

01121
42



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE
TRATAMIENTO AEROBIO DE AGUAS RESIDUALES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

EURIDICE (FUENTES DEL RIO

DIRECTOR DE TESIS: M.C. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS

MEXICO, D. F.

2003

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



REPUBLICA NACIONAL
GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCGT/SEAC/UTIT/046/01

Señorita
EURÍDICE FUENTES DEL RÍO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.C. **CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO AERÓBIO DE AGUAS RESIDUALES"

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES
- III. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO
- IV. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO
- V. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA/HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 17 de marzo de 2001.
EL DIRECTOR

M. C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

Autentico a la Dirección General de la UNAM a difundir en formato electrónico el contenido de mi trabajo.
NOMBRE: **Euridice Fuentes del R'io**

FECHA: **17-03-03.**
FIRMA: **ZVI**

Dedico este trabajo a mis padres Geno y Daniel que con todo su cariño, dedicación, ejemplo y apoyo me han ayudado a alcanzar esta meta, gracias los admiro y quiero mucho.

A mis hermana Talia gracias por todo, por cuidarme, y quererme tanto, escucharme en todas esas noches a pesar del cansancio y demas, apoyarme, te quiero mucho. José Luis, gracias por todo.

A mi hermano Daniel por toda esa tolerancia, cariño que sin palabras siempre has demostrado, con todo mi cariño.

A mis abuelos Néstor y Emma

A mi abuela Virginia

Mil gracias a mis amigos, el personal de la oficina, a cada uno de sus miembros por sus platicas, compañía, amistad y sobre todo por esos grandes momentos en la facultad, por todo lo que me enseñaron, los quiero mucho, ustedes saben quienes son.

A mis amigas, Rubría, por esas grandes platicas con gorditas, Ana mil gracias por todo sobre todo por ser mi amiga, a Vicky y Nancy mil gracias, Riccl..... gracias!!!!

A todos los miembros antiguos y actuales del equipo de esgrima de la UNAM, por todas esas enseñanzas, buenos momentos, etc y el tiempo que compartimos juntos, GRACIAS

A Juan Carlos y Jorge por toda esa paciencia infinita y tolerancia que han tenido conmigo, aguantame en los buenos y malos momentos.

A Holda, por todo ese cariño, y paciencia, amistad y consejos, por escucharme y apoyarme en todas mis locas ideas, Holda, por todas esas ocurrencias, el cariño y la fe y esos malentendidos que a veces hemos tenido y las protestas, y por esas porras, Regis, por esas porras, por tus platicas y Pao, gracias por todo tu cariño, esas estrategias que nunca hicimos pero como me divertieron y alegraron, por ser tan linda, las quiero mucho.

A Irving (Polimer) por su infinita paciencia, tolerancia etc. mil gracias por ser y estar, tqm

Al MC Constantino Gutiérrez Palacios por el apoyo y paciencia para la realización de este trabajo,

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad que me dio de vivir esta experiencia y formación no solo profesional sino como ser humano.

Gracias Dios por permitirme alcanzar esta meta

**"Al combate a la victoria
pues pienso escribir
con gloria,
mi nombre en la historia"**

Néstor del Río

INDICE

	Página
Índice de Tablas.....	III
Índice de Figuras.....	V
Glosario de Términos.....	VII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I Antecedentes.....	3
1.1 Niveles de Tratamiento de las Aguas Residuales.....	4
1.1.1 Pretratamiento y Tratamiento Primario.....	5
1.1.2 Tratamiento Secundario.....	5
1.1.2.1 Tratamiento aerobios.....	5
1.1.2.2 Tratamientos anaerobios.....	9
1.1.3 Tratamiento Terciario.....	10
1.1.4 Desinfección.....	12
1.1.5 Tratamiento y Acondicionamiento de Lodos.....	13
1.2 Tipos de Sistemas de Tratamiento.....	16
1.3 Unidades Principales Que Conforman las Plantas de Tratamiento.....	18
1.3.1 Pretratamiento y Tratamiento Primario.....	18
1.3.2 Tratamiento Secundario.....	21
1.3.3 Equipo de Bombeo.....	28
1.3.4 Unidad de Desinfección.....	35
1.3.5 Unidad de Tratamiento y Acondicionamiento de Lodos.....	36
Capítulo II Operación de sistemas de tratamiento de Aguas Residuales.....	47
2.1 Puesta en Marcha de la Planta.....	47
2.1.1 Capacitación.....	47
2.1.2 Revisión Final de la Planta.....	49
2.1.2.1 Pruebas Hidrostáticas.....	54
2.1.3 Puesta en Marcha de la Planta.....	55
2.2 Parámetros e Indicadores (Físicos, Químicos y organolépticos).....	57
2.2.1 Parámetros Físicos.....	58
2.2.2 Parámetros Químicos.....	59
2.2.2.1 Parámetros Químicos Orgánicos.....	59
2.2.2.2 Parámetros Químicos Inorgánicos.....	60
2.2.3 Parámetros Biológicos.....	61
2.3 Condiciones Normales de Operación.....	66
2.4 Control de la Eficiencia del Tratamiento.....	69
2.4.1 Cuantificación del Desempeño.....	78
2.5 Problemas más Frecuentes en la Operación.....	82
2.5.1 Problemas en el Pretratamiento.....	82
2.5.2 Problemas mas comunes en el Tratamiento Primario.....	85
2.5.3 Problemas en el Tratamiento Secundario.....	88
2.5.3.1 Problemas en el Tanque de Aireación.....	88
2.5.3.2 Problemas en el Sedimentador Secundario.....	96
2.5.4 Problemas Electromecánicos.....	116
2.5.5 Problemas Comunes en la Estación de Bombeo.....	118
2.5.6 Problemas Mas Comunes en la Cloración.....	119
2.5.7 Problemas en el Tratamiento de Lodos.....	121
2.5.7.1 Espesamiento de Lodos.....	121
2.5.7.2 Estabilización de Lodos.....	123
2.5.7.3 Secado de Lodos.....	132
2.6 Funcionamiento Hidráulico Inadecuado.....	137

Capítulo III Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento de AR.....	142
3.1 Conceptos de Mantenimiento	142
3.2 Mantenimiento Preventivo	142
3.2.1 Mantenimiento del Equipo	143
3.2.2 Conservación de Edificios, Tanques, Canales y Jardines	154
3.3 Mantenimiento Correctivo	156
3.4 Programas de Mantenimiento	156
3.5 Rehabilitación de Plantas de Tratamiento	162
3.5.1 Situación Actual de las Plantas de Tratamiento de AR en México.	165
3.6 Mantenimiento Correctivo de las Estructuras	170
Capítulo IV Manuales de Operación y Mantenimiento	179
4.0 Manuales de Operación y Mantenimiento	179
4.1 Objetivos	179
4.2 Contenidos Generales	180
4.3 Elaboración	189
4.4 Actualización	189
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones	191
Bibliografía	194

Índice De Tablas

Tabla 1.1 Niveles De Tratamiento De Aguas Residuales.....	3
Tabla1.2 Características De Los Lodos Que Se Producen Durante El Tratamiento Del Agua.....	14
Tabla 1.3 Procesos De Tratamiento Y Manejo De Lodos	15
Tabla 1.4 Operaciones, Procesos Y Sistemas De Tratamiento Utilizados Para La Remoción De Los Principales Contaminantes Presentes En El Agua Residual Municipal.....	17
Tabla2.1 Arranque De Una Planta.....	47
Tabla2.2 Parámetros Sugeridos A Monitorear.....	65
Tabla2.3 Frecuencias De Monitoreo De OD	66
Tabla 2.4 Requerimientos De Aire Para Sistemas Por Difusión Y Aireación Mecánica	67
Tabla 2.5 Procedimientos Estandar Para Control Del Flujo De Recirculación De Lodos Activados (RAS).....	68
Tabla 2.6 Problemas Más Comunes En Las Rejillas.....	83
Tabla 2.7 Problemas Mas Comunes En Los Tanques Sedimentadores.....	84
Tabla . 2.8 Problemas De Diseño Mas Frecuentes.....	85
Tabla 2.9 Guía De Problemas Más Comunes Para Sedimentadores Primarios.....	86
Tabla 2.10 Concentraciones Permisibles De Metales Pesados En El Proceso De Lodos Activados	100
Tabla 2.11 Problemas Mas Comunes En Los Tanques De Aireación.....	104
Tabla 2.12 Problemas De Espuma	106
Tabla 2.13 Problemas De Arrastre De Sólidos.....	109
Tabla 2.14 Guia De Problemas Por Abultamiento De Lodo.....	111
Tabla 2.15 Guía De Problemas De Elevación De Lodo En Bolas.(Clumping Sludge)	112
Tabla 2.16 Guía De Problemas De Efluente Secundario Nebuloso.....	113
Tabla 2.17 Guia De Problemas De "Cenizas Y Partículas Pequeñas De Lodo Flotantes (Ashing, Pinpoint Floc, Straggler Floc.)	115
Tabla 2.18 Problemas Con Sopladores Mecánicos Y Como Corregirlos.....	116
Tabla 2.19 Problemas Comunes Con Los Aireadores Mecánicos Superficiales Y Como Corregirlos	117
Tabla 2.20 Revisiones De Rutina Y Problemas Para La Cloración.....	119
Tabla 2.21 Problemas En Los Espesadores	122
Tabla 2.22 Problemas Comunes En La Digestion Aerobia	125
Tabla 2.23 Problemas Mas Comunes En La Digestión Anaerobia De Lodos.....	127
Tabla 2.24 Problemas Operacionales Comunes De Los Lechos De Secado	132
	133

Tabla 2.25 Causas Y Prevención De Problemas Operacionales De Filtros Banda De Prensa.....	
Tabla 2.26 Problemas En La Centrifugación.....	135
Tabla 3.1 Mantenimiento Rutinario Para Motores.....	144
Tabla 3.2. Mantenimiento Rutinario Para Los Cojinetes.....	145
Tabla 3.3. Mantenimiento Rutinario Para Válvulas.....	146
Tabla 3.4 Mantenimiento Rutinario Para Los Sellos Y Empaques.....	148
Tabla.3.5 Mantenimiento Rutinario Para La Transmisión.....	148
Tabla 3.6 Mantenimiento Rutinario Para Generadores De Emergencia.....	149
Tabla 3.7 Mantenimiento Rutinario Para Coples E Impulsores.....	149
Tabla 3.8 Mantenimiento Rutinario Para Los Sopladores.....	151
Tabla 3.9 Mantenimiento Rutinario Para Los Cabezales De Distribución (Air Headers).....	152
Tabla 3.10 Mantenimiento Rutinario Para Los Difusores.....	152
Tabla 3.11 Inventario Nacional De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Municipales.....	166
Tabla 3.12 Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Construidas En 2000.....	168
Tabla. 3.13 Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Municipales 1992-2000..	168
Tabla 3.14 Daños que Se Presentan En Las Estructuras de Concreto y sus Técnicas de Reparación	170
Tabla 4.1 Programa De Respuesta A Emergencias Durante Desastres Y Accidentes.....	188

Índice de Figuras

Fig. 1.1 Proceso Típico de lodos activados.....	6
Fig. 1.2 .Proceso convencional de lodos activados.....	6
Fig. 1.3. Proceso de lodos activados mezcla completa	7
Fig. 1.4 Aireación escalonada.....	7
Fig. 1.5 Estabilización por contacto.....	8
Fig. 1.6 Rejillas de limpieza automática.....	19
Fig. 1.7 .Desarenadores a) Sección de un desarenador de flujo horizontal; b) sección transversal de un desarenador aireado	20
Fig. 1.9. Arreglo de difusores de tubo y su funcionamiento	22
Fig. 1.10 Tanque de aireación con difusores tipo domo (de Aerocor, co.).....	22
Fig. 1.11 Aireadores mecánicos, derecha: tanque vacío; derecha, aireadores funcionando	24
Fig. 1.12. Tanques de aireación trabajando.....	25
Fig. 1.13. Mecanismo rascador de un tanque circular	28
Fig. 1.14 Tipos de Tanques de Sedimentación secundaria a) Circulares, b) rectangulares parcialmente cubiertos.....	28
Fig. 1.15 Bombas utilizadas en el bombeo de aguas residuales a) Bomba centrífuga vertical de flujo radial para aguas residuales, b) Bomba centrífuga vertical de flujo mixto	30
Fig. 1.16 Bombas tornillo.....	32
Fig. 1.17. Bomba de emulsión por aire (air-lift) típica.....	34
Fig. 1.18 Tanques de Cloración.....	35
Fig. 1.19 Espesadores mecánicos	38
Fig. 1.20 Proceso de digestión de dos fases	41
Fig. 1.21 Lechos Típicos de secado	45
Fig. 2.1 Predominancia de Ciliados, flagelados y amibas en el agua residual, y su relación con la calidad y sedimentación del lodo	76
Fig. 2.2 Microorganismos importantes del lodo activado	77
Fig. 2.3 Ejemplo de una Grafica con un alto MCRT (lodo Viejo).....	81

Fig. 2.4 Espuma normal en el tanque de aireación, pequeñas cantidades de espuma blanca y tersa.....	91
Fig. 2.5 Espuma blanca y fina debido a un lodo joven y sobreoxidado , causada por desecho excesivo.....	94
Fig. 2.6 Espuma Café y grasosa, es un lodo viejo y sobreoxidado causado aquí por desecho insuficiente	95
Fig. 2.7 Abultamiento de lodo causado por desecho de lodo en exceso.....	98
Fig. 2.8 Fuga de pequeños flocúlos en el sedimentador secundario (Ashing).....	101
Fig. 2.9 Guía de problemas, de acuerdo a la prueba de sedimentabilidad.....	103
Fig. 2.10 Perfil Hidráulico de una planta de Tratamiento.....	138
Fig. 3.1 Ejemplo de una tarjeta de inventario de una bomba Worthington	158
Fig. 3.2 Ejemplo de Tarjeta de Mantenimiento de una Bomba Worthington.....	159
Fig. 3.3 Ejemplo de una hoja de Mantenimiento diario.....	159
Fig. 3.4 Tarjetas de Partes de Repuesto	160
Fig. 3.5 Tarjetas de la bitácora de mantenimiento	161
Fig. 3.6 Tanque de almacenamiento de aguas tratadas dañado por flotación	177
Fig. 3.7 Canal de concreto desnivelado por el peso del terraplén	178
Fig. 4.1 Organigrama de una planta de tratamiento.....	183
Fig. 4.2 Detalle de un eyector en una ficha de equipo	184

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A continuación se presentan algunos conceptos que se usaran en el trabajo o son necesarios para la comprensión de este:

Aguas Residuales: Son aquellas provenientes o generadas por alguna actividad humana, al hacer uso del agua potable, o agua de primer uso, a las cuales le son agregados materiales substancias, elementos, o energía, que modifican sus características físicas, químicas y bacteriológicas, degradando normalmente la calidad inicial.

Aguas Crudas: Son las aguas residuales sin tratamiento.

Contaminantes: Son aquellos parámetros o compuestos que, en determinadas concentraciones, pueden producir efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Límite máximo permisible: Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

Muestra compuesta: La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en las normas oficiales mexicanas.

Muestra simple: La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos el volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

Parámetro: Variable que se utiliza como la referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

Contaminantes básicos: Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas

Contaminantes patógenos y parasitarios: Son los microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. Según las Normas Oficiales Mexicanas sólo se consideran los coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 (número mas probable o unidades formadoras de colonias por cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro)

Tratamiento de aguas residuales: Es la aplicación de procesos físicos, químicos, biológicos, o la combinación de ellos, que se aplican a las aguas residuales, para

remover los materiales, sustancias y elementos contaminantes que fueron agregados al hacer uso del agua limpia. Estos procesos se llevan a cabo en instalaciones diseñadas para este fin

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales: Es el conjunto de instalaciones y estructuras que se diseñan para remover los elementos contaminantes de las aguas residuales mediante la aplicación de procesos físicos, químicos, biológicos o la combinación de ellos en condiciones controladas.

Estudio de Caracterización de las aguas residuales: Es un estudio que se lleva a cabo en laboratorio para determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas residuales. Estos resultados se utilizan para:

- Compararlos con la normatividad y determinar los parámetros que no cumplan
- Determinar los tipos de contaminantes cuya concentración se desea limitar y orientar el tipo de proceso más adecuado para su remoción
- Determinar los procesos tentativos más adecuados para tratar las aguas residuales

Pruebas de Tratabilidad: Son estudios que se llevan a cabo a nivel piloto en laboratorio simulando los procesos de tratamiento con unidades a escala, con el fin de comprobar si el o los procesos propuestos, son factibles y eficaces de acuerdo a los objetivos de tratamiento planeados.

Condiciones particulares de descarga: Conjunto de valores numérico con sus unidades de medición correspondiente de los parámetros que establece la CNA y que deben cumplir como valor límite, los responsables de alguna descarga de aguas residuales.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

INTRODUCCIÓN

Con el incremento poblacional y la diversificación de los procesos industriales, un creciente número de contaminantes son dispuestos en los cursos de agua, acumulándose en lagunas, lagos, ríos y mares, contaminándolos, reduciendo las diversas fuentes de abastecimiento y como consecuencia la disponibilidad de agua. Siendo el agua vital para todas las formas de vida, resulta como consecuencia un gran problema, el cual ha creado preocupación en los gobiernos, buscando alternativas para su solución.

Como parte de la solución del problema, el tratamiento de aguas ha recibido un fuerte impulso por parte del gobierno para mitigar el problema, por lo que de las 546 plantas Municipales de tratamiento que existían en 1992, en diciembre del año 2000 existían 1018, pero en su capacidad instalada solo operan aproximadamente al 66% en su conjunto, 225 plantas están fuera de operación, se estima que el 90% de las plantas en operación tiene problemas (CNA, inventario de plantas de tratamiento de AR).

Las principales causas de los problemas de una planta son falta de personal calificado, insuficientes recursos para operarla, deficiencias en el diseño, falta de mantenimiento.,

Un punto muy importante y casi olvidado es la elaboración de los manuales de operación y mantenimiento, que deberían ser considerados como guías en la operación y mantenimiento de la planta. La ausencia de estos manuales puede contribuir en gran medida a fallas en la operación, debido a que al no existir una referencia que norme todas las actividades de la planta, son descuidadas y operadas solo a criterio del personal que no siempre es el idóneo llegando a un punto en el que es muy difícil y caro mantenerlas funcionando, ya que el rendimiento de estas llega a ser mínimo

Por las razones antes expuestas y como una ayuda o guía a la elaboración de estos manuales se presenta el siguiente trabajo, cuyo objetivo es presentar los aspectos fundamentales de la operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales enfocando el tema al contenido que debe reunir un manual para dicho fin

Los manuales de Operación y Mantenimiento son una herramienta esencial para cualquier planta de tratamiento de Aguas Residuales, especialmente en el rubro del aseguramiento de calidad. También se pretende resaltar la importancia de la existencia, uso y elaboración de los manuales.

En el primer capítulo se habla de antecedentes, se describen los procesos de tratamiento de aguas residuales, los niveles de tratamiento de AR y sus unidades principales. Por los alcances del trabajo este se ha enfocado en el proceso de lodos activados, la razón es porque es el segundo proceso más usado en México con 219 plantas en operación.

El segundo capítulo se trata la puesta en marcha de la planta, los procedimientos a seguir como son las revisiones finales y las auditorías de diseño. De la misma forma, se enumeran los principales problemas operacionales de una planta de lodos activados: Estos pueden ser de tipo mecánico, biológicos e hidráulicos, se muestran tablas guía de solución de problemas.

En el tercer capítulo se menciona el mantenimiento tanto preventivo y correctivo de los equipos y estructuras, como organizarlo y mantener el control del mantenimiento que ha sido realizado. Dentro de este mismo capítulo se habla de la situación del Tratamiento de Aguas residuales, de las plantas su eficiencia y condición en que se encuentran.

En el capítulo IV se habla de los manuales, para que sirven, como se elaboran, y su función dentro de la planta de tratamiento, del contenido recomendable, para cualquier manual

Y por último se presentan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El nivel de tratamiento lo podemos entender como el grado de pureza o calidad que se puede alcanzar en el tratamiento de las aguas aplicando distintos procesos. El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar la materia contaminante presente en el agua residual, con el objetivo de minimizar las afectaciones al ambiente.

La forma de tratar un agua residual depende de una serie de factores como son: Gasto, composición, concentraciones de contaminantes, calidad requerida del efluente, presupuesto con el que se cuenta para la construcción, operación y mantenimiento de la obra etc.

El nivel de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente. Habiendo 3 niveles de tratamiento cada uno con un objetivo específico

El pretratamiento de aguas residuales implica la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien a cuerpos receptores o para un tratamiento primario y secundario.

El tratamiento secundario busca remover los sólidos en suspensión que no sedimentaron en el pretratamiento y tratamiento primario. En cuanto al tratamiento terciario su objetivo fundamental es lograr una mejor calidad del efluente, los procesos u operaciones unitarias involucradas se resumen en la tabla 1.1

TABLA 1.1 NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NIVEL DE TRATAMIENTO	PROCESOS U OPERACIONES UNITARIAS INVOLUCRADAS
TRATAMIENTO PRIMARIO	<ul style="list-style-type: none"> Cribado Sedimentación Flotación Precipitación y coagulación Separación de grasas Homogeneización Neutralización

TABLA 1.1 NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NIVEL DE TRATAMIENTO		PROCESOS U OPERACIONES UNITARIAS INVOLUCRADAS
TRATAMIENTO SECUNDARIO		Lodos Activados Aireación prolongada (procesos de oxidación total) Filtros biológicos Discos biológicos Lagunas de estabilización Tratamientos anaerobios Procesos de contacto, filtros (sumergidos)
TRATAMIENTO AVANZADO	TERCIARIO	Microtamizado Filtración (lecho de arena antracita diatomeas) Adsorción (Carbono activado) Intercambio iónico Ósmosis inversa Electrodialisis Cloración y ozonización Procesos de remoción de nutrientes Otros

1.1.1 PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO

El pretratamiento es la unidad del sistema de tratamiento que tiene como objetivo retirar los sólidos gruesos, cuerpos gruesos y arenosos que podrían provocar alguna falla funcionamiento de los equipos posteriores. Las operaciones de las que consta el pretratamiento son: Cribado, homogeneización, neutralización, Separación de Aceites, grasas y otros materiales menos densos que el agua, y desarenadores, se pueden usar todas o solo algunas de estas operaciones dependiendo de la calidad del influente.

El tratamiento primario prepara a las aguas residuales para su tratamiento biológico, se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación y reducen las variaciones de caudal y concentración de las aguas que llegan a la planta

Cribado: Se emplea para la reducción de sólidos en suspensión. El objetivo de estas es separar los materiales grandes que pudieran dañar los mecanismos y bombas de la planta de tratamiento

Homogeneización: Tiene por objeto uniformizar los caudales y características del efluente cuando los vertidos presentan variaciones a lo largo del día, evitando que las descargas puntuales puedan afectar todo el proceso

Neutralización: Persigue eliminar la acidez o alcalinidad que presentan casi todas las aguas residuales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Separación de aceites, grasas y otros materiales menos densos que el agua: Puede realizarse aprovechando la diferencia de densidades, para esto se usan tanques separadores de grasas. Esta se usa en los siguientes casos:

- Antes de la descarga de aguas residuales en un medio receptor.
- Antes de la descarga de aguas residuales industriales al alcantarillado municipal.
- Antes del tratamiento químico o biológico

Desarenadores: Cuidan de la separación previa de las arenas y otros materiales sólidos, de densidades superiores a las de las materias orgánicas, para prevenir la erosión en bombas, la acumulación de sólidos en otros recipientes posteriores, y el taponamiento por depósito en las tuberías.

Sedimentadores Primarios: Se utilizan para separar los sólidos en suspensión por un proceso de sedimentación. Las partículas más densas que el agua se separan por la acción de la gravedad.

1.1.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario aprovecha el principio biológico de la autopurificación de las aguas residuales.

El objetivo es convertir la materia orgánica que se encuentra en estado finamente dividido y disuelto en el agua residual en sólidos sedimentables floculentos que puedan separarse en tanques de sedimentación.

Los tratamientos biológicos se dividen en tratamientos aerobios y tratamientos anaerobios.

1.1.2.1 Tratamientos aerobios:

Los tratamientos aerobios son aquellos en que la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos, consumidores de oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO_2 , con producción de energía y en parte es anabolizada para mantener la materia celular.

Los principales procesos aerobios son:

Lodos Activados: En este proceso, el agua residual se estabiliza biológicamente en un reactor, que es un tanque donde se mantiene una base bacteriana mediante lodo activado. La estabilización de la materia orgánica tiene lugar bajo condiciones aerobias (presencia de oxígeno) las que se logran a base de inyección mecánica de aire o por difusión de oxígeno.

