en todo momento.

A los Ingenieros Ana Victoria Alcántara Gutiérrez, Esperanza Ramírez Camperos, Gabriel Elías Castro, Ma. Magdalena Cantú García y Rúben Sánchez Rangel que en una u otra forma me tendieron la mano para la realización de esta tesis; y porque siempre han reflejado hacia mí el buen sentido de compañerismo y amistad.

A mis maestros, compañeros y amigos.

# I N D I C E

	página
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. ALCANCES Y OBJETIVOS	4
3. DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM	6
3.1 <i>Antecedentes</i>	6
3.2 <i>Procesos de tratamiento</i>	7
4. DISCOS BIOLOGICOS	12
4.1 <i>Introducción</i>	12
4.2 <i>Descripción del proceso de biodiscos</i>	13
4.3 <i>Historia y desarrollo del proceso de biodiscos</i>	14
4.4 <i>Microbiología en el proceso de biodiscos</i>	16
4.5 <i>Factores que afectan la eficiencia del proceso de biodiscos</i>	19
4.6 <i>Ventajas y desventajas</i>	29
4.7 <i>Descripción del sistema de biodisco convencional de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U.</i>	33
4.8 <i>Descripción del sistema de biodisco estructural- mente modificado</i>	39

	página
4.9 <i>Comparación del biodisco convencional con el biodisco estructuralmente modificado</i>	41
5. <b>TEORIA DE SEDIMENTACION</b>	47
5.1 <i>Introducción</i>	47
5.2 <i>Tipos de sedimentación</i>	48
5.3 <i>Sedimentación de partículas discretas</i>	50
5.4 <i>Sedimentación de partículas floculentas</i>	51
5.5 <i>Concepto del tanque de sedimentación ideal</i>	53
5.6 <i>Pruebas de sedimentación en columna</i>	59
5.6.1 <i>Obtención de los parámetros de diseño para el sedimentador secundario</i>	63
5.6.2 <i>Ejemplo de diseño de un sedimentador secundario</i>	72
5.7 <i>Tipos de tanques de sedimentación</i>	74
5.8 <i>Normas de diseño</i>	79
5.9 <i>Remoción de sólidos suspendidos en el proceso de discos biológicos</i>	82
5.10 <i>Descripción del sedimentador secundario del proceso de biodisco convencional de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U.</i>	86
6. <b>MATERIALES Y METODOS</b>	89
6.1 <i>Equipo experimental</i>	89
6.2 <i>Procedimiento experimental</i>	90

	página
7. RESULTADOS	92
7.1 Comparación de las características de sedimentación	93
7.2 Parámetros de diseño experimentales para sedimentadores finales de discos biológicos	98
7.3 Diseño del sedimentador secundario	106
7.3.1 Determinación de los factores de seguridad	106
7.3.2 Cálculo del sedimentador secundario	121
8. CONCLUSIONES	126
9. REFERENCIAS	129
ANEXO I	134
ANEXO II	155

## INDICE DE FIGURAS

	página
FIGURA	
3.1 Diagrama de flujo de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U.,UNAM (1)	8
4.1 Diagrama de flujo del proceso de biodiscos (2)	13
4.2 Representación gráfica de la cinética según el modelo de Stover y Kincannon (30)	23
4.3 Condiciones límite de la carga orgánica para una operación segura (31)	24
4.4 Diagrama esquemático del biodisco convencional	34
4.5 Biodisco estructuralmente modificado (14)	40
4.6 Localización de los puntos de muestreo para biodisco convencional (1)	44
4.7 Localización de los puntos de muestreo para biodisco modificado (14)	44
5.1 Relación entre el coeficiente de arrastre ( $C_D$ ) y el Número de Reynolds ( $N_{RE}$ ) (54)	51
5.2 Trayectoria de sedimentación de dos partículas que flocculan en un tanque de flujo horizontal (47)	52
5.3 Modelo del tanque de sedimentación ideal	55
5.4 Columna de sedimentación (51)	61

FIGURA	página
5.5 Curvas de iso-porcentaje de remoción (10)	61
5.6 Curvas de iso-porcentaje de remoción	66
5.7 Sólidos suspendidos totales removidos (%SST) vs. tiempo de retención	71
5.8 Sólidos suspendidos totales removidos (%SST) vs. carga hidráulica superficial	71
5.9 Configuraciones típicas del clarificador circular (57)	75
5.10 Clarificador circular (57)	77
5.11 Configuraciones típicas del clarificador rectangular (63)	78
5.12 Esquema parcial del sedimentador secundario del sistema de biodisco convencional (43)	87
7.1 Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. tiempo de retención para el Biodisco Convencional	99
7.2 Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. tiempo de retención para el Biodisco Modificado	100
7.3 Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. carga hidráulica superficial para el Biodisco Convencional	101
7.4 Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. carga hidráulica superficial para el Biodisco Modificado	102