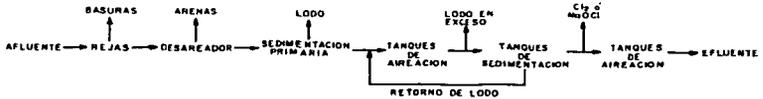


FIG 1.1 Proceso Típico de lodos activados

Al contenido de un reactor se le denomina licor mezclado. Una vez que el agua residual ha sido tratada en el reactor, la masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque de sedimentación y parte de los sólidos biológicos sedimentados son retornados al reactor. Otra parte de los lodos son eliminados o purgados fuera del sistema puesto que, de no ser así, la masa de microorganismos seguirá aumentando hasta que en el sistema no pudiera haber cabida para más.

El proceso de lodos activados es muy flexible y puede adaptarse a casi cualquier tipo de problema relativo al tratamiento biológico de aguas residuales. Este proceso tiene varios tipos que son

Convencional: Consiste en un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una línea de retorno de lodos, la purga de lodos se puede realizar indistintamente desde la conducción del licor mezclado o desde la de retorno de lodo. El modelo de flujo es de tipo pistón, esto es, tanto el agua residual efluente sedimentada, como el lodo recirculado entran al tanque por un extremo y son aireados durante un espacio de 6 horas mas o menos. Ambos son mezclados por la acción de la aireación mecánica y por difusores de aire que permanecen constantes conforme el licor mezclado se desplaza a lo largo del tanque.

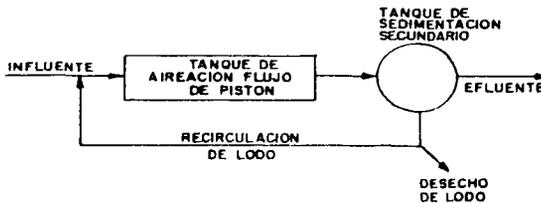


Fig1 2 Proceso convencional de lodos activados

Mezcla completa: El proceso de mezcla completa intenta imitar el régimen hidráulico existente en un reactor agitado mecánicamente. El agua residual afluyente es sometida a sedimentación y el lodo de retorno se introduce en diversos puntos del tanque de aireación a lo largo de un canal central. El licor mezclado es aireado conforme pasa, desde el canal central a los canales de salida situados a ambos lados del tanque de aireación. El efluente del tanque de aireación es sometido a sedimentación deteniendo el lodo activado.

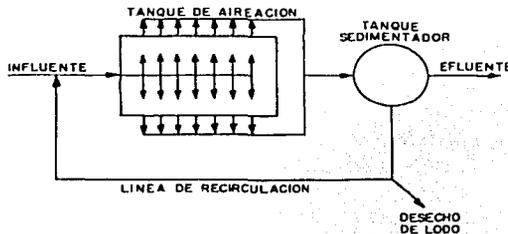


Fig. 1.3 . Proceso de lodos activados mezcla completa

Aireación graduada: El objetivo que persigue es acoplar la cantidad de aire suministrada a la demanda de los microorganismos conforme el agua atraviesa el tanque de aireación. Esta afecta únicamente a la disposición de los difusores en el tanque de aireación y a la cantidad de aire consumido.

Aireación Escalonada: Es una modificación del proceso de lodos activados en el que se introduce el agua residual en distintos puntos del tanque de aeración para igualar la relación entre alimento y microorganismos (F/M) en todo el tanque, disminuyendo con ello la demanda pico de oxígeno

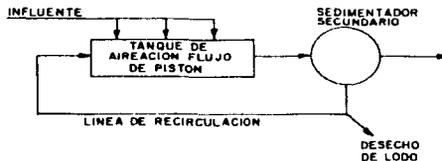


Fig. 1.4 Aireación escalonada

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El tanque de aeración se subdivide por medio de unos deflectores en cuatro canales paralelos o más. Cada canal es una fase o escalón individual y las distintas fases se conectan entre si en serie. El lodo activado de retorno entra en la primera fase del tanque de aeración junto con parte del agua residual sedimentada.

Estabilización por contacto: En este sistema, el agua residual que entra es mezclada brevemente (20-30 minutos) con el lodo activado el tiempo requerido para que los microorganismos adsorban los contaminantes orgánicos en solución, pero no el tiempo necesario para que ellos asimilen la materia orgánica. El lodo activado se sedimenta y es regresado a otro tanque de aireación (tanque de estabilización), en el cual, este es aireado de 2 a 3 horas para permitir que los microorganismos remuevan la materia orgánica.

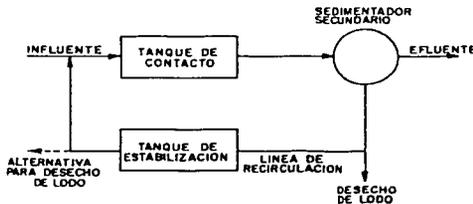


Fig1.5 Estabilización por contacto

Lagunas de Estabilización: Las lagunas de estabilización corresponden a estanques construidos en tierra, de profundidad reducida (< 5 m.) (Aguamarket, diccionario del agua), diseñados para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoos, etc.) y la materia orgánica, bajo condiciones naturales. Los principales procesos de tratamiento que ocurren en lagunas de estabilización son:

- a) El efecto del embalsamiento, que permite a las lagunas absorber sobrecargas orgánicas e hidráulicas.
- b) Sedimentación, que produce que los sólidos sedimentables se acumulen en los estratos del fondo; y
- c) Tratamiento de la materia orgánica por oxidación bacteriana aeróbica (en presencia de oxígeno) y digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las lagunas de estabilización se clasifican de acuerdo a la predominancia relativa de los procesos mediante los cuales la materia orgánica (expresada como DBO), es removida. Es así como, de acuerdo con el contenido de oxígeno en la masa de agua ellas pueden ser anaeróbicas, aeróbicas y facultativas. Si el oxígeno es suministrado artificialmente con aireación mecánica o aire comprimido se denominan lagunas aireadas. En zonas frías son poco eficientes.

Filtros percoladores. Consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se le adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual. Algunos materiales comúnmente usados para medios filtrantes son: roca volcánica, antracita o medios sintéticos.

Biodiscos: Es tan eficaz como el proceso de lodos activados, requiere de un espacio mucho menor, son fáciles de operar y tienen un consumo energético inferior (m). Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesta alrededor de un eje horizontal. El cuerpo típico es de polietileno de alta densidad y con gran superficie específica. Una unidad de 3.6 m de diámetro y 7.5 m de largo puede tener hasta 15,000 m² de superficie (Según la aplicación puede estar sumergido de un 40 a 90% en el agua a tratar). Sobre el material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se autorregula por el rozamiento con el agua. Al igual que en el filtro percolador, la producción final de sólidos es mínima, comparado con el proceso de lodos activados.

1.1.2.2 Tratamientos anaerobios:

Los tratamientos anaerobios se utilizan para aguas residuales con alta carga orgánica (2,000 a 30,000 o más mg de DBO/L) Estas concentraciones se dan en muchos residuos de la industria alimenticia. En un reactor anaerobio, cerrado para evitar el contacto del aire, la materia orgánica soluble y coloidal se transforma en ácidos volátiles que, a su vez, se transforman en metano y CO₂. Distintos tipos de bacterias producen las fermentaciones ácidas y metánicas. El gas generado contiene alrededor de un 65% de metano, lo cual permite aprovecharlo para mantener la temperatura idónea de digestión, alrededor de los 37°C y según las características

del agua residual, disponer de un excedente de energía. Las ventajas aumentan cuando, además de ser de alta carga, el vertido industrial es caliente.

Digestión Anaerobia: Existen diferentes formas de realizar la digestión anaerobia. El proceso de contacto es el de aplicación más universal y fácil de utilizar cuando el líquido lleva cantidades importantes de sólidos en suspensión. El filtro anaerobio lleva un relleno interno sobre el que se adhiere la biomasa y es el único en que el líquido puede circular hacia arriba o hacia abajo. El sistema UASB no lleva ningún material de soporte de los microorganismos sino que es la propia biomasa que produce unos flóculos o granos relativamente densos que actúan de autosuporte. Por último está el proceso en lecho fluidificado que ofrece rendimientos óptimos en muchas aplicaciones últimamente investigadas

Su eficiencia es aceptable sólo en tiempos de retención mayores a los 20 días, lo cual implica un reactor de tamaño considerable.

Lagunas anaerobias de estabilización. Estas lagunas son anaerobias en toda su profundidad, excepto en una capa extremadamente delgada en la superficie. Con objeto de conservar la energía térmica y mantener las condiciones anaerobias, estos estanques se construyen a profundidades de hasta 6 m (Sedue, 1985). La estabilización se consigue mediante una combinación de precipitación y degradación anaerobia de los residuos orgánicos a CO₂ y CH₄ y otros productos finales gaseosos, ácidos orgánicos y tejidos capilares.

1.1.3 TRATAMIENTO TERCIARIO

Los tratamientos terciarios completan el tratamiento de las aguas residuales cuando se necesita una depuración mayor de la conseguida con los tratamientos primario y secundario, sobre todo cuando el uso final del agua es para consumo humano.

Los principales tratamientos son

Filtración Se utiliza para eliminar los sólidos que puedan haber sido arrastrados a la salida del sedimentador secundario, además de sus aplicaciones en tratamientos especiales. Como medio de filtración se puede emplear arena, grava, antracita, algún otro material adecuado como granate o tierra diatomea, o una combinación de ellos. El pulido de efluentes del tratamiento biológico se suele hacer con capas de granulometría crecientes, duales o multimedia, filtrando en lo profundo porque el lodo arrastrado bloquearía fácilmente un filtro de

arena fina trabajando en la superficie. Los filtros de arena fina son preferibles cuando hay que filtrar flóculos formados químicamente y aunque su ciclo sea más corto pueden limpiarse con menos agua (SEDUE 1985).

Adsorción con carbón activado Se utiliza para eliminar la materia orgánica residual que ha pasado el tratamiento biológico. El carbón más usado es de forma granular que puede regenerarse después de su agotamiento. A veces el carbón activado se añade en el tratamiento por lodos activados para eliminar sustancias tóxicas que puedan inhibir el crecimiento celular. El carbón activado también tiene la virtud de atrapar cloro.

Oxidación Una alternativa para eliminar ciertos compuestos orgánicos es su destrucción por oxidación con ozono, O_3 . En algunos casos la ozonización se puede activar o complementar con luz ultravioleta. Los compuestos alifáticos insaturados y los aromáticos se oxidan con ozono, pero bajo ciertas condiciones pueden generar sustancias fenólicas tóxicas. La combinación ozono/UV es efectiva para tratar pesticidas.

Otra forma de provocar la oxidación, es utilizar cloro o hipoclorito sódico. La cloración final del agua depurada se emplea para lograr su esterilización, gracias a su poder oxidante de la materia orgánica

Aeración prolongada: Los vertidos con grandes cantidades de productos orgánicos nitrogenados pueden causar problemas por su alta demanda de oxígeno en el tratamiento, usualmente biológico. Partiendo de la forma más reducida, que es el amoníaco, el tratamiento en condiciones aerobias produce su nitrificación. La formación de nitritos, en un primer paso es una reacción lenta, mientras que el paso siguiente a nitratos es muy rápido. Para evitar el vertido de los nitratos, el tratamiento biológico se complementa en una zona anóxica (sin oxígeno) en donde tiene lugar la desnitrificación que libera nitrógeno gaseoso.

Precipitación química Otros compuestos que pueden perjudicar el cauce receptor del vertido son los fosfatos, por su influencia decisiva en el crecimiento de las algas. La eliminación de fosfatos se realiza parcialmente en los tratamientos biológicos, pero su tratamiento masivo se realiza por precipitación química, usando iones metálicos polivalentes, calcio hierro o aluminio y un pH específico para cada ion

Osmosis inversa: En este proceso se separa el agua de las sales disueltas que no son susceptibles de ser eliminadas con otras técnicas de desmineralización, por medio de la filtración a través de una membrana semipermeable a una presión superior a la presión osmótica provocada por las sales disueltas en el agua residual.

Electrodialisis. En este proceso los componentes iónicos del agua residual se separan por el uso de membranas semipermeables selectivas de iones, al cual se le aplica un potencial eléctrico.

1.1.4 DESINFECCIÓN

La desinfección de las aguas residuales tiene como objetivo principal la destrucción de organismos que causan enfermedades u otras formas de vida indeseables para el uso al que se destine el agua. No todos los organismos se destruyen durante el proceso, esto la diferencia de la esterilización la cual conduce a la destrucción de la totalidad de los organismos..

En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amebianos. Las enfermedades bacterianas típicas transmitidas por el agua son: el tífus, el cólera, el paratífus y la disentería bacilar, mientras que las enfermedades causadas por los virus incluyen, entre otras, la poliomeilitis y la hepatitis

La desinfección de las aguas y aguas residuales, no se logra a través de medio biológicos, sino físicos y químicos. La desinfección química ofrece mayores posibilidades de éxito que la desinfección física. En particular, la cloración del agua conduce a una erradicación substancial de las enfermedades hídricas (enfermedades transmitidas por el agua), a un costo pequeño en equipo, materiales y personal.

Entre los métodos físicos de desinfección tenemos el incremento o reducción de la temperatura, como ebullición y congelamiento o refrigeración, filtración y ultrafiltración que es aplicable pero con ciertos límites, y la utilización de rayos ultravioleta. Entre los métodos químicos se tiene la utilización de cloro y compuestos de cloro, yodo, bromo, metales pesados como zinc, cadmio, arsenico, mercurio, plomo y ozono.

Filtración y ultrafiltración. Es el proceso más simple de separación por membrana, ésta actúa como una barrera porosa. El agua es forzada a pasar a través de la membrana por un

diferencial de presión a través de ella. Los poros en la membrana pueden ser bastante grandes, en general de 0.1 de micra o mayores.

En estos procedimientos los sólidos suspendidos son removidos sobre la superficie de la membrana. Si los sólidos suspendidos son viscosos o de fácil compresión en la superficie, la membrana puede llegar a obstruirse tanto como cualquier otro medio de filtrado, y las velocidades de filtración pueden reducirse a niveles de uso poco práctico. Las membranas remueven poco material coloidal o disuelto.

Rayos ultravioleta. La luz solar es un desinfectante natural, principalmente como agente desecante. La irradiación por luz ultravioleta intensifica la desinfección y la convierte en un agente controlable.

Para asegurar la desinfección, el agua se debe encontrar libre de sustancias que absorben la luz, por ejemplo, los compuestos fenólicos y aromáticos de otro tipo, de materia suspendida que interponga una sombra a los organismos contra la luz, debe ser adecuado el producto tiempo-intensidad de la exposición, y el agua debe estar sujeta a una buena mezcla durante la exposición en películas relativamente delgadas, con objeto de contrarrestar su adsorvidad propia. Este método actúa evitando que los microorganismos se reproduzcan al destruir su ADN.

Cloración: Es el método mas usado actualmente, tanto por su efectividad y la conveniencia económica. Los compuestos de cloro mas usados para el tratamiento del agua residual son el hipoclorito de sodio y de calcio y el gas cloro.

1.1.5 TRATAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE LODOS.

Los lodos están constituidos por agua y sólidos responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas, por lo que están sujetos a procesos de descomposición más intensos lo que puede hacerlos indeseables y por lo tanto obliga a someterlos a un tratamiento que modifique sus características para que su disposición no cause molestias, o en dado caso ponga en peligro la salud de las comunidades cercanas al sitio de disposición.

Para seleccionar el tipo de tratamiento se debe conocer su cantidad y composición, las cuales varían según las características del agua residual donde hayan sido retirados y, sobre todo, del proceso de tratamiento que los generó (ver tabla 1 2)

Existe una gran gama de procesos de tratamiento de lodos por lo que para seleccionar uno se debe considerar el objetivo del mismo, el origen, naturaleza, cantidad y características del lodo.

el costo de la evaluación y del tratamiento; y la aplicación que puedan tener estos residuos ya estabilizados. Como consecuencia, para escoger un tren de tratamiento de agua residual se debe considerar que, además de proporcionar un efluente con la calidad requerida, no debe generar grandes cantidades de subproductos indeseables y con constituyentes que dificulten su tratamiento.

TABLA.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS QUE SE PRODUCEN DURANTE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Origen del lodo	Descripción
Residuos de rejas y cribas	Incluyen materiales orgánicos e inorgánicos de tamaño suficientemente grande para ser eliminado por rejas. Generalmente es putrescible y desagradable. El contenido de materia orgánica varía en función de la naturaleza del sistema. Puede eliminarse por quema, entierro y molido con retorno o molido con transferencia a un digestor de lodo.
Arenas	Constituidas por sólidos inorgánicos pesados, que sedimentan a velocidades relativamente grandes. Dependiendo del funcionamiento, la arena puede contener cantidades significativas de materia orgánica.
Espumas y grasas	Formado por materiales flotantes recogidos en la superficie de los tanques como grasas, aceites, papel, algodón, materiales de plástico, etc. Generalmente más del 90% es agua.
Lodo Primario	Derivado de los tanques de tratamiento primario es de color gris, grasiento putrescible y de olor fuerte. Su contenido de humedad es de aproximadamente 93%.
Lodo Activado	Apariencia floculenta, de color marrón, parcialmente descompuesto. Cuando está fresco tiene un olor a tierra. Tiende a convertirse en séptico rápidamente. El contenido de humedad es de un 98%.
Lodo de precipitación química	Proviene de tanques de precipitación química. Es de color oscuro, olor molesto y consistencia gelatinosa. Contenido de humedad del 95%.
Lodo de filtro percolador	El lodo es de color pardusco, floculento, relativamente inodoro y parcialmente descompuesto. El contenido de humedad es de un 93%.
Lodo digerido	Es de color oscuro y tiene una textura homogénea. Cuando está húmedo, tiene olor a alquitran. Su contenido de humedad está cerca del 90%.

Fuentes: Adaptado de Metcalf & Eddy Vol. 2 1996 Merrit Vol. IV 1995

Las unidades o dispositivos que componen un sistema de tratamiento de lodos, tienen como objetivo principal el reducir el contenido orgánico y de agua del lodo. Estos procesos incluyen:

- a) Concentración
- b) Digestión
- c) Acondicionamiento
- d) Deshidratación y secado
- e) Incineración y oxidación por vía húmeda.

De estos la digestión, incineración y oxidación por vía húmeda se utilizan principalmente para tratamiento de la materia orgánica del lodo, la concentración, acondicionamiento y deshidratación se emplean para eliminar la humedad del lodo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- a) **Concentración:** Se usa principalmente para espesar el lodo activado sobrante o mezclas de lodos activados y primarios, logrando su reducción de volumen. Lo anterior se logra mediante tanques espesadores.
- b) **Digestión:** En un tanque denominado digestor, se lleva a cabo la estabilización del lodo por microorganismos contenidos en el mismo. Si este proceso se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre, se denominara digestor anaerobio y en caso contrario digestor aerobio.
- c) **Acondicionamiento:** El acondicionamiento de lodo consiste en una serie de procesos físicos y/o químicos a los que es sometido con el objeto de mejorar tanto su manejo como su tratamiento, además de disminuir su humedad.
- d) **Deshidratación y secado:** Estos procesos como su nombre lo indica, son para disminuir el contenido de agua del lodo, y generalmente se logra mediante centrifugación, lechos de secado, filtros prensa. Por otro lado, la deshidratación y el secado son operaciones unitarias físicas (mecánicas) utilizadas para reducir el contenido de humedad del lodo, de forma que pueda manipularse y procesarse como un semisólido en vez de cómo un líquido.
- e) **Incineración y oxidación por vía húmeda:** La incineración y oxidación por vía húmeda se utilizan para reducir el contenido orgánico y el volumen del lodo. A veces, se les clasifica incorrectamente como métodos de eliminación. Sin embargo y según el método operatorio, ambos producen una ceniza o lodo que requiere una eliminación final.

En la tabla 1.3 Se describen los procesos de tratamiento y manejo de lodos.

TABLA 1.3 PROCESOS DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE LODOS

Método de tratamiento	Objetivo
Operaciones de pretratamiento	Sirven para lograr que el flujo de lodo por tratar sea relativamente constante y homogéneo
Trituración	Reducción de tamaño de los sólidos contenidos en el lodo
Mezclado	Uniformizar las características de los lodos
Almacenamiento	Absorber variaciones de gasto para lograr un caudal constante
Desarenado	Remoción de arenas (Desarenadores ciclónicos)
Espesamiento	Consiste en la remoción de agua con la finalidad de reducir el volumen de lodo por tratar
Por gravedad	Reducción del volumen por sedimentación y compactación del lodo
Flotación	Disminución del volumen por inyección de aire
Centrifugación	Espesamiento de los lodos
Con banda de gravedad	Reducción del volumen por escurrimiento del agua al pasar los lodos por una banda móvil
Tambor giratorio	Separación de sólidos floculados con polímeros del agua
Estabilización	Consiste en reducir la putrefacción y presencia de los organismos patógenos en los lodos
Adición de cal	Aumentar el pH que provoca la muerte de los microorganismos y evitar que el lodo se pudra
Tratamiento térmico	Calentar los lodos para la esterilización del mismo
Digestión anaerobia	Producir un lodo que no se pudra con bajo contenido de patógenos y reducir volumen
Digestión aerobia	Degradación de la materia orgánica por proceso similar al de lodos activados
Composteo	Destrucción de los organismos patógenos y recuperación del producto
Acondicionamiento	Consiste en tratar el lodo con sustancias químicas o calor para separar el agua

TABLA 1.3 PROCESOS DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE LODOS

Método de tratamiento	Objetivo
Químico	Facilitar la deshidratación mediante la aplicación de coagulantes químicos
Tratamiento térmico	Pretratamiento para digestión
Elutriación	Reducir el requerimiento de químicos al bajar la alcalinidad por el lavado de lodos
Desinfección	Consiste en eliminar los organismos patógenos presente en los lodos
Pasteurización	Transmisión de calor a los lodos para matar los organismos patógenos
Almacenamiento prolongado	Eliminación de patógenos
Deshidratación	Reducir el contenido de humedad del lodo
Filtro al vacío	Eliminación de agua con un tambor giratorio parcialmente sumergido en el lodo
Filtro prensa	Separación del agua en cámaras revestidas con filtro y sujetas a presión que retiene sólidos
Filtro de banda horizontal	Espesamiento del lodo mediante drenaje por gravedad y compresión con rodillos
Centrifugación	Reducción del volumen
Lechos de secado	Eliminación de agua por drenaje y evaporación en lechos poco profundos con fondo poroso
Lagunas	Reducción de humedad por evaporación al depositar el lodo en lagunas
Secado térmico:	Reducción del contenido de agua por evaporación de esta al aire al aumentar la temperatura
Evaporación efecto múltiple	Evaporación del agua y separación de sólidos y aceites
Secado instantáneo	Disminución del agua por pulverización en presencia de gases calientes
Secado por pulverización	Secado del lodo por centrifugación a alta velocidad y pulverización en presencia de calor
Secado en horno giratorio	Eliminación de agua por poner a los lodos en contacto con gases calientes
Secador de hogares múltiples	Reducción del agua por contacto del lodo con gases calientes en varias etapas
Reducción térmica:	Transformar los sólidos orgánicos a productos finales con poder calorífico
Incineración hogares múltiples	Convierte el lodo en cenizas inertes con aplicación de calor disminuyendo su volumen
Incineración lecho fluidificado	Combustión del lodo con aire fluidificante
Co-incineración con desecho	Incineración del lodo junto con residuos sólidos urbanos
Reactor vertical con pozo	Estabilización y reducción del volumen con presión y temperatura en un pozo profundo
Oxidación con aire húmedo	Oxidación de la materia orgánica y reducción de volumen por aplicación de <u>aire comprimido</u>
Evacuación final	Destino final que se da a los lodos
Aplicación al suelo	Disposición con aprovechamiento del lodo en terrenos agrícolas, forestales o marginales
fijación química	Aprovechamiento del residuo y disposición final
Rellenos sanitarios	Disposición final
Lagunas	Reducción de volumen y disposición final

Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy Vol. 2 1996 Merril Vol. IV 1995

1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Los contaminantes del agua residual pueden ser removidos mediante procesos físicos, químicos, o biológicos unitarios. Dichos procesos se utilizan combinados en los sistemas de tratamiento, para cumplir los objetivos de la depuración del agua. Los principales procesos unitarios son:

- Operaciones físicas unitarias. Son aquellas que se llevan a cabo a través de la aplicación de fuerzas físicas como la gravedad o centrifugación.
- Procesos químicos unitarios. Operaciones que se realizan mediante la adición de productos químicos que provocan diferentes reacciones químicas que facilitan la remoción o tratamiento de los contaminantes.

1. ANTECEDENTES

c) **Procesos biológicos unitarios** Los métodos de tratamiento en los cuales se involucra la actividad de microorganismos para la remoción y/o transformación de los contaminantes.

En las plantas de tratamiento, las operaciones y procesos unitarios se agrupan para constituir un tren de tratamiento con el que se logra la depuración del agua. Con la variedad de métodos existentes actualmente, es posible una gran diversidad de combinaciones que proporcionen un tren de tratamiento adecuado a las necesidades. Sin embargo se debe cuidar siempre que el efluente cumpla con los requerimientos de calidad establecidos con el menor costo global posible (implantación y operación)

En la tabla 1.4 se muestra el tipo de contaminante a remover y la operación unitaria requerida para removerlo.

TABLA 1.4 OPERACIONES, PROCESOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS PARA LA REMOCIÓN DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

Grupo de contaminantes	Operación Unitaria de Tratamiento	Clasificación
Sólidos suspendidos y sedimentables	Cribado y desmenuzado Sedimentación Flotación Filtración Coagulación/sedimentación	Físicos Físicos Físicos Físicos Físicos/Químicos
Orgánicos y biodegradables	PROCESOS AEROBIOS Lodos activados Filtro percolador Discos biológicos rotatorios Lagunas de aireación PROCESOS ANAEROBIOS Fosa séptica Filtro anaerobio Reactor techo de lodos con flujo ascendente	Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos Biológicos
Patógenos	Desinfección con Cloro Hipoclorito de calcio Hipoclorito de sodio Ozonización Luz ultravioleta	Químicos Químicos Químicos Químicos Químicos
Nutrientes	Nitrógeno Nitrificación y desnitrificación con biomasa suspendida Nitrificación y desnitrificación con biomasa fija Intercambio iónico Fósforo Coagulación/sedimentación con sales metálicas Coagulación/sedimentación con cal Remoción biológica	Biológicos Biológicos Físico/Químico Físico/Químico Biológicos

TABLA 1.4 OPERACIONES, PROCESOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS PARA LA REMOCIÓN DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

Grupo de contaminantes	Operación Unitaria de Tratamiento	Clasificación
Orgánicos refractarios *	Adsorción con carbón activado Ozonación	Físico Químico
Metales pesados *	Precipitación química Intercambio iónico	Químico Químico
Sólidos orgánicos disueltos	Intercambio iónico Ósmosis inversa Electrodialisis	Químico Físico Químico

* Pocas veces encontrados en aguas residuales domésticas

Fuente: Manual de Depuración Uralita,

El tipo de tratamiento que se escoge depende de diversos factores como son:

1. Características del agua Residual: DBO, materia en suspensión, PH, productos tóxicos, etc.
2. Calidad del efluente requerido.
3. Consideración de las futuras ampliaciones o previsión de límites de calidad más estrictos, que necesiten el diseño de tratamientos más sofisticados en el futuro.
4. Costo local del agua, ya que en ciertos lugares donde el costo del agua sea alto estarían justificados procesos sofisticados por ejemplo osmosis inversa.
5. Costo del terreno donde se va a construir y características topográficas.
6. Temperatura y variaciones de esta en la localidad

1.3 UNIDADES PRINCIPALES QUE CONFORMAN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.

Las plantas de tratamiento de A.R. están compuestas por unidades de tratamiento las cuales actúan independientemente unas de otras, teniendo cada una un objetivo específico en el tratamiento como se indico anteriormente, el número y tipo de unidades va a depender del tipo de tratamiento que se escoja de acuerdo con las características del agua, pero a continuación se describen las mas comunes.

1.3.1 PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO:

Las unidades principales en pretratamiento y Tratamiento primario son

Rejas y cribas de barras: Son cernidores compuestos de barras paralelas, colocadas verticalmente o inclinadas en dirección del flujo, que captan los sólidos flotantes de mayor tamaño par a proteger conducciones, válvulas y bombas

Las rejillas pueden ser fijas o móviles y de limpieza manual o mecánica (ver fig. 1.6).

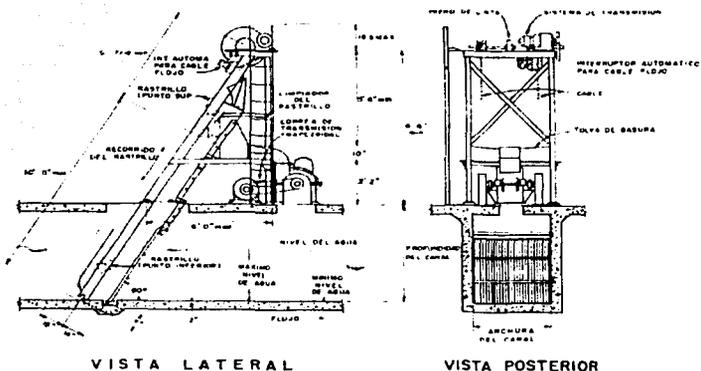


Fig.1.6 Rejillas de limpieza automática

Cribas finas: Son rejas con aberturas de hasta 3 mm (1/8") (Depto de Salud de NY, 1984) que sirven para separar sólidos de menor tamaño que los retenidos por las rejas y cribas de barras. Generalmente se usan en el tratamiento de aguas industriales y se clasifican en cribas de banda, de disco y de tambor. Su limpieza se efectúa mediante chorros de agua a presión, vapor o con un agente desengrasador.

Desmenzadores: Son dispositivos que se emplean para triturar a los sólidos de modo de que puedan ser reintegrados a las aguas por tratar sin peligro de afectar el funcionamiento de los sistemas y mecanismos de tratamiento posteriores. Ejemplos de estos dispositivos son los molinos, cortadoras y trituradoras. Su colocación se recomienda después de los desarenadores para alargar su vida.

Medidores de gasto: Son dispositivos que permiten medir la cantidad de agua que circula a través de ellos. Son fundamentales, ya que permiten llevar un control y seguimiento de los procesos e informar los caudales generados. Los dispositivos más utilizados para medir el gasto son

- Medidor Parshall utilizado para medir gastos en canales abiertos

- En conducciones cerradas: Tubos de pitot, rotámetros, venturis, medidores magnéticos, ultrasónicos y químicos, dispositivos de vórtice y medidores de turbina o hélice.

Desarenadores: Son cámaras de regulación que se utilizan para eliminar los sólidos inorgánicos gruesos y la materia orgánica pesada que puede dañar los dispositivos mecánicos del tratamiento o afectar las etapas regulación del tratamiento. El tipo más común es el de flujo horizontal (fig 1.7^a), su funcionamiento consiste en disminuir la velocidad de flujo para que los sólidos se depositen. Su limpieza puede ser manual o mecánica. Otros tipos de desarenadores son los de vórtice y el aireado (fig 1.7b)



Fig. 1.7 .Desarenadores a) Sección de un desarenador de flujo horizontal; b) sección transversal de un desarenador aireado

Tanque de homogeneización y regulación de caudales: La homogeneización consiste en regular las variaciones de gasto mediante su almacenamiento de manera que la planta opere con un caudal constante y con concentraciones similares de contaminantes. Para evitar que las aguas residuales adquieran condiciones sépticas se instalan sistemas de mezclado y aireación. Existen dos disposiciones de tanques: En línea, la totalidad del caudal pasa por el tanque y en derivación solo pasa el exceso.

Tanques de Preaireación: Antes del tratamiento primario se realiza una aireación con la finalidad de aglomerar o flocular los sólidos suspendidos ligeros, formando masas pesadas que se depositan en los tanques de sedimentación. Otras ventajas de la preaireación son la separación de grasas, aceites y sólidos y la restauración de las condiciones aerobias a las aguas residuales. La preaireación se logra forzando el paso de aire comprimido o por agitación mecánica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Distribuidor de gasto: Se emplea para dividir el caudal de acuerdo a la capacidad requerida por las unidades de tratamiento posteriores, o para separar el caudal en exceso. Los dispositivos más empleados son las cajas de distribución y los vertedores de caída libre.

1.3.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Como se ha mencionado antes, para delimitar este trabajo se hablará de las unidades para el proceso de lodos activados específicamente.

El tratamiento convencional consiste en un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una línea de retorno del lodo. La purga del lodo se puede realizar indistintamente desde la conducción del líquido mezcla o desde la de retorno del lodo. Tanto el agua residual afluyente sedimentada como el lodo recirculado entran en el tanque por un extremo y son aireados durante un período de aproximadamente 6 horas (Metcalf, Eddy 1985). Ambos son mezclados por la acción de la aireación mecánica o por difusores de aire, que permanece constante conforme el líquido mezcla se desplaza a lo largo del tanque. Durante este período se produce la adsorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. El líquido mezcla se sedimenta en un tanque y el lodo es recirculado en una proporción de aproximadamente el 25-50% del caudal afluyente (Metcalf, Eddy 1985).

Aireación:

La aireación puede ser de 2 maneras, por medio de difusores o por aireadores mecánicos, a continuación se describen éstas y los equipos utilizados.

Aireación por Difusión: Los difusores más frecuentemente utilizados en los sistemas de aireación están diseñados de modo tal que produzcan burbujas finas, medias o relativamente gruesas. Los difusores de placa se instalan sobre soportes de aluminio o concreto que sujetan seis o más placas, y pueden colocarse en ranuras practicadas en las soleras o directamente en la solera del tanque de aireación. Los grupos de soportes de las placas se conectan al sistema de conducción de aire a intervalos a lo largo de todo el tanque controlándose cada grupo mediante el correspondiente cálculo. Los difusores de tubo se roscan en los distribuidores de aire, que pueden disponerse a lo largo del tanque, cerca del fondo (fig 1.9), y a un lado, o bien se pueden montar en brazos de aireación extraíbles.

Gracias a estos últimos, es posible sacar un distribuidor fuera del agua sin interrumpir el proceso y sin tener que vaciar el tanque y proceder a la extracción de los difusores para su limpieza o sustitución.



Fig. 1.9 Arreglo de difusores de tubo y su funcionamiento

El difusor del tipo domo consiste en un domo poroso de 17.8cm de diámetro, construido de un material de óxido de aluminio (fig 1 10). El difusor se diseña para asegurar una permeabilidad uniforme y producir un flujo de pequeñas burbujas de aire de aproximadamente 2 mm. de diámetro. El movimiento ascendente de las burbujas pequeñas evita la acumulación de depósitos en el fondo del tanque y proporciona un mezclado adecuado. Los domos se montan sobre una red de conducciones de aire de cloruro de polivinilo, situada a lo largo del tanque de aireación. El espacio entre los difusores varía entre 300 y 760 mm (Metcalf Eddy, 1985). Dependiendo del proceso. La conducción de cloruro de polivinilo se fija a la solera a intervalos de 1.58m por medio de un dispositivo de fijación y un asiento ajustable. Por medio de un único tornillo se consigue el ajuste estructural a la entrada de aire y el orificio de control.



Fig 1 10 Tanque de aireación con difusores tipo domo (de Aerocor, co)

Es esencial que el aire suministrado a los difusores porosos esté limpio y exento de partículas de polvo que puedan obstruirlos. Por ello, es muy frecuente, el uso de filtros de aire situados antes de la aspiración de las soplantes. También se han utilizado filtros electrostáticos y filtros de precapa tipo bolsa. El problema del polvo se reduce utilizando difusores con orificios grandes.

Existen otros tipos de difusores de burbujas gruesas. Todos ellos producen burbujas mayores que las del difusor tipo poroso y, en consecuencia, su eficiencia de aireación es ligeramente menor, no obstante las ventajas de un menor costo y mantenimiento, pero su eficiencia es bastante menor. Sin embargo cualquier difusor se obstruirá sino se mantiene de forma continua suficiente presión en los distribuidores de aire para evitar que el agua residual se acumule en la parte inferior de los mismos.

Aireadores mecánicos: Los dos tipos normalmente utilizados son de superficie y de turbina. En el de superficie el oxígeno introducido proviene de la atmósfera mientras que en el segundo el oxígeno se introduce tanto desde la atmósfera como por su inyección en el fondo del tanque, En ambos casos, la acción del aireador y de la turbina ayudan a mantener mezclados los contenidos del tanque de aireación.

Aireadores de Superficie. Son los más sencillos de los sistemas de aireación se pueden construir en tamaños de 0.75 a 75 kw (Metcalf & Eddy, 1985). Consisten en rotores sumergidos total o parcialmente, acoplados a motores que se encuentran montados en estructuras fijas o flotantes. Los rotores se fabrican en acero fundido, aleaciones anticorrosivas y plástico reforzado con fibra de vidrio, y se usan para agitar el agua residual vigorosamente, introduciendo aire en la misma y dando lugar a una rápida renovación de la interfase aire-agua para facilitar la disolución del aire. Estos pueden clasificarse de acuerdo con la velocidad de rotación del rotor en de baja y alta velocidad. En aireadores de baja velocidad, el rotor gira por medio de un motor eléctrico acoplado a un reductor. El motor y el reactor se montan generalmente sobre una plataforma que se soporta mediante pilares (fig 1.11) o también se han montado sobre flotadores. En aireadores de alta velocidad, el rotor se acopla directamente al motor eléctrico. En los aireadores de alta velocidad, el rotor se acopla directamente al motor eléctrico. Los aireadores de alta velocidad se montan casi siempre sobre flotadores.



Fig. 1.11 Aireadores mecánicos, derecha: tanque vacío, derecha: aireadores funcionando

Aireadores de turbina sumergida La mayoría de los aireadores mecánicos son del tipo de flujo ascendente, y basan su eficiencia en la agitación violenta de la superficie y en el arrastre de aire. Sin embargo, en los aireadores de turbina puede igualmente introducirse oxígeno puro o aire en el agua residual por difusión debajo del impulsor de los aireadores de flujo descendente, utilizándose el impulsor para dispersar las burbujas de aire y mezclar el contenido del tanque. Puede utilizarse un tubo de aspiración tanto en modelos de flujo ascendente como descendente para controlar la configuración de la corriente del líquido circulante dentro del tanque de aireación. El tubo de aspiración consiste en un cilindro con extremos ensanchados montado concéntricamente respecto al impulsor y que se extiende exactamente desde encima de la solera del tanque de aireación hasta justo por debajo del impulsor.

Tanques de Aireación Son abiertos y se construyen normalmente de concreto armado, son de forma rectangular, lo que permite construcción de paredes comunes para varios tanques (fig 1.11). El volumen total del tanque de aireación se suele dividir entre dos o más unidades capaces de funcionar independientemente si la capacidad total excede de 140 m^3 (Metcalf & Eddy, 1985). La capacidad total requerida se determina a partir del diseño del proceso biológico. Aunque las burbujas del aire dispersas en el agua residual llegan a ocupar el 1% del volumen total, ello no se tiene en cuenta al dimensionar el tanque. El volumen ocupado por las conducciones sumergidas carece de importancia.

Si el sistema de aireación del tanque es con difusores, las dimensiones de aquél pueden afectar notoriamente la eficiencia de la aireación, así como el grado de mezcla obtenido, a menos que se elijan adecuadamente el tipo, número y situación de los difusores. La profundidad del agua residual dentro del tanque será de 3 a 5 m, de modo que los difusores puedan funcionar

eficazmente (Metcalf & Eddy, 1985) Deberá preverse un resguardo de 0.3 a 0.6 m sobre la superficie del agua. La anchura del tanque en relación con su profundidad es importante cuando se utilice el sistema de mezclado de flujo espiral. La relación anchura-profundidad para tales tanques puede variar entre 0.1 a 1 y 2.2 a. Esto limita la anchura de un tanque entre 5 y 12 m (Metcalf & Eddy, 1985).



Fig 1 12 Tanques de aireación trabajando

En las plantas grandes, los canales de aireación son muy largos, y a veces exceden incluso de 150m (Metcalf & Eddy, 1985) Los tanques pueden constar de uno a cuatro canales conectados entre si en sus extremos de manera que funcionan en serie en el caso de tanques provistos de muchos canales. Las plantas grandes deberán tener no menos de cuatro tanques, y llegan a tener de 30 a 40 tanques dispuestos en diversos grupos o baterías.

En el caso de tanques que dispongan de difusores en ambos lados o en el centro del tanque se pueden permitir mayores anchuras lo importante es evitar puntos muertos o zonas donde el mezclado sea inadecuado. Las dimensiones y proporciones de cada unidad independiente deberán ser tales que se mantengan las velocidades necesarias para que no haya deposición de sólidos.

Los tanques individuales deberán tener válvulas o compuertas de entrada y salida de manera que puedan desmontarse en un momento dado para su inspección y reparación. Las paredes

comunes de los tanques múltiples deberán, por tanto, ser capaces de resistir toda la presión hidrostática procedente de cualquiera de los dos lados.

En las plantas grandes, en las que el vaciado de los tanques puede ser más frecuente, conviene instalar válvulas específicas para trasladar lodos del fondo de todos los tanques. Éstas deberán concentrarse a una estación de bombeo o bomba central de vaciado o a un conducto de la planta que evacue en el pozo de bombeo de la estación elevadora de la planta. Si las plantas son pequeñas, resulta muy práctico el empleo de pequeñas bombas portátiles con las que es factible vaciar un depósito en 16 horas

Sistemas de control de la espuma El agua contiene normalmente jabón, detergentes y otros agentes tensoactivos que producen espuma cuando es aireada. Esta espuma contiene sólidos de lodo, grasa y gran número de bacterias del agua residual. El viento puede levantar la espuma de la superficie del tanque y extenderla por los alrededores, contaminando todo lo que toque.

Siendo esencial algún método para controlar la formación de espuma, el sistema más usado consiste en una serie de boquillas pulverizadoras montadas a lo largo del borde superior del tanque de aireación enfrente de los difusores de aire. Agua limpia o efluente filtrado es rociado por estas boquillas continuamente o a intervalos por medio de un temporizador programado, lo que hace que la espuma se destruya a medida que se forme. Otro procedimiento es introducir una pequeña cantidad de un aditivo químico antiespumante en la entrada del tanque de aireación, o preferiblemente, en el agua de rociado

Recirculación de lodos. La finalidad de este es mantener una concentración suficiente de lodo activado en el tanque de aireación, de modo que pueda obtenerse el grado requerido de tratamiento en el intervalo de tiempo deseado. El retorno de lodos activados desde el sedimentador hasta la entrada del tanque de aireación es la característica esencial del proceso. La capacidad de bombeo de retorno de lodos debe ser grande y ello es esencial para que no se produzcan pérdidas de sólidos de lodo con el efluente. La razón para ello es que los sólidos tienden a formar una capa gruesa de lodos, que llegarían a llenar toda la profundidad del mismo en momentos de flujos pico si llegase a ser inadecuada la capacidad del bombeo de retorno de lodos. Las capacidades del 20 al 30% que en el pasado solían darse a este tipo de bombas han probado ser insuficientes por lo que en la actualidad las que se utilizan en plantas grandes son del 30 al 100% del caudal residual y del 150% en las plantas pequeñas (Metcalf & Eddy 1985)

Purga de Lodos Para mantener constantes el nivel de SSLM (Sólidos suspendidos en el licor mezclado) y del tiempo medio de retención celular en el sistema es preciso eliminar cierta cantidad de lodo activado. Esto puede lograrse mejor, y con mayor precisión purgando el líquido mezcla directamente del tanque de aireación o de la tubería efluente de dicho tanque cuando la concentración de sólidos sea uniforme. El líquido mezcla purgado puede, a continuación, evacuarse a un espesador de lodos o a los tanques de sedimentación primaria en los que sedimenta el fango y se mezcla con el primario sin tratar.

Instalaciones para la separación de sólidos: La misión del tanque de sedimentación de lodo activado es separar los sólidos del lodo del líquido mezcla. Se trata del último paso en la consecución de un efluente bien clarificado, estable, de bajo contenido en DBO, sólidos suspendidos y como tal, representa un punto crítico en la operación de un proceso de tratamiento de lodos activados. La presencia de un gran volumen de sólidos floculentos en el líquido mezcla exige prestar una atención especial al diseño de los tanques de sedimentación del lodo activado. Estos sólidos tienden a formar una capa de lodo en el fondo del tanque cuyo espesor variará según las circunstancias. Esta capa puede ocupar toda la profundidad del tanque y rebosar por los vertederos en momentos de flujos pico si la capacidad del bombeo de retorno de lodo fuese inadecuada. Además el líquido mezcla al entrar en el tanque tiene tendencia a fluir como una corriente de densidad interfiriendo con la separación de los sólidos y en el espesamiento del lodo.

Tipos de Tanques Estos pueden ser circulares o rectangulares, raramente son cuadrados. Los circulares se construyen con diámetros de 3.6 a 60m, aunque los más frecuentes son de 10 a 30 m (Fig 1 14). Es preferible que el radio del tanque no exceda cinco veces la profundidad lateral del agua. Básicamente existen dos tipos de tanques circulares el de alimentación periférica y de alimentación central. Ambos tipos utilizan un mecanismo giratorio para transportar y extraer el lodo del fondo (Fig 1 13). Los mecanismos son de dos tipos los que rascan o arrastran el lodo hacia una tolva central, y los que extraen el lodo directamente del fondo del tanque a través de tubos de succión, que se ponen en contacto con todo el fondo del tanque en cada vuelta.

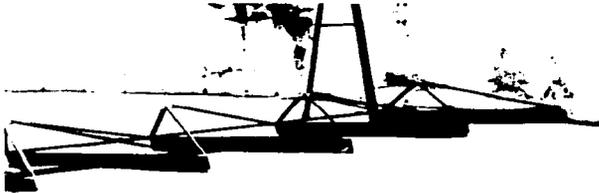


Fig 1.13. Mecanismo rascador de un tanque circular

Los tanques rectangulares deben tener dimensiones proporcionales, con el objeto de lograr una buena distribución del flujo entrante y que las velocidades horizontales no sean excesivas. Siempre que sea posible se recomienda que la longitud máxima de los tanques rectangulares no exceda en 10 veces la profundidad.



(a)



(b)

Fig 1.14 Tipos de Tanques de Sedimentación secundaria a) Circulares, b) rectangulares parcialmente cubiertos

1.3.3 Equipo de bombeo:

Las bombas normalmente empleadas en el campo de las aguas residuales son las centrífugas y de tornillo

Clasificación de bombas

Bombas centrífugas Las bombas centrífugas se clasifican en de flujo radial, mixto y axial.

Características de las bombas.

Una bomba centrífuga consta de dos elementos principales:

Rodete Es un elemento rotativo que fuerza al líquido a seguir un movimiento rotativo

Carcasa: o cuerpo de la bomba, la cual tiene por objeto dirigir el líquido hacia el rodete y hacia la salida. Al girar el rodete, el líquido sale del mismo con presión y velocidad superiores a las que tenía a su entrada.

La forma del rodete y de la carcasa varía con el tipo de bomba centrífuga. En una bomba de flujo radial el líquido entra axialmente en el rodete a través de la boquilla de aspiración y es descargado radialmente hacia la carcasa. En las bombas de flujo mixto, el líquido entra axialmente en el rodete y es descargado en una dirección intermedia entre la radial y la axial. En una bomba de flujo axial el líquido entra y sale del rodete axialmente.

Bombas de flujo radial: Los rotores utilizados en las bombas de flujo radial se clasifican en rotores de aspiración simple o doble. También pueden clasificarse de acuerdo con la forma y tamaño de sus canales, los cuales pueden ser rectos o de doble curvatura tal como en el rodete tipo Francis.

Las bombas utilizadas para el agua residual son, son generalmente de doble aspiración, del tipo voluta y equipadas con rodets inatascables como la mostrada en la figura 1.15.

Los ejes de las bombas pueden ser horizontales o verticales. Sin embargo se prefieren las bombas verticales por cuestión de limitación de espacio.

Las bombas para agua residual deben poder manejar los sólidos que entran en la red de alcantarillado. Como quiera que por la mayoría de lavabos domésticos pueden pasar sólidos de 70mm de diámetro, es práctica normal exigir que las bombas pueden manejar sólidos de 75 mm. La mayoría de las bombas de 100 mm tienen capacidad para manejar sólidos de 75 mm. El tamaño de sólidos que puede manejar una bomba aumenta con el tamaño de la misma hasta valores de 200 mm o más en bombas de 900 mm, dependiendo de su diseño. Las bombas inatascables de tamaño inferior a 100 mm no deben emplearse para aguas residuales que no hayan sufrido un tratamiento previo (Metcalf & Eddy, 1985a).

Bombas de flujo mixto Los rodets empleados en las bombas de flujo mixto pueden instalarse en carcasas tipo voluta, en cuyo caso se denominan bombas de voluta de flujo mixto o en carcasas de difusión similares a las de las bombas de hélice. Los rodets tipo Francis y los de flujo mixto pueden emplearse para carcasas del mismo diseño, los rodets tipo Francis se construyen para alturas superiores a 30 m.

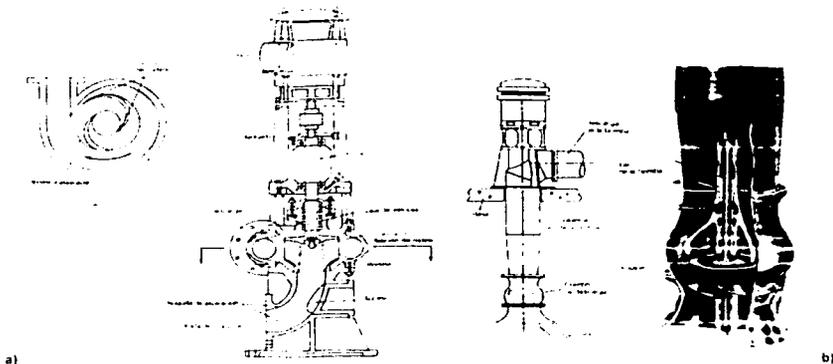


Fig. 1.15 . Bombas utilizadas en el bombeo de aguas residuales a) Bomba centrífuga vertical de flujo radial para aguas residuales, b) Bomba centrífuga vertical de flujo mixto

Las bombas de voluta de flujo mixto son adecuadas para el bombeo de agua residual sin tratar y agua pluvial, especialmente dentro del intervalo de velocidad específica comprendido entre 80 y 120. Las hay disponibles en tamaños de 200 mm y mayores y para alturas de hasta 15 a 18 m. Funcionan a velocidades superiores a las de las bombas inatascables de flujo radial, son generalmente de construcción más ligera y, cuando puedan utilizarse, son más baratas que las inatascables de capacidad equivalente. El tamaño de los sólidos que puede manejar una bomba de voluta de flujo mixto es más pequeño que el de una bomba inatascable del mismo tamaño, aunque la de 200 mm puede manejar sólidos de 75 mm. Los rodetes pueden ser abiertos o cerrados, aunque estos últimos son preferibles.