## FIGURA

7.5	Curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	111
7.6	Curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	111
7.7	Curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	112
7.8	Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. carga hidráulica superficial para Biodisco Convencional	114
7.9	Sólidos suspendidos totales removidos (% SST) vs. tiempo de retención para Biodisco Convencional	115
1-30 A	Curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	158
1-30 B	Curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Modificado	171

## INDICE DE TABLAS

TABLA	página
3.1 Características físico-químicas y biológicas del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U. (9)	9
4.1 Calidad físico-química del agua afluente al sistema de biodisco convencional (41)	36
4.2 Calidad físico-química del agua efluente del sis- tema de biodisco convencional después de sedimen- tación secundaria (41)	37
4.3 Valores diarios de operación de los parámetros de control del sistema de biodisco convencional en el mes de Febrero de 1985 (41)	38
4.4 Resumen estadístico de los datos obtenidos en la evaluación del Biodisco Convencional (1)	42
4.5 Resumen estadístico de los datos obtenidos en la evaluación del Biodisco Modificado (14)	43
5.1 Prueba de sedimentación No. 13 Concentración de SST	65
5.2 Porcentaje de remoción de SST	65
5.3 Velocidad de sedimentación para H=1.80 m	68
5.4 Remoción total de SST (%)	68
5.5 Carga hidráulica superficial	68

## TABLA

5.6	Clasificación de los tanques de sedimentación (53)	76
5.7	Parámetros de diseño para clarificadores secundarios	81
5.8	Parámetros de diseño del clarificador secundario para el proceso de biodisco convencional (7)	83
5.9	Criterios de operación para clarificador secundario del proceso convencional de discos biológicos	85
7.1	Resultados de las pruebas de sedimentación para Biodisco Convencional	108
7.2	Resultados del análisis de las curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	113
7.3	Factores de seguridad experimentales para carga hidráulica superficial	118
7.4	Factores de seguridad experimentales para tiempo de retención hidráulico	118
7.5	Diseño del sedimentador secundario para Biodisco Convencional utilizando diferentes factores de seguridad. Concentración de SST de 130-169 mg/l para 88% de remoción de SST	123
7.6	Diseño del sedimentador secundario para Biodisco Modificado utilizando diferentes factores de seguridad. Concentración de SST de 120-179 mg/l para 88% de remoción de SST	124

## TABLA

1.A y 2.A	Resultados experimentales de las pruebas de sedimentación para Biodisco Convencional	135
1.B y 2.B	Resultados experimentales de las pruebas de sedimentación para Biodisco Modificado	143
3	Resultados del análisis de las curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Convencional	151
4	Resultados del análisis de las curvas de iso-porcentaje de remoción para Biodisco Modificado	153

## NOMENCLATURA

CaCO <sub>3</sub> ,	Carbonato de calcio
CHS,	Carga hidráulica superficial
Cl <sup>-</sup> ,	Cloruros
DBO,	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO,	Demanda química de oxígeno
GPD,	Galones por día
GYA,	Grasas y aceites
H,	Profundidad
HP,	Horsepower
mg,	Miligramos
MGD,	Millón de galones por día
ml,	Mililitro
N-NH <sub>3</sub> ,	Nitrógeno amoniacal
NMP/100 ml,	Número más probable de coliformes totales en 100 mililitros
OD,	Oxígeno Disuelto
pH,	Potencial de hidrógeno
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ,	Fosfatos totales
Q,	Gasto
rpm,	Revoluciones por minuto
SAAM,	Sustancias activas al azul de metileno
S. Sed.,	Sólidos sedimentables
SST,	Sólidos suspendidos totales
SSV,	Sólidos suspendidos volátiles
SQFT,	Pies cuadrados
STT	Sólidos totales
STV,	Sólidos totales volátiles
T,	Temperatura
lb,	Libra
∅,	Diámetro

## R E S U M E N

Se realizaron pruebas de sedimentación en columna con el objeto de determinar las características de sedimentación de los lodos producidos en dos diferentes sistemas de biodiscos. Los resultados mostraron que los lodos producidos en el Biodisco Convencional sedimentan como partículas discretas y partículas flocculentas en una proporción de 50%. En cambio, en el Biodisco Estructuralmente Modificado predomina la sedimentación flocculenta en el 70% de las pruebas en intervalos de remoción de SST que varían de 20-40%. El proceso de sedimentación se efectúa sin que se presente la sedimentación interferida o por zonas. Se encontró que la velocidad de giro, el tipo de soporte y las características físicoquímicas del agua residual afluyente afectan la sedimentación de los lodos. Las curvas de diseño para carga hidráulica superficial muestran que para cargas hidráulicas superficiales menores de  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$  y un mínimo de 80% de remoción de SST, el diseño del clarificador sólo depende de la carga superficial y es independiente de la concentración de los sólidos suspendidos afluentes. Aunque se evaluaron pocos datos, para estos sistemas se encontró que hay que aplicar factores de seguridad de 3.87 a los datos de carga hidráulica superficial y de 8.70 a los datos de tiempo de retención derivados de pruebas de sedimentación en columna.