Bombas de flujo axial Las bombas de flujo axial tienen un rotor dotado de varios alabes dispuestos en hélice situado en una carcasa que incluye unos canales guía fijos antes y después de la hélice. Estas bombas tienen velocidades específicas superiores a 200. La acción de la bomba es similar a la de una hélice de barco.

Las bombas de flujo axial se emplean para bombear grandes caudales a poca altura, especialmente en el bombeo del efluente tratado de una planta de tratamiento o de aguas pluviales. Estas bombas son más baratas que las de flujo radial o mixto. No deben utilizarse

para bombear agua residual sin tratar, lodos, o agua pluvial que no haya sometida a un desbaste previo porque pueden obturarse con los trapos (Metcalf & Eddy 1985a).

Bombas de tornillo: La bomba de tornillo, es clasificada como bomba de desplazamiento positivo, es probablemente la más antigua del mundo. Se basa en el principio del tornillo de Arquímedes, en el cual un eje giratorio se lleva acoplado una, dos o tres chapas helicoidales gira en una cuneta inclinada, empujando el agua hacia arriba a través de aquella (fig 1.16). La bomba de tornillo tiene dos ventajas principales sobre las bombas centrífugas en el bombeo de aguas residuales:

Puede manejar sólidos de mayor tamaño sin atascarse

Funciona a velocidad constante para una amplia gama de gastos con rendimientos relativamente buenos.

Las bombas de tornillo se encuentran desde tamaños de 0.3 a 3 m de diámetro exterior y capacidades desde 0.01 a 3.2 m³/s aunque algunos fabricantes suministran tamaños superiores. El ángulo de inclinación esta normalizado en 30 a 38° (Metcalf & Eddy 1985a). Una bomba montada a 30° tiene mayor capacidad que una instalada a 38°, pero ocupa más espacio (Metcalf & Eddy 1985a). La altura total de bombeo esta limitada a unos 9 m. Esta limitación viene impuesta con las necesidades estructurales del propio tornillo.

Las bombas son, normalmente, accionadas por motores de velocidad constante y reductores con salida de 30 a 50 rpm. Los rendimientos normales son del 85% a la capacidad máxima y del 65% al 25% de dicha capacidad (Metcalf & Eddy 1985a). La capacidad de la bomba depende de la altura del líquido sobre el tornillo, cuanto más bajo sea el nivel, menor es la capacidad.

Debido a sus características de inatascabilidad y a su capacidad de bombeo de caudales variables, la bomba de tornillo puede ser muy útil en diversas aplicaciones de bombeo de agua residual incluyendo

- Bombeo de agua residual a baja altura
- Bombeo de aguas pluviales
- Bombeo de lodos de retorno
- Bombeo de efluentes tratados.



Fig 1.16 Bombas tornillo

Otro uso potencial es en una planta de tratamiento que vaya a ampliarse a un tratamiento secundario o avanzado, ya que en estos casos solo se requiere una pequeña elevación para conseguir la carga hidráulica necesaria para poder efectuar el tratamiento adicional sin dejar de utilizar el emisario de salida de la planta

La mayoría de las bombas de tornillo se instalan en el exterior y solamente el grupo motorreductor está alojado en el interior de un edificio. Las bombas se montan sobre unos canales de entrada independientes dotados de compuertas, de manera que puede aislarse la entrada de la bomba para proceder a su vaciado para el mantenimiento del cojinete de apoyo sumergido. La cota de descarga suele estar por encima del nivel máximo del agua en el canal de descarga, con lo que no se precisan válvulas de retención ni compuertas de aislamiento. Aunque la bomba de tornillo funciona a velocidad baja, el tornillo debe estar bien protegido por razones de seguridad. Preferiblemente, el canal debe ubicarse con una rejilla o entramado, o como precaución mínima debe aislarse con barandilla.

Otras bombas utilizadas en diversas aplicaciones para aguas residuales incluyen los eyectores neumáticos, las bombas con rodets lisos, las de emulsion y las de chorro.

Eyectores neumáticos Los eyectores neumáticos se instalan cuando los gastos iniciales son pequeños y los futuros estimados no excederán de la capacidad de instalaciones. Se emplean en estaciones de pequeña capacidad por que no se atascan fácilmente.

Las instalaciones municipales que utilicen eyectores neumáticos, deben incluir dos unidades que funcionen en ciclos alternos. Las unidades de mayor tamaño deben tener funcionamiento alternativo. Si las alcantarillas de llegada y salida de la planta tienen capacidad de almacenamiento suficiente, se pueden emplear unidades de menor capacidad funcionando como dos grupos independientes, en cuyo caso el control es mucho más sencillo.

Los eyectores neumáticos son económicos para gastos de hasta 20 l/s y a partir de este valor los costos de energía son excesivos. Para gastos mayores se recomienda emplear bombas centrífugas inatascables (Metcalf & Eddy 1985a).

Bombas de rodete liso Estas bombas son centrífugas del tipo voluta equipadas con un rodete especial sin alabes. Su capacidad es del orden de la mitad de la de una bomba convencional inatascable. Las bombas de rodete liso han demostrado un excelente comportamiento por razón de su inatascabilidad y son particularmente adecuadas para gastos pequeños. Se pueden encontrar en tamaños de hasta 125 mm.

Bombas de emulsión de aire (air-lift) y de chorro Una bomba de emulsión no tiene partes móviles, y por lo tanto es prácticamente inatascable (fig 1.17). El aire comprimido se introduce en la bomba por la parte inferior del tubo de impulsión. Debido a que la densidad de la mezcla aire y agua es menor que la del agua circundante, la mezcla asciende por presión atmosférica. La bomba de emulsión está limitada por la presión del aire comprimido, alcanzándose alturas del orden de 1 a 1.5 m.

Las bombas de chorro se emplean ocasionalmente en plantas de tratamiento de agua residual en ciertas actividades tales como el cebado de bombas centrífugas o de sumidero. Las bombas de chorro se conocen también como eyectores.

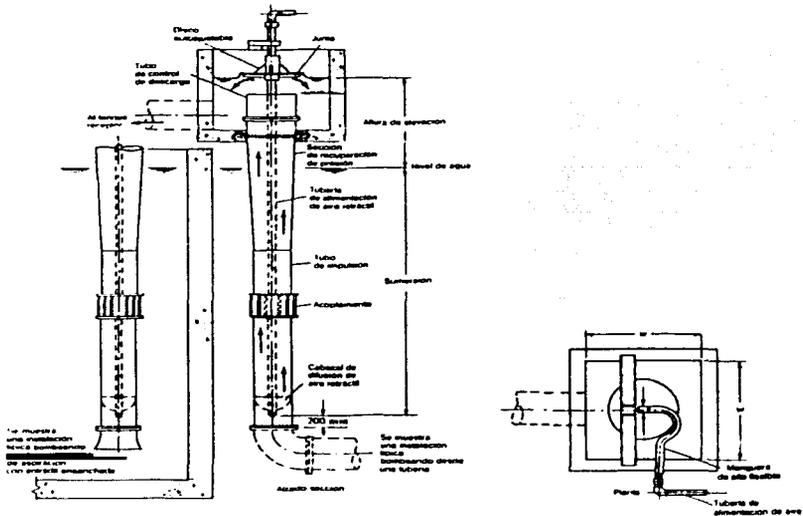
Bombas para espumas, arenas y lodos.

Las bombas utilizadas en el bombeo de espumas, arenas y lodos son del tipo vortice, de pistón y rotativas y su uso no es normal para las aguas residuales.

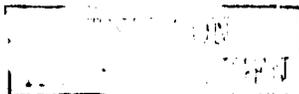
1. ANTECEDENTES

Bombas de vortice Tienen un rodete situado en un lado de la carcasa que está totalmente separado de la corriente líquida, creando un vortice por arrastre por viscosidad.

Las bombas de vortice han sido instaladas en muchas plantas de tratamiento para el bombeo de arenas, lodo, espumas y agua cruda y no han sufrido, normalmente, atascos en situaciones donde las bombas ordinarias inatascables tenían problemas frecuentes. Debido a su elevado costo y bajo rendimiento son fundamentalmente utilizadas para el bombeo de lodos. Existen bombas de vortice con revestimiento interior especial que tienen gran resistencia a la abrasión, para el bombeo de arenas y lodos de cenizas.



Bombas de pistón y rotativas Las bombas de pistón son muy utilizadas en las plantas para el bombeo de lodo primario a los tanques de digestión o para el trasvase de un digestor a otro. Las bombas rotativas de cavidad progresiva se han utilizado para el trasiego de lodo



concentrado. Las bombas rotativas de engranajes, se suelen instalar en los sistemas de lubricación de equipos de las plantas tales como motores y soplantes.

1.3.4 Unidad de Desinfección:

Es la etapa final del tratamiento donde se eliminan los organismos patógenos y algunas otras formas de vida indeseables para el uso al que se vaya a destinar el agua. El procedimiento mas usado en las plantas de tratamiento es la cloración.

El cloro se suministra como gas licuado a alta presión o en solución acuosa, y estos se encuentran en contenedores o tanques

El cloro se adiciona a través de un difusor, o por una hélice de un mezclador rápido para su difusión completa. El mezclado inicial de la solución de cloro con el agua residual puede conseguirse de forma adecuada de varias maneras: en conductos cerrados, con resaltes hidráulicos, vertedores sumergidos, canales de aforo Venturi, mediante deflectores inferiores y superiores, o por medios mecánicos.

El tiempo de contacto es extremadamente importante, el 80 al 90% del agua residual debe ser retenida en el tanque durante el tiempo de contacto especificado; para esto se usa un tanque de laberinto (Fig 1 18) de tipo de flujo en pistón o bien una serie de tanques interconectados o con compartimientos

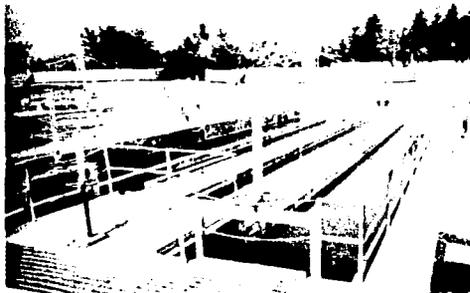


Fig 1 18 Tanques de Cloracion

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al final de este hay un medidor de gasto del cual esta conectado con los dispositivos de control de la cloración proporcional al gasto, este se hace desde este medidor o desde el medidor principal.

Para completar la instalación son necesarios algunos accesorios, estos pueden ser artículos pequeños, como válvulas auxiliares de repuesto para el tanque, hasta equipo de mayor envergadura, como son los analizadores de cloro residual. Las necesidades varían según el tipo y tamaño del sistema, la adecuación del personal, los requerimientos de las autoridades locales de salud y el tipo de cloración.

Entre los accesorios más comunes para un tanque de contacto de cloro que hacen más fácil el trabajo del operador y facilitan la efectividad de la cloración están:

Aparatos de alarma: Existen varios tipos de estos aparatos que indican problemas potenciales, incluyendo niveles altos o bajos de agua o de presión de cloro, y alto o bajo vacío en la operación del clorador

Analizadores de cloro residual: Estos miden automática y continuamente los residuos de cloro en el flujo que esta siendo tratado para poder tener control y monitoreo del proceso de cloración.

Sistema de medición de flujo de gas cloro: Este sistema transmite automática y continuamente una señal para registrar la tasa de flujo de cloro a través del clorador, asegurando así un registro de la operación del clorador.

Distribuidores de solución de cloro: Sirven para aplicar cloro a distintos puntos de aplicación

Mascarillas contra gas certificadas: Sirven para proteger al personal en caso de fugas de cloro

Válvulas y piezas de armadura: Para tener control adecuado en las tuberías de gas y de agua

Básculas para cilindros: Existen varios tipos de básculas para pesar los cilindros de cloro y los contenedores de tonelada, para así tener control del inventario de cloro.

Detectores de gas cloro: Estos detectores disparan una alarma cuando detectan niveles inaceptables de gas cloro en el aire

1.3.5 Unidad de Tratamiento y Acondicionamiento de Lodos.

Los sólidos extraídos por los diversos métodos en las plantas de tratamiento incluyen arenas, basuras y lodo, y constituyen el subproducto mas importante de los procesos de tratamiento. El lodo resultante de las operaciones y procesos de tratamiento se presenta, generalmente en forma de liquido o liquido semisólido que contiene normalmente entre el 0.25 hasta el 12% de

sólidos, dependiendo de las operaciones y procesos utilizados. De todos los subproductos el lodo es, sin duda, el de mayor volumen y su tratamiento y evacuación, es quizás el problema más complejo con el que se enfrenta el ingeniero dentro del campo de tratamiento del agua residual.

Los métodos principalmente utilizados en la actualidad para el procesamiento y evacuación del lodo son el espesamiento, concentración, acondicionamiento, deshidratación y el secado, se utilizan, fundamentalmente para eliminar la humedad del lodo, la digestión, la incineración y la oxidación por vía húmeda se utilizan principalmente para eliminar la materia orgánica presente.

El diagrama de flujo o por decir las operaciones unitarias que se usan en cada planta varía de acuerdo a las características del lodo residual.

Concentración

El contenido de sólidos de los lodos primarios, activados, de filtros percoladores o de la mezcla de los mismos varía considerablemente, dependiendo de las características de los lodos, de las instalaciones de eliminación y bombeo de los mismos y del método de operación. El espesado es un procedimiento utilizado para incrementar el contenido de sólidos del lodo por eliminación de parte de la fracción líquida. El espesado se consigue generalmente, por medios físicos, incluyendo la sedimentación por gravedad, la flotación y la centrifugación.

Equipos de espesado

Espesador por gravedad: Se realiza en un tanque de diseño similar al de un tanque de sedimentación convencional. Normalmente, se emplea un tanque circular. El lodo diluido se conduce a una cámara de alimentación central y a continuación se sedimenta y se compacta extrayéndose el lodo espesado desde el fondo del tanque (Fig. 1.19). Los mecanismos convencionales de recogida del lodo consisten en puentes rascadores de fondo o bien mediante puentes giratorios dotados con piquetas verticales que agitan el lodo suavemente dando lugar a la apertura de canales para el escape del agua promoviendo consecuentemente, su compactación. El flujo continuo del sobrenadante producido es regresado a los tanques de sedimentación primario, el lodo espesado que se recoge en el fondo del tanque es bombeado a los digestores o al equipo de deshidratación.

Centrifuga de camisa maciza: Su funcionamiento es continuo. Consiste en una camisa maciza montada horizontalmente con forma trococónica en un extremo. El lodo se introduce en forma continua en la unidad, y los sólidos se concentran en la periferia. El lodo acumulado es arrastrado por medio de un tornillo helicoidal que gira a una velocidad ligeramente diferente que la camisa, hacia el extremo troncocónico donde se produce una concentración adicional de los sólidos que son seguidamente descargados de la unidad.

Centrifuga de cesta: Funciona de modo discontinuo. El lodo líquido se introduce en una camisa giratoria montada verticalmente. Los sólidos se acumulan contra la pared de la camisa produciéndose la decantación del líquido. Cuando se ha alcanzado la capacidad de captura de sólidos de la máquina, se reduce la velocidad de la camisa y se posiciona un rascador en la misma para la extracción de los sólidos acumulados.

Estabilización

Procesos químicos y térmico:

Los lodos se estabilizan para:

- 2) reducir los microorganismos patógenos
- 3) eliminar los olores desagradables
- 4) inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción.

La supervivencia de los patógenos, el desprendimiento de olores y la putrefacción se producen cuando se permite que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción orgánica del lodo.

Hay 4 medios de eliminar estas condiciones perjudiciales a través de la estabilización

- 1) la reducción biológica del contenido volátil
- 2) la oxidación química de la materia volátil
- 3) la adición de productos químicos al lodo para hacerlo inadecuado para la supervivencia de los microorganismos y
- 4) la aplicación de calor con objeto de desinfectar o esterilizar el lodo.

Estabilización con cal

En este proceso se añade cal al lodo crudo en cantidad suficiente para alcanzar un pH de 12 o mayor. El alto pH crea un entorno que no es adecuado para la supervivencia de los microorganismos. En consecuencia, el lodo no sufrirá putrefacción ni desprenderá olores ni constituirá un peligro sanitario en tanto que el pH se mantenga en este nivel.

La adición de cal al lodo crudo ha sido practicada durante muchos años como procesos de acondicionamiento para facilitar la deshidratación, sin embargo el uso de cal como agente estabilizador es de aceptación muy reciente.

Digestión anaerobia de lodo. En cuanto al proceso de tratamiento, existen dos tipos que son: La digestión anaerobia convencional y la digestión anaerobia de alta carga.

Digestión anaerobia convencional. La digestión convencional de lodos se efectúa mediante un proceso de una sola fase. Normalmente se calienta el lodo mediante serpientes situados dentro de los tanques o mediante un intercambiador de calor exterior. En el proceso de una sola fase, la digestión, el espesamiento del lodo y la formación de sobrenadante se efectúan simultáneamente, el lodo sin tratar se añade en la zona en que el lodo está digiriendo activamente y liberando gas. Cuando el gas sube hacia la superficie, arrastra consigo partículas de lodo y de otras materias tales como grasas y aceites, dando lugar finalmente a la formación de una capa de espumas. Como resultado de la digestión el lodo se vuelve muy mineralizado, y se espesa por acción de la gravedad. A su vez esto motiva la formación de una capa de sobrenadante por encima del lodo digerido. Debido a la estratificación y falta de mezclado íntimo, el volumen de un digestor de carga normal y una sola fase no es mayor del 50% utilizado. Conociéndose estas limitaciones, la mayoría de las operaciones de digestión, se llevan a cabo en procesos de dos fases. En el proceso de dos fases, el primer tanque se usa para la digestión. Se calienta y se provee con medios de mezclado que consisten en uno o más de los dispositivos que se indican a continuación: 1) bombas de recirculación de lodos, 2) recirculación de gas utilizando tubos cortos para mezclado, uno o más tubos de aspiración profunda, o difusores montados en el fondo del tanque, 3) mezcladores mecánicos con tubos de aspiración, y 4) mezcladores de turbina y de impulsores. El segundo tanque se utiliza para el almacenamiento y concentración del lodo digerido así como para la formación de una capa de sobrenadante relativamente claro. Con frecuencia, los tanques se construyen idénticos, en cuyo caso, cualquiera de ellos puede ser el primario. En otros casos, el segundo puede ser descubierto, sin calentar, o una laguna de lodos. Los tanques pueden tener techos fijos o cubiertas móviles. Por lo general, los tanques son circulares y raramente tienen diámetros menores de 6 o mayores de 35 m. Deberán tener una profundidad de agua no inferior a 7.5 m en el centro y pueden llegar a tener una profundidad de hasta 14 m o más. El fondo deberá estar inclinado hacia el punto de extracción situado en el centro, con una pendiente mínima de 1 vertical por 4 horizontal.

Digestión anaerobia de alta carga: Este proceso difiere del convencional de una sola fase en que la carga de sólidos es mucho mayor. El lodo se mezcla íntimamente mediante recirculación del gas, bombeo, o mezcladores con tubos de aspiración calentándose seguidamente para lograr rendimientos óptimos en la digestión. A excepción de las cargas muy elevadas y de un mejor mezclado, son pocas las diferencias existentes entre el digester primario de un proceso convencional de dos fases y un digester de alta carga. El equipo de mezclado deberá tener mayor capacidad y llegar hasta el fondo del tanque. El lodo deberá bombearse al digester en forma continua o mediante ciclos de 30 minutos cada 2 horas. El lodo entrante desplaza al digerido a un tanque receptor con una capacidad determinada por los métodos de evacuación posteriores o bien a un segundo digester para la separación del sobrenadante y extracción del gas residual. No hay separación del sobrenadante en los digestores de alta carga y los sólidos totales se reducen en 45 o 50% y se liberan como gas, el lodo digerido viene a tener una concentración que es del orden de la mitad de lodo sin tratar:

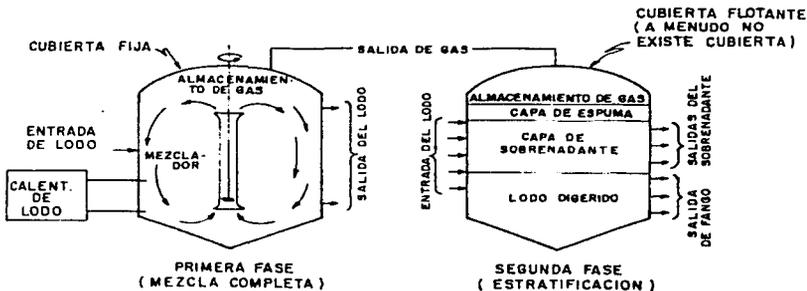


Fig1.20 Proceso de digestión de dos fases

Digestión aerobia Es otro método de digestión de lodos orgánicos producidos por distintas operaciones de tratamiento. Los digestores aerobios se usan para tratar lodo activado en exceso, mezclas de lodo activado o de filtros percoladores con lodos primarios o lodo activado en exceso procedente de plantas de tratamiento de lodos activados sin sedimentación primaria. El uso de la digestión aerobia ha sido empleado principalmente en pequeñas plantas,

especialmente del tipo de aireación extendida y de contacto y estabilización. Las ventajas que se le atribuyen a la digestión aerobia sobre la anaerobia son 1) una relación de sólidos volátiles aproximadamente igual a la obtenida por la vía anaerobia; 2) menores concentraciones de DBO en el líquido sobrenadante 3) formación de un producto final inodoro; 5) recuperación de los valores fertilizantes básicos del lodo; 6) Menores problemas operativos, y 7) menor inversión de capital. El principal inconveniente del proceso de digestión aerobia parece ser el elevado costo de energía asociado al suministro de oxígeno necesario.

Acondicionamiento

El acondicionamiento del lodo se realiza con el expreso motivo de mejorar sus características de deshidratación. Los dos métodos más frecuentemente usados suponen la adición de productos químicos y el tratamiento térmico. La elutriación, operación física de lavado, se emplea para reducir la cantidad necesaria de producto químico de acondicionamiento.

Acondicionamiento químico.

El uso de productos químicos para acondicionar el lodo para su deshidratación resulta económico por los mayores rendimientos y flexibilidad obtenidos. El acondicionamiento químico da como resultado la coagulación de los sólidos y la liberación del agua absorbida. El acondicionamiento se usa antes de la filtración al vacío y la centrifugación. Los productos químicos empleados son cloruro férrico, cal, sulfato de alúmina y polímeros orgánicos.

Los productos químicos son fácilmente dosificados y medidos en forma líquida. Si los productos químicos llegan en forma de polvo seco, se necesitan tanques de disolución. Estos tanques deberán ser suficientemente grandes para contener como mínimo, el suministro de un día de productos químicos y deben instalarse por duplicado. Se fabricaran o estarán revestidos con material anticorrosivo. PVC, polietileno y caucho son materiales idóneos como revestimiento de tuberías y tanques para las soluciones ácidas.

Deshidratación

La deshidratación es operación física unitaria utilizada para reducir el contenido de humedad de lodo por alguna o varias de las siguientes razones

1 Los costos de transporte del lodo por camión hasta el lugar de su evacuación última son notablemente menores cuando se reduce el volumen.

El lodo deshidratado es, generalmente, más fácil de manipular que el lodo espesado o líquido. En la mayoría de los casos, el lodo deshidratado es susceptible de ser manipulado con tractores dotados de cucharas y paletas y con cintas transportadoras.

La deshidratación es generalmente necesaria antes de la incineración de lodo para incrementar su poder calorífico por reeliminación del exceso de humedad.

Los dispositivos de deshidratación utilizan varias técnicas para la eliminación de la humedad. Algunos dependen de la evaporación y filtración naturales mientras que los aparatos de deshidratación mecánica utilizan medios físicos asistidos mecánicamente para deshidratar el lodo más rápidamente. Estos incluyen la filtración, el prensado, la acción capilar, la eliminación al vacío y la decantación y compactación centrífugas.

La selección del sistema de deshidratación es función del tipo de lodo a deshidratar y del espacio disponible. Para plantas pequeñas en que la disponibilidad del terreno no es problema, los lechos de secado o las lagunas son los medios más frecuentemente seleccionados. Por el contrario en instalaciones situadas en zonas de superficie limitada, se eligen en general, dispositivos de deshidratación mecánica.

Algunos lodos particularmente los lodos digeridos por vía aerobia tienen buenas características para su deshidratación mecánica. Estos fangos pueden deshidratarse en eras de secado con buenos resultados. Cuando se vaya a deshidratar mecánicamente un lodo concreto, a menudo es difícil o imposible seleccionar el aparato de deshidratación óptimo sin llevar a cabo estudios a escala de laboratorio o en planta piloto.

Entre los procesos de deshidratación disponibles se encuentran los filtros de vacío, los centrífugas, los filtros prensa, los filtros banda horizontales, los lechos de secado y el lagunaje.

Filtración al vacío Es una operación continua que se lleva a cabo, generalmente por medio de filtros cilíndricos de tambor. Estos tambores tienen un medio filtrante que puede estar constituido por un tejido de fibras naturales o sintéticas, espiras arrolladas o un tejido de malla metálica. El tambor se soporta por medio de un eje horizontal que queda parcialmente sumergido en una cuba de lodo. A medida que el tambor gira lentamente parte de su circunferencia se somete a un vacío interno que succiona el lodo hacia el medio filtrante. El agua se extrae a través de la torta porosa de lodo formada en ese sector de la circunferencia. El conjunto de las conducciones existente en el interior del filtro permite mantener la succión hasta la zona de descarga momento en que se aplica aire comprimido a través del medio

filtrante para separar la torta con la ayuda de una cuchilla de descarga. El medio filtrante puede lavarse en ese pequeño sector antes de que comience de nuevo la aplicación de vacío.

El rendimiento del filtro depende del tipo y edad del lodo, del proceso en que ha sido generado, del medio filtrante seleccionado y de la temperatura del lodo de alimentación. Aunque pueden establecerse algunos datos generales con respecto al rendimiento del filtro de vacío

Filtro de banda horizontal En la mayoría de los tipos de filtros de banda el lodo acondicionado es introducido en primer lugar en una sección de drenaje por gravedad que permite condensarlo. Algunas unidades tienen una ayuda de aspirado, que acrecienta el drenaje y puede ayudar a reducir los olores. Después del drenaje por gravedad, se aplica presión en una sección de baja presión, en donde el lodo es apretado entre dos bandas opuestas porosas. En algunas unidades la sección de baja presión es seguida por otra de baja presión, donde el lodo es sujeto a fuerzas cortantes conforme la banda pasa a través de una serie de rodillos.

Las fuerzas de compactación de este modo inducen la eliminación de cantidades adicionales de agua del lodo. La masa de lodo seco es removida de las bandas por unas cuchillas rascadoras.

Un sistema de filtros banda típico consiste en bombas alimentadoras de lodo, equipo de alimentación del polímero, un tanque de acondicionamiento de lodo, un filtro banda, un contenedor del lodo, y sistemas de soporte (bombas alimentadoras de lodo, bombas de agua, compresoras, etc). Algunas unidades no usan tanques de acondicionamiento de lodo.

Hay algunas variables que pueden afectar el rendimiento de los filtros banda como son: las características del lodo, método y tipo de acondicionamiento químico, configuración de la máquina, porosidad de la banda, velocidad de la banda y el ancho de la banda.

Los filtros banda son sensibles a las características del lodo, resultado de acondicionamiento inapropiado y baja eficiencia en la deshidratación.

Deshidratación por lechos de secado Uno de los métodos más comunes para deshidratar el lodo es su extensión sobre lechos de secado.

Los lechos de secado, se utilizan para deshidratar el lodo digerido, extendiéndolo sobre el lecho en una capa de 20 a 25 cm. Dejándolo secar. Una vez seco, extrae el lodo y puede llevarse a vertedero o utilizarse como material de relleno o fertilizante. Esta práctica resulta económica.

solamente en poblaciones pequeñas o de tamaño medio. En las poblaciones superiores a 20000 habitantes se deberán tener presentes otros medios de deshidratación del lodo.

El área de secado se divide en lechos individuales, de aproximadamente 6 m de ancho por 6 a 30 m de largo, con el tamaño adecuado de forma que se pueda llenar uno o dos lechos con una descarga normal de lodo de los digestores.

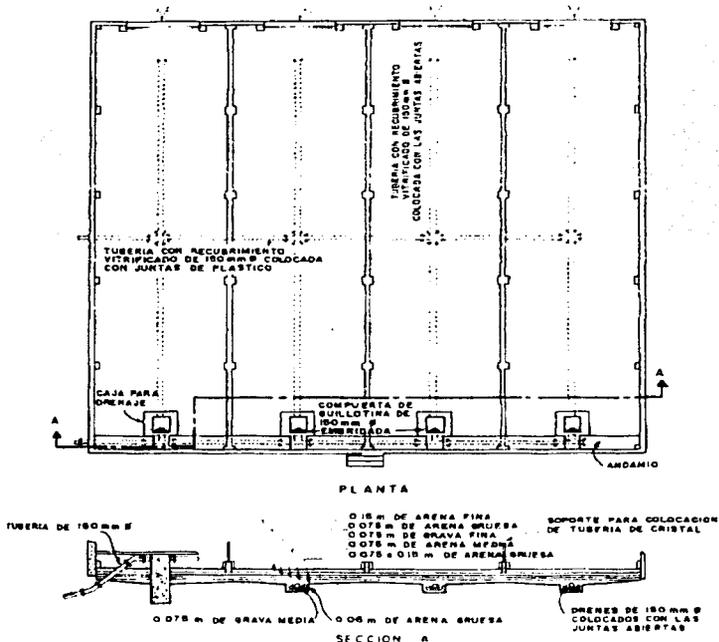


Fig. 1.21. Lechos Típicos de secado

1. ANTECEDENTES

Los lechos descubiertos se utilizan cuando se dispone de una superficie suficientemente aislada que evite las posibles quejas por malos olores ocasionales.

El lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa del mismo y de la arena de soporte, así como por evaporación de la superficie expuesta al aire. Los lechos de secado están equipados con tubos porosos laterales de drenaje, dichos tubos deberán colocarse correctamente y cubrirse con grava o piedra machacada

El lodo puede extraerse de los lechos de secado después de que haya drenado y secado suficientemente para ser paleable. El lodo seco posee una contextura basta, agrietada y es negro o marrón oscuro. El contenido de humedad es aproximadamente del 60% después de 10 o 15 días en condiciones favorables. La extracción del lodo se realiza manualmente con palas en carretillas o camiones o con una pala rascadora o cargadora de ataque frontal. Se dispondrán de manera que un camión pueda ser conducido a lo largo de los lechos para facilitar la carga

CAPITULO II

OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1 PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.

Hasta hace algunos años el arranque y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales se basaba en la experiencia y sentido común de los ingenieros responsables, pero hoy en día las plantas son mas grandes y de mayor complejidad en sus procesos y por lo tanto mas costosas en su construcción, además de requerir de un sistema de control mas completo el cual a veces resulta confuso hasta para operadores con instrucción.

La preparación para el arranque empieza mucho antes de completarse la construcción del sistema de tratamiento, propiamente comienza con la elaboración de los manuales de operación y mantenimiento, así como con el programa o protocolo de arranque, de modo que puedan utilizarse en la capacitación de los operadores.

La preparación del programa o protocolo de arranque debe realizarse en una secuencia lógica de modo tal que conduzca a una conclusión exitosa (Fig. 2.1)

TABLA 2.1 ARRANQUE DE UNA PLANTA

Capacitación	Procedimientos Preliminares	Pruebas hidrostáticas	Arranque
Actividades:	Actividades:	Actividades:	Actividades:
Curso de capacitación al personal Reconocimiento de las instalaciones Visita a una planta similar	Inspección y Prueba de Equipos individuales Limpieza y lavado Preparación de servicios	En esta fase el operador tomara las instalaciones en un estado de terminación mecánica y las llevara a uno de operación donde los equipos y sistemas trabajen satisfactoriamente en conjunto	Programa de arranque Protocolo de arranque

2.1.1 CAPACITACIÓN

El propósito de la capacitación es introducir al operador en los aspectos del proceso, evitando que opere por el simple hecho de cumplir una rutina de actividades diario. Debido a que comúnmente las instrucciones son demasiado específicas, sin la capacitación adecuada al

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

presentarse un problema dentro del proceso diferente a los de rutina, provoca que el operador no resuelva inteligentemente o en su defecto tardíamente el problema.

El curso de capacitación al operador dependerá de la naturaleza específica y complejidad de las unidades a operar, para completar la capacitación es indispensable realizar alternamente visitas a las instalaciones para el reconocimiento de los equipos que estarán a cargo de los operadores, así como de ser posible una visita a una planta similar.

Curso de capacitación la capacitación del personal de operación y mantenimiento es crítica para el buen funcionamiento de los equipos, tanto de proceso como mecánicos, así como de los sistemas eléctricos y aspectos de medición en hidráulica. Otro aspecto muy importante será la capacitación del personal de laboratorio en las técnicas analíticas requeridas para el monitoreo o control de la operación de la planta.

Por su importancia en el arranque las medidas de seguridad deberán ser analizadas en el curso, discutiéndose los riesgos de operación bajo diferentes condiciones y políticas de la planta.

Respecto al personal de operación la instrucción debe completarse con el tipo de tecnologías a utilizarse.

Los puntos sugeridos a cubrir en el curso de capacitación son:

Descripción general: En esta parte se describirán las condiciones de diseño y cambios químicos o físicos que ocurren durante el proceso. Bases de diseño que incluyen cargas de alimentación, especificaciones del influente y efluente, condiciones límites de operación.

Dosificación de químicos y sus especificaciones: Se debe incluir una explicación del diagrama de flujo de proceso y el balance de masa.

Control y condiciones de operación En esta sección se describirán las características de las reacciones químicas y biológicas involucradas y variables de control del proceso, incluyendo operaciones y procesos unitarios de cada proceso de tratamiento.

Equipo mayor Se analizarán los equipos más representativos de la planta como; sedimentadores, equipo de desinfección, bombas, sopladores, etc.

Equipo de emergencia Válvulas de seguridad, discos de ruptura, al igual que fluidos asociados, dimensiones, localización, puntos de ajuste, puntos de descarga, alarmas, circuitos de seguridad incluyendo sistemas de paro.

Preparación para el arranque inicial Fases de procedimientos preliminares y pruebas hidrostáticas y de equipos.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Arranque normal: Se enlistaran las fases de operación del sistema o procedimientos generales para la alimentación del agua residual cruda. Explicación de flujos y condiciones además de situaciones de emergencia.

Paro Normal: Se describirán de manera breve el procedimiento de los equipos e instalaciones para realizar el mantenimiento preventivo y/o inspecciones rutinarias.

Paros de emergencia: Se discutirán los tipos de problemas en condiciones de emergencia como: fallas de energía eléctrica, condiciones de flujo anormal, fallas en el control e instrumentación, incendios y/o desastres naturales como huracanes, sismos, etc .

El periodo de entrenamiento puede variar de planta a planta, sin embargo 2 semanas es un periodo inicial aproximado.

Procedimientos preliminares:

Antes de proceder a arrancar la planta es necesario llevar a cabo una serie de trabajos preliminares para evitar demoras o impedimentos en el arranque inicial, además de verificar que cargas de contaminantes y caudales serán los adecuados, y de disponer de los servicios auxiliares necesarios.

2.1.2 REVISIÓN FINAL DE LA PLANTA:

Es parte de los procedimientos preliminares. Consiste en hacer una inspección final a las estructuras y equipos que se pondrán en operación. Este paso es muy importante ya que se pueden evitar muchos problemas operacionales, en la inspección final se pueden detectar problemas que tal vez tome unas horas arreglarlos, pero evitara el paro de la planta días después de iniciada la operación creando mayores problemas solo por descuido u omisión. Es preferible que el ingeniero diseñador de la planta y el fabricante de los equipos estén presentes en la inspección para aclarar dudas a los operadores.

Cuando se haga la inspección, el operador de la planta debe tener conocimiento de cómo funciona cada parte de la planta, que es lo que hace, como lo hace y como darle servicio correctamente y con seguridad.

Las principales partes que se deben revisar se enlistan a continuación estas partes varían de planta en planta según el diseño específico.

- Compuertas o valvulas de control
- Abrir y cerrar las valvulas, revisar si son de fácil operación y acceso. Estas deben operar uniformemente, sin saltos durante la operación de abrir y cerrar. Revisar la posición en que la

válvula se encuentra abierta y cerrada, si no hay un vástago o señal que indique la posición de la válvula, contar las vueltas y registrar con cuantas vueltas la válvula está totalmente abierta.

Cuando las válvulas estén abiertas, Asegurarse que la línea del influente del tanque de aireación o canal de llegada esté libre de escombros como: rocas, grava, pedazos de concreto, u otro material extraño, ya que este material puede atascar una bomba o el mecanismo de rastras del sedimentador. Después de revisar la línea o canal, cerrar la válvula y verificar que no haya material extraño en las guías de las válvulas o compuertas que impidan que asienten perfectamente.

La válvula o compuerta debe estar pintada para protegerla contra la corrosión. Remover la cubierta que protege el vástago y revisar que la rosca del vástago esté lubricada y si existe una tuerca de tope de la carrera de la válvula o compuerta; si no hay, insertar una para evitar que la compuerta caiga en el tanque de aireación cuando algún operador la abra un poco más del tope, o el vástago sea doblado por un cierre de la compuerta más allá de lo normal.

- **Vertedores:**

Revisar que el vertedor esté bien nivelado, y volver a revisar cuando se llene el tanque de aireación con agua residual. Si el vertedor no está nivelado, el efluente no será distribuido uniformemente sobre el vertedor, esto podría causar cortocircuito. Los vertedores deben estar debidamente pintados con una pintura anticorrosiva, a menos que esté fabricado en un material resistente a la corrosión

- **Regaderas para control de espuma:**

Revisar cada una de las regaderas y asegurarse que cada una tenga una boquilla, que es la que produce el abanico de agua, el cual debe tener un ángulo de 45° con la superficie del tanque. Introducir el agua a las regaderas por unos minutos y cerciorarse que el abanico del agua cubra el área deseada. Verificar que no haya fugas en el sistema de tuberías y que el abanico de las regaderas se traslape con una con otra con el fin de obtener una buena operación. Cuidar que se instalen filtros "Y" antes de las regaderas para evitar que se tapen las boquillas, y así ahorrar en el futuro tiempo de mantenimiento

- **Sistema de aire**

Revisar el sistema de aire siguiendo el flujo de aire desde los sopladores hasta el tanque de aireación

- Filtros de aire

Revisar:

1) Puertas de acceso a la cámara de filtros: Estas deben estar revestidas alrededor con hule o algún material adecuado para formar un sello bien ajustado. Si hay algún boquete o rajadura, repararlas.

2) Interior de la cámara: Eliminar cualquier cantidad de arena, arcilla, papel u otros materiales extraños.

3) Bolsas de los filtros: Que estén bien instaladas y que los trabajadores no hayan dejado herramienta o algo que pudiera llegar dentro de uno de los sopladores.

4) Manómetro: Remover el tubo de vidrio del manómetro, teniendo cuidado de no quebrarlo. Introducir aire en las líneas que llegan al manómetro y cerciorarse que no haya ninguna obstrucción, si las líneas poseen accesorios, checar si hay fugas de aire. Si las líneas no están obstruidas, llenar el tubo "U" con el fluido requerido; el cual puede ser: aceite o agua, Adicionar algún tinte al fluido del manómetro para facilitar la lectura.

- Sopladores

Revisar: Switches, indicadores, conexiones de bombas, tipo y nivel de aceite. Arrancar la bomba de circulación de aceite y revisar el sistema de circulación antes de poner en operación los sopladores

Válvulas de entrada y salida Que sean fáciles de operar.

Los sopladores deben arrancarse sin carga (el aire debe descargarse a la atmósfera, hasta que la unidad esté operando satisfactoriamente), vaya valvuleando despacio hasta poner el aire completamente dentro del sistema. Cuando se vaya a parar el equipo, se debe seguir el procedimiento inverso. Asegurarse del procedimiento correcto para arrancar y parar, incluso mientras otros están en operación, ya que un procedimiento inapropiado de arranque y paro acorta la vida del equipo

Enseguida, revisar el motor, la base del soplador y la alineación de flechas del motor y soplador. normalmente el contratista deja alineado el equipo con equipo especial. Solicitar el equipo para alineación y compararlo con los datos del fabricante

Tomillos y tuercas de la base del soplador Que estén en su lugar y debidamente apretados, de no ser así apretarlos para evitar el desalineamiento del equipo al arrancar y volver a alinear

Si el soplador y el motor están anclados satisfactoriamente, los puntos de lubricación están en buenas condiciones y el alineamiento de flechas es apropiado, entonces el motor y el compresor darán vueltas con facilidad girando las poleas. Cuando las guardas de seguridad están instaladas y revisadas las partes en movimiento, entonces se está listo para revisar las líneas principales de aire o manífolds.

Válvula de alivio de presión: Que opere libremente mediante operación manual, levantando la válvula de su asiento, verificar que el manómetro esté bien instalado y su conexión no tenga fugas y que haya facilidad de acceso para la lectura.

Medidor de flujo de aire de la línea principal. Que este bien conectado y que contengan los datos correspondientes, y no tenga fugas

Trampa de condensados o de pal de aire: Remover cualquier basura o arena. Inspeccionar la línea principal desde los sopladores hasta los difusores en el tanque de aireación, buscando fugas, que las conexiones no estén flojas y que las tolerancias por expansión sean las correctas.

Pruebas del soplador

Iniciar la operación del soplador descargando el aire a la atmósfera. Revisar el procedimiento de arranque para los sopladores y ponerlos en operación durante 3 o 4 horas, y revisar que no ocurran sobrecalentamientos o vibraciones. Revisar la temperatura, amperaje, del motor, fluidos de aire, la presión diferencial del sistema del filtro y registrarlas. Repetir estos registros después de llenar el tanque de aireación

Después se revisa la válvula de alivio de presión para su correcta calibración, para esto hay que cerrar la válvula de alimentación de aire a los tanques de aireación y dejar que la válvula abra. Tomar el amperaje del motor para verificar si se sobrecarga bajo condiciones de operación. Si todo funciona bien por cuatro horas, no debe haber ningún problema inicial con los sopladores

- Cabezal de distribución de aire (air headers)

Remover cualquier objeto extraño, incluyendo arena o tierra del fondo del tanque.

Tuberías de distribución de aire. Que estén bien niveladas, limpiar la tubería con chorro de agua para remover tierra o partículas antes de colocar los difusores

Aireadores Superficiales

Se debe revisar

Lubricación del sistema motriz

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Todas las partes del aireador deben estar bien apretadas.

- o Si el nivel del agua de operación va a permitir una buena sumergencia de la propela o turbina del aireador.
- o El motor gire adecuadamente y sea clase F (a prueba de humedad)
- o Los elementos térmicos son del tamaño apropiado (en el centro de control de motores)

- ◆ Si el aireador es de tipo flotante revisar:
 - o El motor sea clase F
 - o Los anclajes deben estar seguros pero no tensionados.
 - o La caja de conexiones del motor debe estar sellada
 - o Cerciorarse que el motor del aireador tenga resistencias calefactoras para condensados, y un dren para eliminación de condensados.
 - o Que la propela esté balanceada dinámicamente.
 - o Los cables de anclaje tengan flotadores para evitar que se hundan cuando se le dé mantenimiento a un aireador fuera del tanque de aireación.
 - o Si el anclaje es con muertos (bloques de concreto en el fondo), procurar que tengan amarrado un cordel y un flotador para facilitar su localización.
- Sedimentador secundario:

Revisar

- o Operación de las válvulas o compuertas de control.
- o Fondo del tanque: que no haya escombros o algo que atore el sistema de rastras.
- o Lubricación del sistema motriz y alineación de la columna y rastras.
- o Revisar la distancia entre los hules de las rastras colectoras de lodo y el piso del sedimentador
- o Revisar que no haya materiales extraños en las líneas de tubería o canales de interconexión entre el aireador y el sedimentador.
- o Instalación de bombas de succión del lodo (o línea de descarga de lodo)
- o Nivelación de los vertedores
- o Mecanismos para eliminación de espuma
- o Una vez que las rastras han sido instaladas revisar la tolerancia del extremo de cada rastra con la pared del tanque (normalmente de 2.5 a 5 cms)

- Bombas de recirculación y desecho de lodo activado:
 - o Bloquear el botón de arranque en el centro de control de motores colocando una tarjeta de seguridad donde indique que este equipo está siendo revisado. Esto evitará accidentes. Remover, la cubierta de inspección en la carcasa de la bomba y verificar que el impulsor no tenga algún objeto extraño atorado y que esté debidamente unido a la flecha. Instalar la cubierta de inspección y revisar que haya manómetro en las líneas de succión y descarga de las bombas
 - o Válvulas de succión y descarga: Que operen sin atorarse durante la operación de abrir y cerrar.
 - o Baleros del motor y bomba: Que estén bien lubricados.
 - o Flecha del motor: Que esté bien alineada con la flecha de la bomba. Girar la flecha de la bomba manualmente varias revoluciones.
 - o Si todo esta correcto, introducir agua al sedimentador final o cárcamo de bombeo de lodo donde la bomba pueda succionar agua y pueda ser operada por unos minutos.
 - o Mientras se llena el cárcamo de bombeo, revisar las válvulas check y de recirculación de lodo. Abrir las válvulas de succión y descarga antes de operar la bomba.
 - o Revisar el sentido de rotación de la bomba y corregirla.
 - o Ver si hay fugas de agua en las tuberías y/o en la bomba, y operar durante 2 horas para verificar que no hay ningún problema
 - o Para revisar la bomba de desecho de lodo, la bomba de recirculación de lodo debe estar en operación con el objeto de asegurarse que este operará apropiadamente cuando el operador inicie el desecho de lodo

2.1.2.1 PRUEBAS HIDROSTATICAS

Consiste en probar y rectificar en presencia de agua, la hermeticidad de las unidades principales de proceso individualmente y posteriormente en conjunto con sus accesorios, para finalmente terminar con una prueba en serie. Los ingenieros encargados del arranque y operación deben estar alertas para localizar los errores de diseño y construcción que no fueron observados durante las primeras inspecciones ni cuando se efectuaron las pruebas de los equipos

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Se debe probar la estabilidad e integridad de las estructuras tales como cajas de distribución, tanques de contacto y retención.

Se recomienda hacer las pruebas en niveles máximos de operación

2.1.3 PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

Después de haber hecho la inspección final a la planta, los problemas detectados se han solucionado entonces la planta esta lista para ponerla en operación, los procedimientos de puesta en marcha dependen del tipo de planta y las unidades en servicio. El método para poner en marcha la planta dependerá de si se van a traer microorganismos de otra planta o no. El orden mostrado en este trabajo es sin cultivos de microorganismos de otra planta

El agua residual contiene los microorganismos requeridos para la estabilización biológica de la materia orgánica. Sin embargo estos están en muy bajas concentraciones, por eso es necesario acumularlos en una cantidad suficiente para un tratamiento rápido y eficiente. Esto se logra aireando y recirculando el flujo de los sedimentadores secundarios sin flujo adicional entrando al sistema hasta que las bacterias hayan terminado o casi terminado con la materia orgánica presente y empiecen a flocular de esta manera pueden ser sedimentados y removidos perfectamente

El procedimiento de arranque de la planta

Una vez que el tanque de aireación es llenado:

1. Poner una tasa de retorno de lodos al 75% u 80% de la tasa máxima disponible con las bombas de retorno de lodo
2. Arrancar los soplores y dejar que el aire salga por los difusores antes de introducir el agua residual para evitar que estos se tapen con los sólidos del agua residual.
3. La aireación debe estar en un rango que proporcione una mezcla efectiva del agua residual. Si el sistema tiene un control automático de oxígeno disuelto, se deben ajustar los controles para proporcionar una concentración de 2 a 3 mg/lit. La concentración de OD debe ser monitoreada durante todo el proceso de puesta en marcha y la tasa de aireación debe ser ajustada manualmente o automáticamente para asegurar un mínimo de 2 mg/l en todo tiempo
4. Mantener la aireación y la tasa de retorno hasta que los microorganismos empiecen a flocular y se sedimenten efectivamente en el sedimentador

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

5. Después de que el lodo empiece a flocular hay que agregar mas alimento (agua residual) a los tanques de aireación como sigue:
6. Lentamente abrir las salidas del efluente o remover las puertas de descarga del sedimentador para permitir que el efluente del sedimentador pueda ser descargado sin crear turbulencia excesiva en el sedimentador o sedimentadores.
7. Lentamente, empezar a agregar alimento (preferentemente del efluente primario) en la cabecera del tanque de aireación y continuar haciéndolo hasta que los sólidos empiecen a sobrepasar el vertedor del sedimentador
8. Cerrar las salidas de control del efluente y continuar la operación con aireación y recirculación descrita antes. Continuar esta secuencia hasta que en la prueba del licor mezclado se alcance un valor dentro del rango de 150 a 200 mg/l y la concentración de biomasa se haya incrementado lo suficiente para permitir un flujo controlado en el tanque de aireación
9. Dentro de las condiciones normales de inicio, el F/M puede estar el rango de 0.2 a 0.5 hasta que el sistema esta listo entonces sube o baja al rango de desecho.
10. Tan pronto como la concentración mínima de SSLM se ha alcanzado, entonces empezar a operar con flujo continuo hacia el tanque de aireación, la principal meta es alcanzar este punto tan pronto como sea posible.
11. Lentamente abrir las puertas de control del efluente o la puerta de descarga del sedimentador para permitir que el efluente sedimentado sea descargado sin crear una turbulencia excesiva en el sedimentador.
12. Introducir flujo en el tanque de aireación en la tasa calculada para los SSLM, usado el alimento medido para la DBO y SSLM. Observar el sistema cuidadosamente y asegurarse de que el flujo es correcto, y las tasas de aireación y retorno son mantenidas.
13. No introducir el flujo completo al tanque de aireación hasta que se haya acumulado la suficiente biomasa para mantener el F/M en el rango apropiado. Cualquier flujo en exceso debe ser interceptado antes de la planta y tratado en otra planta
14. Comenzar el desecho en una tasa que suministre un MCRT en el rango de 6 a 8 días o en el nivel determinado en los parámetros de diseño. El control del desecho se debe empezar a partir de este punto, aunque la meta sea acumular biomasa para prevenir el desarrollo de un cultivo. viejo e inactivo biológicamente. Empezar el desecho lo más pronto posible y continuarlo en lo posible para minimizar un efecto destructivo en el sistema biológico.

Continuar monitoreando la operación del tanque de aireación y la concentración de DBO en el efluente primario, mientras la concentración de SSLM crece para mantener el F/M en 0.2 a 0.5. Mantener este radio hasta que todo el flujo este siendo tratado en el tanque de aireación que es el tiempo en el que el F/M puede ser ajustado lentamente hacia el nivel de diseño. Ajustar las tasas de retorno para mantener la profundidad del lodo en el sedimentador dentro de niveles seguros y evitar el arrastre de sólidos del colchón de lodo. Una vez que la concentración de SSLM ha sido incrementada lo suficiente para permitir el tratamiento del total del flujo de diseño, aplicar los controles operacionales preestablecidos.

El tiempo requerido para alcanzar las condiciones normales de operación dependerán la mayor parte de agentes externos como la temperatura y composición del agua residual, este tiempo varía de 1 a 4 semanas dependiendo especialmente de la temperatura. El tiempo de puesta en marcha puede minimizarse con un buen control del proceso. Sin embargo, no puede ocurrir mas rápido de lo que las condiciones de proceso lo permitan. Cualquier intento de forzar el inicio puede resultar en fracasos y más tardanza de llevar al sistema a las condiciones de diseño

Es importante controlar el flujo en el tanque de aireación para asegurar que el sistema biológico no esta hidráulicamente o biológicamente sobrecargado. Si llegara a fallar este proceso resultaría en una grave sobrecarga, que causaría que las bacterias se defloculen y sean eliminadas del proceso

Se puede ahorrar tiempo al iniciar una planta, trayendo cultivos de otra planta ya en operación.

2.2 PARAMETROS E INDICADORES (Físicos, Químicos y organolépticos)

El grado de contaminación del agua, la calidad del agua residual y el rendimiento de la planta o eficiencia del tratamiento, se mide a través de parámetros físicos, químicos y organolépticos, estos parámetros se presentan en cada uno de los procesos de la planta, algunos de estos son necesarios para llevar a cabo una buena operación de la planta y otros son requeridos por la ley, algunos otros pueden ser necesarios para tomar decisiones rápidas para el control de proceso o decisiones de costo

Hay parámetros químicos, físicos y organolépticos en cada una de las partes de la planta que nos indican como esta funcionando la planta estos parámetros se miden con una periodicidad ya establecida segun el tamaño y características de la planta, o según lo marque la ley. El

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

operador debe decidir cuales son los parámetros a medir para evaluar la eficiencia del tratamiento.

Los principales parámetros e indicadores son:

2.2.1 Parámetros físicos.

- Sólidos totales: Es el material que arrastran las aguas residuales. Desde el punto de vista analítico, los sólidos totales se definen como el residuo que permanece después de haber evaporado el agua entre 103 y 105°C.
- Sólidos sedimentables: Son sólidos en suspensión que pueden llegar a sedimentarse en condiciones de reposo, debido a la influencia de la gravedad.
- Sólidos suspendidos no sedimentables: Son componentes de los sólidos totales, cuyo tamaño es menor a 10 micras.
- Sólidos disueltos o filtrables: Son componentes de los sólidos totales. Comprenden partículas del tamaño de iones y moléculas que pasan por un filtro menor de 10 mm.
- Temperatura: Es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual, usualmente la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua del abastecimiento, ya que recibe calor por los usos. Este parámetro es importante porque afecta a la vida acuática, la velocidad de reacción bioquímica y la transferencia de gases. Al aumentar la temperatura hay una disminución en la solubilidad del oxígeno en el agua y en consecuencia se aumenta la velocidad de degradación de los compuestos, en temperaturas muy altas se puede fomentar el crecimiento de especies indeseables de plancton y hongos, con esto se puede incrementar el tiempo de tratamiento o el tamaño de la planta de tratamiento.
- Color: Es una indicación de la edad del agua residual, ya que el agua doméstica presenta color gris cuando se acaba de generar, pero posteriormente se vuelve de color negro, debido a la actividad de los organismos anaerobios, que descomponen la materia orgánica y producen ácido sulfhídrico y metano. Las aguas residuales industriales pueden contener muchas sustancias colorantes, por ejemplo la industria textil, celulosa y papel, petrolera y petroquímica.
- Olor: Son causados por los gases e la descomposición orgánica por la actividad microbiana Aerobia, por compuestos industriales y por las reacciones de los componentes cuyo tratamiento es por procesos químicos.

2.2.2 Parámetros Químicos

2.2.2.1 Parámetros Químicos orgánicos

Estos parámetros nos ayudan a detectar la materia orgánica, y estos son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) Es el parámetro mas usado para estimar el grado de contaminación orgánica en el agua. Su determinación implica medir la variación del oxígeno disuelto en el agua a través del tiempo debido a las reacciones bioquímicas involucradas en el metabolismo microbiano de la materia orgánica.

La DBO del agua residual da una idea de la biodegradabilidad de la materia orgánica, además sirve para calcular la cantidad de oxígeno necesario para estabilizarla mediante un tratamiento biológico, este parámetro se emplea además para medir la eficiencia del tratamiento y en general la DBO es un índice importante de la calidad de los cuerpos de agua, aunque la prueba para su determinación puede durar varios días, lo más común es tenerla a los 5 días y se indica como DBO₅,

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) Permite medir indirectamente el contenido de materia orgánica. El procedimiento se fundamenta en la oxidación de la materia orgánica mediante un oxidante químico fuerte, tal como el dicromato de potasio, en medio ácido, alta temperatura y en presencia de sulfato de plata como catalizador.

La DQO es usualmente mayor que la DBO, ya que se oxidan químicamente una mayor cantidad de sustancias que en la forma bioquímica. Para muchos tipos de desechos la DQO se relaciona con la DBO, cuando se trata de desechos domésticos típicos la DQO es de 1.2 a 1.5 veces mayor que la DBO

- Carbono orgánico Total (COT o TOC) Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica. Su determinación se realiza mediante la combustión catalítica de muestras en un horno a alta temperatura y se mide el bióxido de carbono producido que es proporcional a la cantidad de carbono presente en la muestra. El contenido de bióxido de carbono se determina por espectrofotometría de infrarrojo

2.2.2.2 Parámetros químicos Inorgánicos.

- **pH:** Es la medida de la acidez o basicidad del agua. Los valores de pH mayores de 7.5 y menores de 6.5 afectan a los organismos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas residuales.
- **Alcalinidad:** Es la medida del contenido de iones hidróxido, bicarbonatos y carbonatos. Su efecto es limitante de la actividad biológica.
- **Nitrógeno Amoniacal:** Es un nutriente biológico e interviene en el metabolismo bacterial, y la edad del agua residual esta indicada por la cantidad relativa de amoniaco presente.
- **Nitratos:** Son nutrientes biológicos, y es un indicador de que el agua residual se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. El nitrógeno en forma de nitratos puede reutilizarse por las algas y otras plantas para formar proteínas, puede ser necesario eliminar o reducir el nitrógeno que haya presente para evitar el crecimiento de algas y plantas.
- **Fosfatos:** Son nutrientes biológicos esenciales para el crecimiento de las plantas y otros organismos biológicos, se pueden encontrar como ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos se hallan disponibles para el metabolismo biológico. Los polifosfatos sufren la hidrólisis en soluciones acuosas y vuelven a su forma de ortofosfato, sin embargo, esta hidrólisis es generalmente de menor importancia en la mayoría de las aguas residuales domésticas, aunque en ocasiones los polifosfatos pueden ser un importante constituyente de las aguas residuales domésticas
- **Metales pesados:** Indican contaminación industrial. Afectan el metabolismo microbiano por ser tóxicos

Gases Los gases que se encuentran comúnmente en las aguas residuales crudas son: hidrógeno, oxígeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, amoniaco y metano. Aunque todos deben ser considerados en el diseño de los procesos de tratamiento se debe poner atención a las concentraciones de oxígeno, ácido sulfhídrico y metano dentro de las aguas tratadas

Oxígeno Disuelto (OD) Es una medida de la actividad biológica. Se requiere para la respiración de organismos aerobios, que son de importancia en el tratamiento de aguas residuales

El oxígeno disuelto es necesario para todas las formas aerobias de vida aún dentro de las instalaciones o en las aguas receptoras. En ausencia de condiciones aerobias,

(condiciones anaerobias), la oxidación proviene de la reducción de sales inorgánicas como los sulfatos, o a través de la formación de bacterias productoras de metano. Los productos finales entre ellos el ácido sulfhídrico son siempre muy desagradables. Para eliminar posibles condiciones molestas en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y en las aguas naturales que reciben los efluentes, es importante que se mantenga un estado aerobio.

2.2.3 Parámetros Biológicos.

Los microorganismos que son de importancia en el tratamiento de aguas residuales son: bacterias, hongos, algas, protozoarios, rotíferos, crustáceos, y virus. La degradación de la materia orgánica es el resultado de la vida de los microorganismos.

- **Bacterias:** Son organismos unicelulares microscópicos cuyo tamaño varía de 0.5 a 6 micras, que se alimentan con material orgánico e inorgánico soluble. Conforme a la temperatura, las bacterias pueden ser criófilas, mesófilas y termófilas, el rango en que mejor funcionan se encuentra entre 12 y 18°C para las primeras, de 25 a 40°C para las segundas y de 55 a 65°C para las últimas.

En función del metabolismo, las bacterias, se clasifican en autótrofas y heterótrofas, la fuente de carbono proviene de sustancias inorgánicas para las autótrofas y de materia orgánica para las heterótrofas.

A su vez dichas bacterias pueden ser aerobias, anaerobias y facultativas, en función de las necesidades de oxígeno para su respiración así las aerobias requieren oxígeno, las anaerobias no, y las facultativas viven en una y otra condición.

Los protozoos de importancia para el operador son las amibas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Estos protistas se alimentan de las bacterias y de otros protistas microscópicos y son básicas en el funcionamiento de los procesos biológicos de tratamiento así como en la purificación de los ríos porque mantienen un equilibrio natural entre los distintos grupos de microorganismos. También estos protistas son indicadores de algunos problemas en los procesos biológicos como la aparición de espuma en exceso, o el abultamiento de lodo por eso es muy importante el análisis microscópico.

La presencia de organismos patógenos, o sea organismos que pueden causar daño a la salud de los seres humanos, se identifican mediante las bacterias del grupo coliforme y los

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

estreptococos fecales que son los indicadores de contaminación bacteriológica del agua. Un indicador es un organismo que por su presencia demuestra que ha ocurrido la contaminación.

Grupo Coliforme: Incluye a todas las bacterias aerobias, y anaerobias facultativas, Gram. negativas, no esporuladas, en forma de bacilo corto, que fermentan la lactosa con producción de gas en 24 horas a 35°C. Este grupo heterogéneo no sólo está presente en las heces humanas, sino que se encuentra en otros ambientes como son aguas negras, aguas dulces superficiales, suelo y vegetación

En el grupo de los coliformes se encuentran las siguientes:

- Escherichia coli, Eaureacens, Efreundii, E. Intermedia
- Enterobacter aerogenes, E. Cloacae
- Intermediarios bioquímicos entre los géneros Escherichia y Enterobacter.

El grupo coliforme se subdivide en dos categorías: fecal y no fecal. Esta subdivisión se basa en la suposición de que Escherichia coli y otras cepas estrechamente relacionadas sean de origen fecal, mientras que Enterobacter aerogenes y sus relativos más cercanos no son de origen fecal directo.

Las características que hacen de los coliformes buenos indicadores de contaminación son las siguientes:

Grupo coliforme total

Ventajas:

- La ausencia de coliformes es una evidencia de la potabilidad bacteriológica del agua
- La densidad de coliformes es una medida proporcional aproximada de la contaminación por desechos fecales.
- Si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal, las bacterias coliformes deben existir en mayor número, ya que están siempre presentes en el intestino de humanos y animales de sangre caliente, y se eliminan en gran número por las heces
- Los coliformes persisten en medio acuático más que las bacterias patógenas de origen intestinal
- Los coliformes son generalmente menos dañinos al hombre y pueden determinarse cuantitativamente por los procedimientos rutinarios de laboratorio.
- Desventajas

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

- Algunos miembros de grupo coliforme tienen una amplia distribución en el medio ambiente en comparación a su presencia en los intestinos de animales de sangre caliente
- Algunas cepas del grupo coliforme pueden crecer en aguas contaminadas y por consiguiente esto hace difícil la evaluación de la presencia o grado de contaminación

Grupo coliforme fecal

Ventajas

El 95% de los coliformes de origen fecal da positiva la prueba de la temperatura.

- Estos organismos están relativamente ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- El tiempo de supervivencia del grupo coliforme fecal en aguas es más corto que el de los coliformes no fecales. Por consiguiente una densidad alta de coliformes fecales indica una contaminación relativamente reciente
- Los coliformes fecales generalmente no se multiplican fuera de los intestinos de los animales de sangre caliente
- Desventajas
- Un número pequeño de coliformes fecales da negativa la prueba de la temperatura
- Actualmente se conoce poco acerca de la supervivencia relativa de los coliformes fecales y de las bacterias patógenas entéricas en aguas contaminadas.

En la Tabla 2.2 se enuncian los parámetros recomendables a monitorear dentro de la planta, estos varían de planta a planta pero son los más comunes.

También hay indicadores para monitorear y evaluar la operación de los sistemas que son:

1 Sólidos suspendidos en el licor mezclado (MLSS). Esta es una medida muy importante que muestra la cantidad de lodo en el tanque de aireación. En plantas grandes este parámetro se determina por lo general varias veces al día y en plantas pequeñas solo una vez.

2 Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado (MLVSS). Este análisis indirectamente muestra la fracción de masa activa biológica de sólidos en el licor mezclado y directamente nos dice la cantidad inerte de sólidos. Por ejemplo, la cantidad de MLVSS está entre 70-80% de los MLSS. Sin embargo, cuando hay fuertes infiltraciones en el drenaje, el acarreo de arcilla puede disminuir los MLVSS de 55 a 60%. Cuando el porcentaje de MLVSS disminuye hay que aumentar los MLSS para mantener el mismo nivel de microorganismos activos.

3 Índice de densidad de lodo (SDI). La velocidad a la que los sólidos del lodo activado sedimentan en el sedimentador secundario depende de las características de sedimentabilidad del lodo. Estas características se determinan por una prueba muy sencilla de sedimentabilidad.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

la cual consiste en tomar 1000ml de muestra del tanque de aireación y se dejan sedimentar en un cilindro de 1000 ml de capacidad y graduado. Se lee el volumen de lodo al final de 30 min. Los resultados de esta prueba se utilizan para determinar el SDI

$$SDI = \frac{MLSS(mg/l)}{\text{delodosedimentadodespuesde30min.}(ml/l)} \times 1000$$

Un buen índice de densidad de lodo es de alrededor de 1.0. Un lodo con un SDI = 1.5, es denso y sedimenta rápidamente. Un SDI < 1.0, significa un lodo ligero el cual sedimenta despacio.

4. Índice volumétrico de lodo. El índice volumétrico de lodo también se usa para indicar las características de sedimentabilidad de lodo activado, y se define.

$$SVI = \frac{\text{lodosedimentadodespuesde30min.}(ml/l) \times 1000}{MLSS(mg/l)}$$

En este caso un SVI de 100 o menos se considera que el lodo tiene buena sedimentabilidad. Entre más bajo sea el SVI el lodo es más denso.

5. Relación comida / microorganismos, (F/M). Este parámetro es usado para expresar la carga total de materia orgánica en el sistema biológico, y es la relación que existe entre los kgs de DBO₅ que entran al tanque de aireación por día y los kgs de MVLSS en el tanque de aireación y el sedimentador secundario.

Una relación de F/M alta refleja una carga alta en el sistema de lodos activados, y esto indica que se está desechando mucho lodo. Un valor muy alto de F/M (>0.5) indica normalmente un sistema inestable, aunque hay plantas que operan muy bien a F/M > 0.5.

Una relación de F/M baja o una concentración normal de MLSS (menor a 0.1) indica una planta que tiene una carga baja de materia orgánica

6. Tiempo de retención de sólidos, SRT. Es el tiempo promedio que los sólidos son mantenidos en el proceso

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.2 PARÁMETROS SUGERIDOS A MONITOREAR

PARAMETRO	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO
Gastos (Instantáneos para comparación de pruebas de control y lecturas totales para obtener datos promedio diarios. Usar siempre las mismas unidades)	Influyente secundario RAS WAS Licor mezclado de desecho (Si la plante desecha directamente del tanque de aireación)
Resultados de la prueba de sedimentación	Volumen de lodo sedimentado Concentración del lodo sedimentado SVI Velocidad de sedimentación Curva de sedimentación ↳ Licor mezclado, SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen ↳ Lodo de retorno, SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen ↳ Lodo de desecho, SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen ↳ Reaireación, SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen (para estabilización por contacto) ↳ Tanque de aireación (para aireación escalonada y estabilización por contacto) ↳ Sedimentador
Concentración de sólidos (Para todos los tanques o los que contengan cantidades significativas de lodo)	
Tiempo de retención de lodo	
Altura del colchón de lodo y el Muestreo	↳ En cada sedimentador, SST centrifugados por volumen (para muestreo del centro) ↳ Tanque de aireación, Entrada, en medio y en la salida a diferentes profundidades ↳ Tanque de reaireación, Entrada, en medio, y en la salida a diferentes profundidades (para estabilización por contacto)
Oxígeno Disuelto OD	
DBO y DQO	Influyente Secundario Efuyente Secundario Efuyente de nitrificación
SST	Influyente Secundario Efuyente Secundario Efuyente de nitrificación
Turbiedad	Efuyente Secundario Efuyente de Nitrificación
Metales pesados	Influyente secundario Efuyente Secundario
pH	Influyente de la planta Influyente Secundario Influyente de Nitrificación
Examen microscópico enumeración y caracterización	Licor Mezclado Lodo de retorno
Tasa de Respiración (SOUR)	Salida del Tanque de aireación (Licor mezclado) Agua cruda (Influyente secundario y RAS)
Temperatura	Licor mezclado (Tanque de aireación)
Tasa de Nitrificación	Tanque de aireación de nitrificación
Nitrogeno (amonia y TKN)	
DBO TKN	Influyente de Nitrificación
Alcalinidad	Influyente secundario Efuyente Secundario Efuyente de nitrificación (Cuando hay una alcalinidad mayor a 30 mg/l como CaCO ₃ usualmente indica nitrificación)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.2 PARÁMETROS SUGERIDOS A MONITOREAR

PARAMETRO	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO
Comentarios	Cantidades de sobreflujo en el sedimentador Cargas de sólidos en el sedimentador Tiempos de retención en el tanque de aireación

2.3 CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN

El objetivo principal de una planta de tratamiento de aguas residuales es conseguir rendimientos en el tratamiento de estas y que sean acordes con la normatividad vigente.

Dentro de las condiciones normales de operación se lleva a cabo un control de los parámetros antes dichos, en las llamadas operaciones de proceso y también se deben llevar a cabo las operaciones de seguimiento de planta que consiste en la vigilancia e inspecciones necesarias para que se puedan ajustar las diferentes fases del tratamiento, consiguiendo así el funcionamiento óptimo de las instalaciones y un mejor rendimiento.

Los principales controles que se llevan a cabo dentro de la planta son:

Control de la aireación y oxígeno disuelto (O.D)

La concentración de oxígeno disuelto O.D en el tanque de aireación debe mantenerse entre 1 a 3 mg/l. Si en el proceso de lodos activados se requiere nitrificación se requiere que el O.D. sea mayor de 1 mg/l ya que debajo de este valor los microorganismos nitrificantes disminuirán su actividad y pueden morir. Por otro lado, una sobre aireación puede ocasionar el rompimiento de los flocúlos de SSLM los cuales aparecerán en la superficie del sedimentador secundario.

Se sugiere que el operador monitoree cada 2 horas el O.D. en el tanque de aireación, de tal manera de hacer los ajustes de aire apropiados cuando el nivel de O.D. es de 0.5 mg/l en el tanque de aireación se ha asociado con características de sedimentación pobre (Tabla 2.3).

TABLA 2.3 FRECUENCIAS DE MONITOREO DE OD

PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	METODO	RANGO	CONDICIÓN
Revisar el Nivel de O.D	Cada 2 hrs	Medidor de O.D	1 a 3 mg/l	Alta Satisfactoria Baja
Cheque el patrón de mezcla	Diario	Observación visual	Mezcla uniformes y patrón de turbulencia Burbujas de aire	Partes muertas Turbulencia desigual Sitios separados de turbulencia

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.3 FRECUENCIAS DE MONITOREO DE OD

PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	METODO	RANGO	CONDICION
Checar los requerimientos de aire (sistema de difusores)	Diario	Calcule Volumen de aire que esta siendo aplicado por Kg de DBO o DCO removida		Alta Satisfactoria Baja
Revisar los requerimientos de aire (aireación mecánica superficial)	Mensual	Calcule KgO ₂ /Kg de DBO ₅ removida		Alta Satisfactoria Baja

TABLA 2.4 REQUERIMIENTOS DE AIRE PARA SISTEMAS POR DIFUSIÓN Y AIREACIÓN MECÁNICA

Sistema de Aeración por difusores		Sistema de aireación mecánica superficial	
M ³ estándar de aire/Kg removido		M ³ aire/m ³ agua	Kg de aire/kg DBO ₅ remov
DCO	DBO ₅		DCO
65-125	50-95	3.75-7.5	1.5-1.8
			DBO ₅ 1-1.2

Control mediante recirculación de lodo:

Para una buena operación del proceso de lodos activados, se debe alcanzar y mantener una buena sedimentación de los SSLM. Los SSLM sedimentan en el sedimentador secundario y se regresan al tanque de aireación. A estos sólidos que regresan se les llama RAS. La recirculación hace posible que los microorganismos estén en el sistema de tratamiento más tiempo que el agua que está siendo tratada. El rango de RAS para un proceso convencional de lodos activados es entre 20 y 40 % del efluente del sedimentador primario. Cuando hay variaciones en la calidad del lodo activado se requiere haya un cambio en el flujo del RAS debido a las características de sedimentación del lodo.

Hay 2 criterios básicos que pueden ser usados para control RAS, estos son

- a) Flujo constante de Ras (independiente del influente al tanque de aireación)
 - b) Porcentaje constante del influente al tanque de aireación
- a) *Flujo constante de RAS* Cuando se controla el proceso de lodos activados con un flujo constante de RAS hay una variación continua en la concentración de SSLM, la cual será mínima durante flujos pico del influente al tanque de aireación máxima durante flujos mínimos. Lo anterior se debe a que los SSLM fluyen al sedimentador secundario a una velocidad o tasa, más alta durante flujos máximos cuando ellos están siendo removidos a una tasa constante (flujo constante). De igual manera, cuando el flujo del influente es mínimo los SSLM están

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

siendo regresados al tanque de aireación a una tasa mayor que a la que están entrando en el sedimentador. El tanque de aireación trabaja como almacén de SSLM durante flujos mínimos en el influente y son transferidos al sedimentador secundario cuando se inicia el aumento de flujo del influente, actuando como almacén donde el colchón de lodos está variando constantemente en altura. La ventaja de este método es su simplicidad y que requiere menos operación, sin embargo hay una variación continua del F/M, aunque es muy pequeña y no representa mayor problema.

b) *Porcentaje constante del influente al tanque de aireación:* Este criterio para controlar la tasa de RAS requiere de un método programado para mantener un porcentaje constante del influente del tanque de aireación. El programa puede consistir de un instrumento automático que mida el flujo y mande una señal a la válvula automática de RAS para que esta se abra o cierre dé acuerdo con la variación del flujo, con el objeto de mantener un porcentaje constante del flujo influente. También, puede controlarse por ajustes periódicos manuales. Este método mantiene más constante los SSLM durante flujos altos o bajos.

La ventaja de este método es que se reducen las variaciones de SSLM y el F/M, los SSLM permanecen poco tiempo en el sedimentador secundario, reduciendo la posibilidad de desnitrificación. Sin embargo la desventaja es que el sedimentador esta sujeto a cargas máximas de sólidos cuando contiene la máxima cantidad de lodo, lo que puede resultar en acarreo de sólidos en el efluente del sedimentador secundario.

TABLA 2.5 PROCEDIMIENTOS ESTANDAR PARA CONTROL DEL FLUJO DE RECIRCULACIÓN DE LODOS ACTIVADOS (RAS)

PROCESO	METODO	OPERACION	QUE REVISAR	FRECUENCIA DE AJUSTE	CUANDO CHECAR	CONDICION
Mezcla completa o flujo de pistón	Flujo constante	Manual	Colchón de lodo	diano	Cada 8 horas	Alto Satisfactorio Bajo
	% constante del flujo del influente al tanque de aireacion	Manual	% del flujo del influente	Cada 2 horas	Cada 2 horas	Alto Satisfactorio Bajo
	% constante del flujo al tanque de aireacion	automatico	Colchón de lodo	diano	Cada 8 horas	Alto Satisfactorio Bajo
			Colchon de lodo	Diano	Cada 8 horas	Alto Satisfactorio Bajo

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.5 PROCEDIMIENTOS ESTANDAR PARA CONTROL DEL FLUJO DE RECIRCULACIÓN DE LODOS ACTIVADOS (RAS)

PROCESO	METODO	OPERACION	QUE REVISAR	FRECUENCIA DE AJUSTE	CUANDO CHECAR	CONDICION
	Control mediante nivel de colchón de lodo	automático	Colchón de lodo	diario	Cada 8 horas	Alto Satisfactorio Bajo
Reaireación	% constante del flujo del influente al tanque de aireación	automático	Relación SSLM/RAS ₅₅	Cada 2 horas	Cada 2 horas	a)

Dentro de las demás instalaciones se debe llevar un seguimiento diario para evitar problemas operacionales en los otros sistemas que conforman la planta esto se debe hacer diariamente para evitar problemas mayores.

2.4 CONTROL DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

El Control del proceso de lodos activados consiste en la revisión de datos de operación y laboratorio con el fin de seleccionar los parámetros operacionales (tales como F/M, MCRT, MLSS, y calidad de lodo en relación con los flujos de RAS y WAS) que nos den la mejor operación y costo mínimo. El operador tiene que estar consciente del ahorro de energía y la producción de un efluente que cumpla con las condiciones particulares de descarga que fija el gobierno federal

Para controlar los principales parámetros se usan los siguientes métodos:

Métodos de control del flujo de RAS:

Se usan.

- a) Colchón de lodo
 - b) Balance de masa
 - c) Sedimentabilidad
 - d) Índice volumétrico de lodo
- a) Colchón de Lodo Es el método más directo para ajustar el flujo de RAS, debe ser controlado a menos de ¼ de altura efectiva del sedimentador. Si se observa que el colchón de lodo está aumentando un aumento en el flujo de RAS puede únicamente resolver el problema por un periodo corto. El aumento en el colchón de lodo puede deberse a que se tiene mucho lodo activado en el sistema de tratamiento, y/o a características pobres de sedimentación de

lodo. Si la sedimentación de lodo es muy pobre, aumentando el flujo de RAS puede causar aun más problemas debido al aumento de flujo en el sedimentador. Si la sedimentación del lodo es muy pobre por abultamiento de lodo, hay que mejorar las condiciones ambientales para los microorganismos. Si hay mucho lodo en el sistema, el exceso tiene que ser desechado.

La altura del lodo debe ser revisada diariamente, durante el periodo de flujo máximo ya que de esta manera el sedimentador está operando bajo la carga más alta de lodos. Los ajustes del flujo de RAS serán ocasionales si el proceso está trabajando apropiadamente.

b) Balance de masa: Es muy útil; sin embargo, considera que el colchón de lodo en el sedimentador es constante.

Para llevarlo a cabo se necesitan los siguientes datos:

1. Q, flujo del influente, m³/día.
2. Concentración de SSLM, mg/l
3. Concentración del lodo R,

Para esto se usa la siguiente fórmula:

$$Q_r = \frac{Q \times SSLM}{RAS_{ss} - SSLM} \quad \text{Donde } Q_r \text{ es el flujo de recirculación de lodo}$$

$$r = \frac{Q_r}{Q} \quad r = \% \text{ del flujo del influente.}$$

c) Sedimentabilidad: Se basa en el resultado de una prueba de sedimentación del lodo, la cual se define como el porcentaje de volumen ocupado por el lodo del tanque de aireación después de un tiempo de 30 minutos de sedimentación.

Datos requeridos

- 1 Flujo del influente, m³/día
- 2 Volumen de solo sedimentado, SV, ml

Y se calcula

$$r = \frac{SV}{1000 \cdot SV'} \times 100 = \% \text{ del flujo del influente}$$

$$Q_r = Q \cdot r = \text{m}^3/\text{día}$$

d) Índice Volumétrico de lodo: Para usar este método se combina el balance de masa y el método de sedimentabilidad. Este método se basa en el uso del SVI para estimar la concentración de sólidos suspendidos en la RAS (RAS_{ss}). Después el valor de RAS_{ss} se usa para calcular el flujo Q_r

Datos necesarios:

1. SVI
2. Flujo del influente, Q $m^3/día$
3. Concentración, SSLM, mg/l

Usando la siguiente formula:

$$RAS_{Sx} = \frac{1000000}{SVI}$$

Usando el resultado obtenido:

$$Q_r = \frac{Q \times SSLM}{RAS_{Sx} - SSLM}$$

$$r = \frac{Q_r}{Q} \times 100$$

El SVI se usa como un índice de estabilidad del proceso. No se puede comparar el SVI de una planta a otra, ya que puede indicar una buena operación en una planta y en otra no.

Control del desecho de lodos activados.

El proceso de lodos activados se controla básicamente por la cantidad de lodo que es desechado. La cantidad de lodo desechado del proceso afecta a lo siguiente:

- Calidad del efluente
- La tasa de crecimiento de los microorganismos
- El consumo de oxígeno
- Sedimentabilidad del lodo
- Cantidad de nutrientes requerida
- La formación de espuma
- La posibilidad de nitrificación

El objetivo de desechar lodo activado es mantener un balance entre los microorganismos y la comida medida como DBO₅ o DQO. Es sabido que cuando los microorganismos remueven la DBO₅, del agua residual y la cantidad de lodo activado aumenta. La velocidad a la que estos microorganismos crecen se llama tasa de crecimiento, y es medida como la cantidad de lodo activado que aumenta en un día. De esta manera se mantiene constante la cantidad de microorganismos en el sistema. El objetivo del control del proceso es llegar a este balance controlando cualquiera de los siguientes parámetros de control

- a) SSLM
- b) F/M
- c) MCRT

Los parámetros mencionados son los que más se usan. Los métodos para desecho de lodo activado son: intermitente o continuo. Cuando se haga el desecho de lodo activado continuamente el operador debe revisar la concentración de RAS_{SS} (Sólidos suspendidos volátiles en la recirculación), y hacer los ajustes necesarios.

Cuando el desecho se hace en forma intermitente, el operador tiene que revisar el RAS_{SS} para calcular Q_{WAS} (Flujo de lodo de desecho). El operador deberá repetir el cálculo de Q_{WAS} para cada periodo de desecho para tomar en cuenta las variaciones en la concentración de la recirculación. Un control apropiado del desecho de lodo producirá una alta calidad en el efluente y un mínimo de problemas operacionales.

a) Control constante de los sólidos suspendidos en el licor mezclado SSVLM

Es usada por muchos operadores, debido a que es simple de entender y requiere un mínimo control de laboratorio. Con esta técnica se obtiene una buena calidad del efluente, en tanque las características del influente sean más o menos constantes con variaciones pequeñas en el flujo del influente.

En esta técnica el operador trata de mantener constante la concentración de SSVLM en el tanque de aireación. Si los SSVLM aumentan, hay que desechar más lodo hasta alcanzar el nivel.

Datos requeridos

- 1 Sólidos que se requieren en SSVLM en el tanque de aireación.
- 2 Sólidos encontrados en el tanque de aireación SSVLM₂
- 3 Concentración de lodo RAS_{SS}

Determinar el volumen a ser desechado por día con la siguiente ecuación:

$$V_{desecho} = \frac{SSVLM_2 - SSVLM_1}{RAS_{SS}} \cdot \frac{1kg}{lit} = m^3$$

b) Control constante del F/M

Esta técnica es usada para asegurar que el proceso de lodos activados, está siendo abastecido con una cantidad de materia orgánica a una tasa a la que los microorganismos son capaces de

utilizar la mayor parte de la comida proporcionada en el agua residual que está siendo tratada. Si se aplica mucha o poca comida (materia orgánica) para la misma cantidad de microorganismos pueden presentarse problemas operacionales y el efluente disminuir en calidad.

Hay 4 cosas que se deben recordar acerca de la reacción F/M.

- La concentración de comida se estima con la DQO o DBO₅
- La cantidad de comida aplicada es importante para el cálculo de F/M
- La cantidad de microorganismos puede ser representada por la concentración de SSVLM.
- Los datos obtenidos para calcular F/M deben estar basados en un promedio de 5 días consecutivos.

c) Control constante del tiempo medio de residencia celular (MCRT)

Se considera que es la mejor técnica disponible, puede controlar la carga orgánica F/M, y por consiguiente puede calcular la cantidad de lodo activado que debe ser desechada de una manera lógica.

El MCRT expresa el tiempo promedio que los microorganismos permanecerán en el proceso de lodos activados. El valor de MCRT que se escoja debe producir la mejor calidad del efluente y debe corresponder al valor de F/M para el cual fue diseñado. El operador tiene que encontrar el mejor MCRT para su proceso, relacionándolo con relación F/M así como la DBO₅, DQO y concentraciones de materia suspendida.

El MCRT también determina el tipo de microorganismos que predomina el proceso de lodos activados, ya que éste tiene influencia directa en el grado de nitrificación, el cual puede ocurrir en el proceso

Para calcular el MCRT para luego calcular el flujo de WAS se siguen los siguientes pasos

Datos requeridos

- 1) Sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (SSVLM kg)
- 2) Concentración de sólidos suspendidos volátiles en la RAS (RAS_{vas}, mg/l)
- 3) Flujo de desecho de lodo activado (Q_{WAS} m³/día)
- 4) Concentración de Sólidos suspendidos volátiles, en el efluente del sedimentador secundario (Efl_{vas}, mg/l)
- 5) Flujo del influente de la planta ($Q = Q_a$, m³/día)
- 6) MCRT deseado MCRT días

Para determinar el MCRT en días

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

$$MCRT = \frac{SSVLM}{RAS'_{SS} \times Q_{WAS} + Efl_{w,s} \times Q_r}$$

Para determinar el flujo de desecho:

$$Q_{WAS} = \frac{SSLM}{(MCRT_{deseado})(RAS'_{SS})}$$

Lo anterior quiere decir que durante el periodo de MCRT obtenido se debe desechar el Q_{WAS} obtenido en la segunda ecuación, este debe ser determinado y ajustado diariamente para mantener el MCRT deseado.

- Laboratorio para control del proceso.

Una herramienta indispensable para controlar el proceso de todos activados es una muestra confiable para efectuar un análisis de laboratorio. Cuando el operador relaciona los análisis de laboratorio en la operación de su planta, puede seleccionar los parámetros operacionales más efectivos, determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento, e identificar cuando un problema se está desarrollando antes que pueda afectar la calidad del efluente

a) Muestreo: Un buen procedimiento de muestreo es fundamental para obtener resultados de laboratorio que tengan sentido o que sean confiables. Una muestra representa únicamente una pequeña fracción del flujo total, y hay que tener mucho cuidado para asegurarse que la muestra sea representativa, de otra manera los datos analíticos no tienen utilidad en el control del proceso. No se puede especificar la localización exacta de puntos de muestreo en una planta de tratamiento, debido a las condiciones tan variables y al diseño sin embargo es posible presentar ciertas recomendaciones generales. Como son:

- 1 - El punto de muestreo debe ser seguro y accesible
- 2 - Las muestras de SSLM deben ser tomadas a una distancia conveniente aguas arriba del punto de descarga
- 3 - Evitar que durante el muestreo se tomen depósitos de las paredes o la superficie del agua.
- 4 - Las muestras tienen que ser tomadas en un punto donde se observe un mezclado uniforme.
- 5 - Cuidar que la muestra no tenga partículas más grandes a las comunes
- 6 - La muestra tiene que ser entregada y analizada tan rápido como sea posible. Las muestras que vayan a ser almacenadas deben estar a una temperatura de 3 a 4°C

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Hay 2 tipos de muestras, dependiendo del propósito del muestreo. La primera es una muestra individual que consiste de una porción tomada a cualquier hora. La segunda es una muestra "compuesta" que consiste en porciones tomadas a intervalos de tiempo conocidos y luego combinadas en volúmenes que son proporcionales al flujo, al mismo tiempo que se toma cada porción.

El muestreo y tipo de muestreo se debe llevar a cabo de acuerdo a la normatividad vigente y también de acuerdo las necesidades operacionales de la planta.

Programa de laboratorio.

Los análisis específicos y su frecuencia para control del proceso varían de planta a planta, dependiendo de la variación de los procesos, su tamaño, equipo de laboratorio, método de control usado, personal y técnicos entrenados. El operador tiene que determinar cuales son los análisis que requiere para obtener la información suficiente para el control del proceso. Se lleva una hoja de registro mensual para ayudar al operador en la obtención de datos, cálculos y registros.

Análisis microscópico.

El análisis microscópico de los SSLM puede ser de gran ayuda en la evaluación del proceso de lodos activados. La presencia de ciertos microorganismos en el licor mezclado del tanque de aireación puede rápidamente indicarnos un tratamiento pobre o uno bueno. Los microorganismos más importantes son las bacterias autótrofas y heterótrofas, las cuales son responsables de la purificación del agua residual. Los protozoarios juegan un papel muy importante en la sedimentación del agua residual y actúan como un indicador del grado de tratamiento. La presencia de rotíferos, es también un indicador de la estabilidad del efluente. La predominancia de protozoarios (ciliados) y rotíferos en los SSLM es signo de una buena calidad del lodo. El tratamiento bajo estas condiciones, con tasas de recirculación, desecho y aireación apropiadas, puede esperarse que se tuviera una calidad buena del efluente. Por otro lado, la predominancia de organismos filamentosos y un número limitado de ciliados es característica de una pobre calidad del lodo. Esta condición es asociada con un lodo que tiene malas características de sedimentación.

Los microorganismos que son importantes para el operador son los protozoarios y los rotíferos. Como se dijo anteriormente, los protozoarios se comen a las bacterias y ayudan a proporcionar

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

un efluente claro. Básicamente, el operador debe estar familiarizado con tres grupos de protozoarios, los cuales tienen un significado en el tratamiento de aguas residuales. Estos grupos incluyen lo siguiente:

Amibas

Flagelados

Ciliados

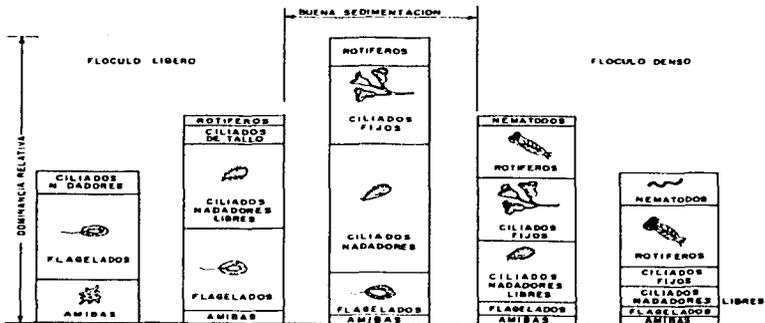


Fig 2.1. Predominancia de Ciliados, flagelados y amibas en el agua residual, y su relación con la calidad y sedimentación del lodo

Las amibas pueden predominar en el floculo de SSLM durante los periodos de arranque del proceso de lodos activados, o cuando el proceso se está recuperando de una condición de mala operación. La predominancia de flagelados puede ser asociada con un floculo disperso y ligero, una población baja de bacterias y una alta carga orgánica (DBO). Entre más denso se convierta el floculo, la predominancia de flagelados disminuirá con un aumento de bacterias. Los ciliados pueden predominar durante el periodo de buenas características de sedimentabilidad (fig 2 1). Los ciliados pueden ser clasificados en 2 grupos básicos, ciliados nadadores y ciliados con tallo (fig 2 2). La presencia de los ciliados nadadores es un indicativo que el tratamiento tiende con un grado óptimo. La predominancia relativa de estos microorganismos junto con los rotíferos indicará un proceso de operación eficiente y estable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

La observación de la actividad de los microorganismos y su predominancia puede proporcionar una guía para realizar ajustes al proceso.

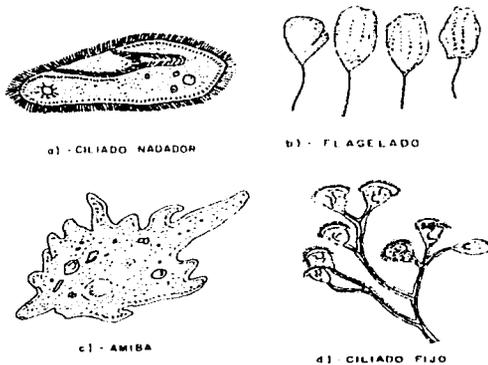


Fig 2.2 Microorganismos importantes del lodo activado

El análisis microscópico del lodo de preferencia debe efectuarse 3 veces a la semana durante flujos pico. Cuando se tiene un patrón de organismos predominantes durante condiciones de operación normal, la frecuencia del examen microscópico puede ser reducido a una vez por semana.

La óptima explotación del conjunto de las instalaciones de una planta de tratamiento de aguas residuales, es consecuencia de la unión de un conjunto de acciones que pueden agruparse en cuatro apartados:

1. Conocer exactamente las características del agua aportada, en cada una de las etapas del proceso.
2. Conocer los parámetros que definen dichas etapas.
3. Modificar los parámetros para conseguir en cada momento la mejor calidad de agua tratada y así alcanzar el mayor rendimiento.
4. Consegir que los elementos, integrantes de cada etapa del proceso, cumplan el programa establecido de acuerdo a las características del agua y parámetros de proceso.

2.4.1 CUANTIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO

El rendimiento en el proceso de lodos activados usualmente es medido monitoreando en el efluente secundario SST, DBO, DQO, y otros parámetros requeridos, tales como amonio para plantas que requieren nitrificación. Aunque hay otros parámetros que son requeridos por la legislación, como turbiedad y demanda de cloro, también puede ser necesario obtener información rápida para controlar el proceso o simplemente tomar las decisiones de costo. Aunque el análisis del efluente es esencial, algunas observaciones visuales en el tanque de aireación y las características del sedimentador enunciadas a continuación, juegan un rol importante en la medición del rendimiento.

- Patrón de aireación
- Turbulencia
- Espuma (Cantidad y color)
- Olores (influyente y en el licor mezclado)
- Superficie del sedimentador (lodo que se eleva, efluente turbio, grasa etc.)
- Claridad del efluente

A veces la calidad de estos indicadores nos revela más fácilmente información sobre la calidad del proceso. Así también, oyendo y tocando el equipo se puede dar una alerta a tiempo sobre fallas en el equipo, antes de que estas se conviertan en críticas.

El operador necesita reconocer y diferenciar entre condiciones normales y no normales de operación

Remoción de materia suspendida El proceso de lodos activados removerá un gran porcentaje de los orgánicos solubles y materia suspendida cuando se está operando en un rango apropiado de carga. La eficiencia de remoción de estos constituyentes es indicador del rendimiento

La claridad del efluente que es un parámetro para medir la claridad del efluente también puede ser usado para cuantificar el desempeño

Los records operacionales y las graficas de datos, deben ser revisadas y analizadas para determinar las acciones para restaurar el comportamiento deseado del proceso.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Manejo de los datos del proceso. Los datos del control de proceso y los resultados de las pruebas de monitoreo deben ser guardados y organizados después de cada prueba. Por lo general se guardan en una hoja de datos diseñada para este fin.

Las hojas de datos para el control de proceso y pruebas de monitoreo deben contener lo siguiente.

1. Gastos (Gastos instantáneos para las comparaciones de las pruebas de control, y las lecturas totales para el promedio diario, expresar todos los valores en las mismas unidades)
 - ❖ Influyente secundario
 - ❖ RAS
 - ❖ WAS
 - ❖ Licor mezclado de desecho
2. Resultados de la prueba de sedimentación.
 - ❖ Volumen del lodo sedimentado
 - ❖ Concentración del lodo sedimentado
 - ❖ SVI
 - ❖ Velocidad de Sedimentación
 - ❖ Curva de sedimentación
3. Concentraciones de sólidos (Para todos los tanques o aquellos que contengan cantidades significativas de lodo)
 - ❖ Licor mezclado - SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen
 - ❖ Lodo de retorno -SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen
 - ❖ Lodo de desecho - SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen
 - ❖ Reaireación - SST y SSV por peso, SST centrifugados por volumen (Para estabilización por contacto)
- 4 Profundidad del colchón de lodo (Para cada sedimentador)
- 5 Oxígeno Disuelto
 - ❖ Tanque de aireación. En la entrada, en un punto medio y en la salida a diferentes alturas
 - ❖ Tanque de reaireación. (Para estabilización por contacto).
- 6 DBO y DQO
 - ❖ Influyente secundario
 - ❖ Efluente secundario
- 7 SST

- ❖ Influyente secundario

- ❖ Efluente secundario

8. Turbiedad

- ❖ Efluente Secundario

- ❖ pH

- ❖ Influyente de la planta

- ❖ Influyente Secundario

11. Examinación y enumeración microscópica

- ❖ Licor mezclado

- ❖ Lodo de retorno

- ❖ Tasa de respiración

- ❖ Salida del tanque de aireación (licor mezclado)

- ❖ Muestras de alimentación.

13. Nitrógeno (amonio, nitratos y nitritos)

- ❖ Influyente Secundario

- ❖ Efluente secundario

14. Alcalinidad

- ❖ Influyente secundario

- ❖ Efluente secundario

15. Comentarios y datos especiales

- ❖ Superficie del sedimentador y cantidades de sobreflujo

- ❖ Tiempo de retención en el tanque de aireación.

Los resultados de las pruebas de control se usan diariamente en los cálculos de los procesos de control, por lo que el valor de algunos parámetros cambiara cuando se haga un ajuste de control.

Un factor importante que ha afectado al control del rendimiento de la planta es que muchas plantas son pequeñas y que ni siquiera cuentan con una computadora para almacenar los datos y con poco personal que apenas se da abasto con las actividades de operación y se descuida el monitoreo del rendimiento de la planta, por lo que se debe tener en cuenta que en este tipo de plantas se deben hacer pruebas rápidas, y usar algún método u hoja rápida de cálculo

Las graficas son una herramienta importante para vaciar ahí la información de las pruebas y cálculos, por lo regular las graficas son puestas en una pared del área de laboratorio donde las

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

pruebas son realizadas. Ellas deberán contener la mayoría de los datos mas importantes para la operación del proceso. Los parámetros de monitoreo también deben ser graficados para la evaluación del proceso (Fig. 2 3)

Los valores de sedimentación y concentración de lodo, altura del colchón de lodo, turbiedad del efluente secundario, y los demás parámetros seleccionados deben ser registrados en las graficas, por lo menos una vez al día, y preferentemente después de cada turno. Si hay eventos extraordinarios que afecten el rendimiento de la planta como lluvias extraordinarias, desechos de la industria o quimicos tóxicos entrando a la planta, fallas de energia, se pueden notar directamente en las graficas. Cuando las graficas son llevadas de forma adecuada, las razones de problemas repentinos, o desbalances en el proceso se ven fácilmente y se pueden tomar medidas correctivas a tiempo.

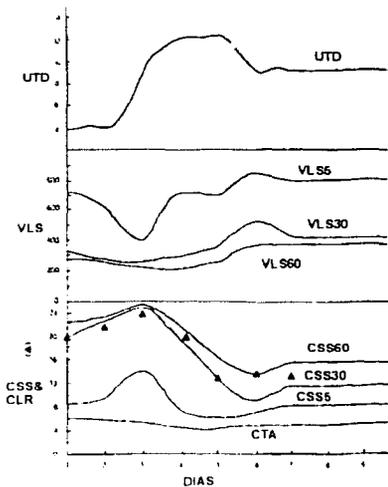


Fig 2.3 Ejemplo de una Grafica con un alto MCRT (lodo Viejo)

Nota: UTD-Unidades totales de desecho, VLS-Volumen de lodo sedimentado, CSS-Concentración de lodo sedimentado, CTA- Concentración en el aire de aireación, CLR-Concentración del lodo de retorno

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

2.5 PROBLEMAS MAS FRECUENTES EN LA OPERACIÓN

Cuando se va a poner en operación la planta es recomendable hacer una auditoria al diseño, mas que nada para conocer las capacidades, los límites de la planta y revisar en que punto de la operación se necesitaría una remodelación, y por ultimo conocer los problemas de diseño que se puedan presentar en la planta

Los problemas más comunes que ocurren en el proceso de lodos activados pueden ser corregidos con cambios operacionales. Pero antes de hacer un cambio se debe estar totalmente seguro de la causa del problema, pues de lo contrario se tomarían decisiones precipitadas que en lugar de solucionar el problema lo pueden empeorar.

2.5.1 PROBLEMAS EN EL PRETRATAMIENTO

Los problemas en el pretratamiento se dan por lo regular en las partes móviles de los equipos, para evitar mayores problemas, se deben seguir las instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante, y tener muy presente el manual de operación y mantenimiento de la planta.

Problemas en las rejillas:

Los problemas en esta parte del tratamiento se podrían relacionar en 3 categorías

- Condiciones de operación inusuales (descargas eventuales excesivas de desechos que tapan las rejillas)
- Falla del equipo
- Falla en los controles

Las rejillas de limpieza mecánica a veces reciben grandes cargas de desechos que tapan sus mecanismos de rascado

La siguiente tabla presenta los problemas más comunes que se presentan en las rejillas que ayudara al operador a reconocer los problemas en estos equipos y determinar rápidamente las soluciones. Esta tabla omite fallas basicas como cortos circuitos o que en la planta falle la luz eléctrica

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Desarenadores:

La mayoría de los problemas de operación en los desarenadores se dan en las partes móviles, diversos tipos de averías y fallas pueden afectar bastante la operación y eficiencia del sistema. Por este motivo el operador debe aprender como usar el equipo, como funciona y como resolver los problemas que pudieran ocurrir con el equipo.

Es muy importante seguir las indicaciones de operación y mantenimiento del fabricante. La tabla 2.7 indica los problemas mas comunes en los diferentes tipos de desarenadores, que ayudara al operador a identificar estos problemas.

TABLA 2.6 PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LAS REJILLAS

Indicadores / Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
Olores molestos, moscas y otros insectos	Acumulación de trapos y desechos grandes	La frecuencia y el método de remoción de desechos	Incrementar la frecuencia de remoción y mejorar la disposición de los desechos
Arena excesiva en la cámara de las barras de las rejillas	Velocidad del flujo muy baja	La profundidad de la arena en la cámara el fondo de la cámara es irregular Velocidad del gasto	Remover la irregularidad del fondo Incrementar la velocidad en la cámara o lavarla regularmente con una manguera
Taponamiento excesivo de las rejillas	Aumento inusual de la cantidad de desechos en el agua residual. Revisar los desechos industriales	Condiciones aguas arriba	Usar una rejilla mas grande o identificar la fuente de desecho causante del problema para evitar la descarga de estos desechos en el sistema
	Frecuencia de limpieza inadecuada	Frecuencia de limpieza	Incrementar la frecuencia de limpieza
Rastrillo mecánico no opera.	Mecanismos atascados	Barras de las Rejillas	Remover la obstruccion Ajustar la tensión de los resortes si es apropiado
Los rastrillos no operan, pero el motor si	Hay una tornillo roto	Inspeccionar y busque el tornillo roto	Identificar la causa de la ruptura y reemplazar el tornillo
	Cable o cadena rota	Inspeccionar la cadena o cable	Reemplazar la cadena o cable
	Switch esta roto	Inspeccionar el switch	Reemplazar el switch
Los rastrillos no operan sin ningun problema visible	Corto circuito en algun equipo remoto	Checkar los circuitos de encendido	Reemplazar el circuito Reemplazar el motor
Marcas de fricción de metal con metal en las rejillas.	Las rejillas necesitan ajustes	Ver las barras un ciclo observar y escuchar	Ver las recomendaciones de ajuste del fabricante

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.7 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LOS TANQUES SEDIMENTADORES

Indicadores/Observaciones	Causa Probable	Checkar/monitorear	Soluciones
Arena compacta en los colectores	El colector esta operando a una velocidad excesiva	Velocidad del colector	Reducir la velocidad en el colector
	El ascensor de cubo o el equipo de remoción opera a baja velocidad	Velocidad del sistema de remoción	Incrementar la velocidad del sistema de remoción de arenas de los colectores
Olor a huevo podrido	Formacion de Sulfuro de Hidrogeno	Hacer un muestreo en los depositos de lodo para sulfatos totales y disueltos	Lavar la camara desarenadora y poner hipoclorito
Arena acumulada en la camara	Desechos sumergidos	Inspeccionar la camara	Lavar la camara diariamente Remover los desechos
	Velocidad del flujo muy baja o una cadena rota o zafada	Checkar el equipo	Reparar el equipo
Corrosion del metal y el concreto	Ventilación inadecuada	Ventilacion y hacer un muestreo de los depositos de lodo para sulfuros totales y disueltos	Incrementar la ventilación y Es recomendable realizar una reparación y pintar anualmente las piezas
Las arenas removidas son grises, tienen olor y textura grasosa	La cantidad de aire es inadecuada	Revisar la cantidad aireacion	Corregir la cantidad de aireacion
	La velocidad en el sistema es muy baja	Usar colorantes o objetos flotantes para verificar la velocidad	Incrementar la velocidad en la camara desarenadora (0.3 m/s) Usualmente es la optima a menos que la estrategia de operacion necesite menor velocidad)
La superficie turbulenta en cámaras desarenadoras aireadas esta reducida	Difusores están cubiertos con hielo o arena	Difusores	Limpiar los difusores y corregir los problemas de pretratamiento
Baja recolección de arenas	Hay baja sedimentacion debido a velocidades muy altas	Velocidad	Mantener la velocidad cercana a 0.3 m/s
	Demasiada aireacion	Aireación	Reducir la aireación Incrementar el tiempo de retención usando mas unidades o reduciendo el flujo hacia la unidad
Desbordamiento de la camara desarenadora	Problemas de bombas	Bombas	Ajustar los controles de las bombas
Desechos sépticos con grasa y burbujas de gas en la camara desarenadora	Lodo en el fondo de la camara desarenadora	Fondo de la camara desarenadora	Lavar la camara diariamente Remover los desechos Reparar la o las partes dañadas

2.5.2 PROBLEMAS MAS COMUNES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO

En esta parte del tratamiento para remediar los problemas que se pudieran presentar el operador debe conocer las características del lodo primario recolectado, los problemas de diseño de los tanques, el equipo y los indicadores de problemas operacionales.

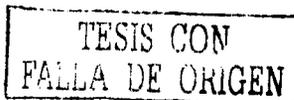
A continuación se hace un breve esquema de estos aspectos.

- Características del Lodo removido; esto varia en cada planta y esto depende de:
 - Composición, frescura, fortaleza, constituyentes, sedimentabilidad del agua residual entrante al tanque.
 - Características del tanque
 - Manejo del tanque de sedimentación, incluyendo los métodos de remoción del lodo.
- Problemas de diseño El operador necesita reconocer los problemas de diseño que afectan el rendimiento del sedimentador y los posibles remedios. Algunos de estos se pueden llevar a cabo a un bajo costo.
- Problemas operacionales y sus soluciones La naturaleza de los problemas operacionales y su gravedad son frecuentemente dependientes de la temperatura. En climas fríos, el lodo será más difícil de bombear, las tuberías de lodo colectaran grasa más rápido, y las cantidades de desengrasante se incrementaran, sin embargo la septicidad y el olor disminuirán.

A continuación se presentan dos tablas con problemas de diseño y problemas mas frecuentes en la operación.

TABLA . 2.8 PROBLEMAS DE DISEÑO MAS FRECUENTES

Problema	Solución
Flotacion pobre de grasa	Preaeración el agua residual para incrementar la flotación de grasa
El lodo es difícil de remover de la tolva por el exceso de arena	Instalar una cámara desarenadora o eliminar las fuentes de arena entrantes al sistema
Corto circuito en el flujo a través del tanque causando remoción de sólidos pobre	Modificar el diseño hidráulico en instalar baffles apropiadas para dispersar el flujo y reducir las velocidades de entrada
Gran desgaste de partes y rotura frecuente de los escarbadores debido a arenas	Instalar una cámara desarenadora
Remoción inadecuada de cargas grandes de grasa	Instalar un equipo evacuar
Condiciones septicar como resultado de una sobrecarga	Desviar las cargas adicionales o dirigirlas hacia una planta cercana
Corrosión excesiva debido a agua residual septicar	Recubrir todas las superficies con pintura adecuada u otro recubrimiento



2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.8 PROBLEMAS DE DISEÑO MAS FRECUENTES

Problema	Solución
Problemas con corrientes termales en el sedimentador	Instalar una caja distribuidora y una depresion de mezclado al principio del sedimentador.
Remoción pobre de espuma debido al viento	Instalar una barrera de viento para proteger al tanque de los efectos del viento. Modificar el sistema de recolección de espuma para compensar el viento
Agua Residual Septica	Mejorar el funcionamiento hidráulico del sistema colector para reducir la acumulación de sólidos

TABLA 2.9 GUÍA DE PROBLEMAS MÁS COMUNES PARA SEDIMENTADORES PRIMARIOS

Indicaciones/ Observaciones	Causa probable	Revisar / monitorear	Soluciones
Lodo Flotante	Descomposición del lodo en el tanque		Aumentar la cantidad de lodo de desecho. Aumentar la frecuencia de desecho de lodo
	Raspadores dañados o desgastados	Inspeccionar los raspadores	Reparar o cambiar el raspador si es necesario
	Retorno de lodo de desecho activado muy nitrificado	Nitratos en el efluente	Varar la edad del lodo de retorno
	Las tuberías para retirar lodo están atascadas	Bombas de lodo no trabajan	Limpiar la tubería
Lodo o Agua residual negra y con olor séptico	Baffles dañados o faltantes		Reparar o reemplazar los baffles
	Colectores de lodo desgastados o dañados	Inspeccionar los colectores de lodo	Reparar o reemplazar según sea necesario
	El ciclo de bombeo es inadecuado	Densidad del Lodo	Incrementar la frecuencia y duración de los ciclos de bombeo hasta que la densidad del lodo decrezca.
	Pretratamiento inadecuado de desechos industriales orgánicos	Prácticas de pretratamiento inadecuadas	Preaerar el agua residual tener un pretratamiento en la fuente industrial.
	Descomposición de las aguas residuales en el sistema de recolección	Tiempo de retención y velocidad en las tuberías de recolección	Agregar químicos o aerear el sistema de recolección
	Reciclaje en exceso de un fuerte digestor sobrenadante	Digestor flotante la calidad y cantidad	Mejorar la digestión de lodos para obtener una mejor calidad del sobrenadante. Reducir o retrasar el desecho hasta que la calidad mejore
	La tubería de retro de lodo atascada	Si las bombas de lodo están fuera de servicio	Limpiar la tubería

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.9 GUÍA DE PROBLEMAS MÁS COMUNES PARA SEDIMENTADORES PRIMARIOS

Indicaciones/ Observaciones	Causa probable	Revisar / monitorear	Soluciones
	Descargas septicás	Muestreo aleatorio en los colectores	Regular o reducir las descargas
	Los intervalos de tiempo de operación de los colectores de lodo son inadecuados	Revisar los informes del operador	Incrementar el tiempo de operación u operarlos de forma continua
Exceso de espuma	La frecuencia de remoción es inadecuada	Frecuencia de remoción de espuma	Aumentar la frecuencia de remoción de espuma
	Altas descargas de la industria	Calidad del influente	Limitar las descargas de desechos de la industria
	Desespumadores dañados o consumidos	Cuchillas desespumantes	Limpiar o reparar cuchillas desespumantes
	Skimmer mal alineado	Alineamiento del skimmer	Ajustar la alineación
	El baffle de espuma está a una profundidad inadecuada	Baffle para espuma	Incrementar la profundidad del baffle
El lodo es difícil de remover del sedimentador	Arena excesiva barro y/o cualquier otro material de fácil compactación	Operación del sistema de remoción de arenas	Mejorar la operación del removedor de arenas
	Baja velocidad en las tuberías de desecho	Velocidad de remoción del lodo	Incrementar la velocidad en las tuberías de desecho Checar la capacidad de las bombas
Cantidades muy bajas de sólidos en el lodo	La tubería o la bomba están atascadas	Inspeccionar las bombas y tuberías	Destapar la tubería tapada y bombear el lodo con mayor frecuencia
	Sobrecarga hidráulica	Cantidad de influente	Si hay varios tanques, mejore la distribución del flujo en todos los tanques
Corto circuito del flujo a través de los tanques	Exceso de bombeo de lodo	Frecuencia y duración del bombeo de lodo y la concentración de sólidos suspendidos	Reducir la frecuencia y duración de los ciclos de bombeo
	La configuración de los vertedores está desnivelada	Configuración de los vertedores	Cambiar la configuración de los vertedores
El flujo se desborda	Las tuberías de los baffles están dañadas o faltan	Baffles dañados	Reparar o reemplazar los baffles
	Programación pobre del bombeo de influente	Ciclo de bombeo	Modificar los ciclos de bombeo
Sedimentación excesiva en el canal de entrada	Velocidades muy bajas	Velocidad	Incrementar la velocidad o agitar con aire o agua para prevenir la descomposición
Baja remoción de sólidos suspendidos	Sobrecarga hidráulica	Flujo	Use los tanques disponibles, adición química
	Baja remoción de lodo	Monitorear la duración del bombeo y los niveles de lodo	Bombeo consistente y frecuente

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.9 GUÍA DE PROBLEMAS MÁS COMUNES PARA SEDIMENTADORES PRIMARIOS

Indicaciones/ Observaciones	Causa probable	Revisar / monitorear	Soluciones
	Reciclaje de flujo	Inventario de la calidad y cantidad de flujos	Reajustar el reciclaje del flujo
	Desechos industriales	Hacer un muestreo del influente	Eliminar los desechos industriales que impiden la sedimentación
	Corrientes de temperatura o viento	Monitorear temperatura del agua y el viento	Eliminar flujos de tormenta del sistema de alcantarillado Instalar una barrera contra el viento
Crecimiento excesivo en superficies y vertederos	Acumulaciones de sólidos de agua residual y crecimiento	Inspeccionar las superficies	Limpieza frecuente y metuculosa de las superficies

2.5.3 PROBLEMAS EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO.

2.5.3.1 PROBLEMAS EN EL TANQUE DE AIREACIÓN

Los problemas que se presentan en el tanque de aireación se pueden corregir usando prácticas operacionales conocidas y manteniendo el equipo en buen estado.

Cuando se presente un problema operacional común, solo se debe poner en practica alguna solución cuando se este totalmente seguro de que es lo que esta provocando el problema, de lo contrario en lugar de mitigar el problema se puede empeorar.

Problemas en el sistema de aireación:

El licor mezclado debe ser aireado eficientemente para que los microorganismos tengan suficiente oxígeno para mantenerse activos y saludables, así también el tanque de aireación debe ser mezclado para que los microorganismos estén en contacto con toda la materia orgánica en el agua a tratar

El mezclado en los tanques de aireación puede ser revisado generalmente observando la turbulencia en la superficie del tanque; esta debe ser uniforme en toda la superficie del tanque, y debe evitarse una turbulencia fuerte ya que se gasta más energía y corta el licor mezclado.

Problemas en sistemas difusores de aire:

Si se presentan zonas muertas o un patrón no uniforme de mezclado generalmente indica que hay un difusor tapado o que las válvulas del difusor necesitan ajuste para balancear la distribución de aire en el tanque

Para los tanques de aireación con difusores de aire, se recomienda hacer un análisis de oxígeno disuelto cada 1 a 6 semanas, o cuando el patrón de flujo cambie. La distribución de aire debe ser ajustada para mantener el oxígeno disuelto a no menos de 0.5 mg/l y preferentemente entre 1.5 a 4 mg/l, dentro del tanque de aireación

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Algunas de las causas probables de aireación no uniforme son:

1. El flujo de aire es muy bajo o muy alto para la operación óptima del difusor.
2. Las válvulas necesitan ajuste para balancear la distribución del aire.
3. Los difusores necesitan limpieza y/o reparación. Las bolsas de aire sobre la posición de los brazos de los difusores generalmente indican que se necesita limpieza o reemplazo, o hay una tubería rota
4. Limitaciones en el equipo mecánico.
5. Los difusores no están a la misma altura.

Las siguientes medidas se pueden probar para corregir estos problemas

- Ajustar el flujo de aire para mantener el oxígeno disuelto en el rango permisible (1.5 a 4 mg/l). El flujo de aire por cabeza de difusor debe ser de 5 l/m.s para asegurar una aireación y mezclado adecuado
- Ajustar las válvulas de la cabeza del difusor para balancear la distribución de aire y eliminar los puntos muertos
- Revisar los requerimientos de mantenimiento preventivo, record de mantenimiento, la capacidad de diseño de los sopladores (ventiladores) y el rendimiento actual, porque el soplador puede necesitar reparación.
- Revisar y limpiar regularmente los difusores. Estos deben ser limpiados regularmente (generalmente cada 6 meses hasta cada año) para mantener un buen rendimiento en la aireación.
- Si los difusores de burbuja fina son extremadamente problemáticos, identificar la capacidad de flujo de cada difusor y el tipo de obstrucción (interna hecha por aire sucio o externa por material biológico), ver la posibilidad de implementar aparatos de limpieza de aire, con esto se puede seguir usando un sistema de burbuja fina. Se ha encontrado que la mayoría del ataque en los difusores de burbuja fina es externo. Los sistemas de gas ácido se han mejorado para corregir este problema. En dado caso que no funcione entonces se debe cambiar el sistema de burbuja fina por uno de gruesa
- Reacomodar y/o incrementar el número de difusores para tener una aireación y mezclado completo en el tanque antes de incrementar el número de difusores, se debe revisar si el suministro de aire es adecuado. Se aconseja tener asesoría externa.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

▪ **Sistemas de aireación mecánicos:** En los sistemas de aireación mecánicos además de los problemas de mezclado o aireación inadecuada pueden ocurrir problemas en los propulsores y de sumergencia.

Aireación y mezcla inadecuada:

Se puede hacer un estudio de OD del tanque de aireación para revisar que el mezclado y la aireación sean adecuados. Las causas más probables de aireación y mezcla inadecuadas son:

1. La velocidad del aireador es baja.
2. La sumergencia del impulsor es inadecuada.
3. Fallas del impulsor por trapos o hielo.
4. El aireador es chico para la capacidad requerida.

Se pueden aplicar estas medidas para resolver estos problemas:

- Acelerar la velocidad del aireador si este tiene 2 velocidades y ha estado operando en velocidad baja.
- Subir o bajar el nivel de los vertedores para alcanzar la máxima sumergencia del propulsor. Procurar no exceder la máxima sumergencia permitida porque podría sobrecargar el motor.
- Remover el hielo y trapos o material que trabe los impulsores. Si los trapos representan un gran problema revisar el sistema de pretratamiento.
- Considerar reemplazar el aireador por uno más grande o con mejor diseño.

Impulsores descubiertos

Esto ocurre cuando la sumergencia del impulsor está debajo de la recomendada por el fabricante, y el patrón de oleaje del tanque causa que unas veces esté descubierto y otras veces cubierto. El motor está intermitentemente sobrecargado y se puede apagar. Esto sucede la mayoría de las veces cuando se opera con flujo bajo, como cuando se empieza a operar la planta o cuando un tanque de aireación es puesto en operación.

Las siguientes medidas se pueden aplicar para corregir el problema

- Si esto ocurre cuando no hay flujo, verificar si en el vertedor del efluente no hay fugas especialmente si este vertedor es ajustable.
- Elevar o bajar la altura del vertedor del efluente o subir o bajar el impulsor para alcanzar la sumergencia necesaria. Tener cuidado de no exceder la sumergencia máxima permitida.
- Reducir el número de tanques de aireación en funcionamiento. Si es posible, para incrementar el flujo y como consecuencia la sumergencia en el tanque.
- Incrementar la tasa de retorno como último recurso.

Falla del impulsor:

Este problema es debido a trapos y/o hielo. Estos interfieren con la aireación y el mezclado, pueden dañar la caja de velocidades y causar una sobrecarga del motor. Los trapos se acumulan mas en plantas sin sedimentadores primarios. El congelamiento depende de la perdida del calor en las demás unidades de la planta, esto depende del diseño y clima. Los trapos deben ser removidos manualmente. El hielo debe ser removido completamente; y puede ser controlado instalando cubiertas de metal sobre los aireadores.

Problemas de espuma

La presencia de espuma en los tanques de aireación es normal (fig 2.4) para el proceso de lodos activados. Normalmente, en una planta bien operada de lodos activados un 10 a un 25% de la superficie del tanque es cubierta por una capa de espuma con un espesor aproximado de 5 a 8 cm

Bajo ciertas condiciones de operación, la espuma puede llegar a ser excesiva y afectar la operación. Existen 3 diferentes tipos de espuma que son: espuma blanca y tiesa, espuma café y una espuma muy oscura y grasosa.

Si se permite que la espuma blanca densa se desarrolle excesivamente, puede volarse con el viento hacia los pasillos y estructuras de la planta y crear condiciones de trabajo peligrosas. También crea una apariencia desagradable, causa olores y acarrea organismos patógenos. Si se forma una capa de espuma espesa o grasosa y es llevada por el viento a los sedimentadores secundarios puede crear problemas de limpieza.

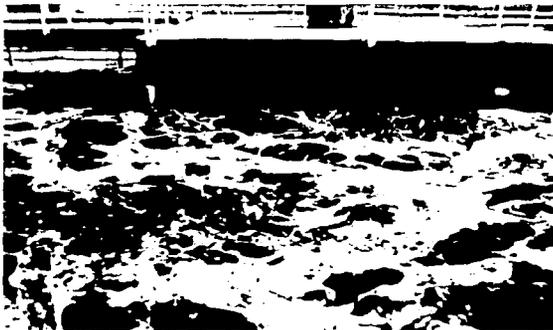


Fig 2.4 Espuma normal en el tanque de aireación: pequeñas cantidades de espuma blanca y tiesa

Espuma fina y blanca:

Esta indica que un lodo es joven, se puede encontrar regularmente en plantas nuevas o sobrecargadas (Fig 2.5). Esto significa que el nivel de concentración de sólidos suspendidos del licor mezclado es muy bajo y el F/M es muy alto. La espuma puede estar compuesta por detergentes o proteínas que no pueden ser convertidas en alimento por las bacterias que crecen en el licor mezclado con un F/M alto.

Algunas de las causas probables de la espuma blanca y fina son:

1. El lodo activado no esta siendo retornado al tanque de aireación.
2. Baja concentración de SSLM debido al arranque de la planta.
3. Baja concentración de SSLM para el F/M actual, causada por el excesivo desecho de lodo activado o una descarga orgánica alta por parte de la industria, usualmente ocurre después de periodos de baja descarga como después del fin de semana o en las madrugadas.
4. La presencia de condiciones desfavorables como materiales tóxicos o inhibidores, un pH alto o bajo (bajo 6.5 o arriba de 9-0), oxígeno disuelto insuficiente, deficiencias nutritivas, o cambios de temperatura por cambio de estación, todos estos factores reducen el crecimiento y actividad de los organismos.
5. Perdida inintencional de lodo activado en el efluente del sedimentador secundario causado por:
 - Cargas hidráulicas excesivas.
 - Desajustes biológicos.
 - Colchón de lodo alto en el sedimentador secundario.
 - Deficiencias mecánicas en el sedimentador secundario.
6. Desnitrificación en el sedimentador secundario.
7. Distribución impropia de flujo o sólidos en los sedimentadores secundarios.
8. Mala distribución del agua residual y/o el flujo de lodo activado de retorno (RAS) a los múltiples tanques.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Las siguientes medidas se pueden aplicar para corregir el problema.

- Verificar que el lodo de retorno esta fluyendo al tanque de aireación. Mantener la tasa de recirculación suficiente para mantener la capa de lodo en el cuarto bajo del sedimentador, preferentemente entre 0.3 y 9 m. del fondo.
- Detener el desecho de lodos activados por unos días para incrementar la concentración de los sólidos suspendidos del licor mezclado (SSLM), y el tiempo de residencia celular a los valores índices requeridos
- Controlar las tasas de flujo de aire o la sumergencia del aireador mecánico para mantener las concentraciones de oxígeno disuelto de 1.5 mg/l a 4 mg/l en el tanque de aireación.
- Revisar las válvulas de desagüe y cerrarlas si están abiertas.
- Considerar traer cultivos de lodo activado de una planta que este funcionando bien.
- Vigilar que las descargas de tóxicos no se repitan o llegar a un acuerdo con la industria para prever y preparar la planta para tales desechos.
- Modificar las tuberías o estructuras necesarias para mantener una distribución adecuada del flujo en los tanques de aireación y sedimentadores secundarios.
- Si no hay medidores de gasto, revisar visualmente el flujo de lodo de retorno y comparar las siguientes medidas
- El nivel del colchón de lodo en los sedimentadores.
- La concentración de sólidos suspendidos en cada sedimentador.
- La concentración de los sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM) en cada tanque de aireación. Cada medida debe ser parecida si el agua cruda, el efluente del tanque de aireación, y el flujo de retorno esta distribuido apropiadamente.
- Si los tanques de aireación tienen rociadores de agua para el control de espuma, ponerlos en operación, sobretodo si hay peligro de que la espuma vuele hacia los corredores o a las estructuras de la planta
- Si no hay rociadores de control de espuma, considerar el uso de un desespumante, o implementar un sistema de control de espuma usando agua del efluente.

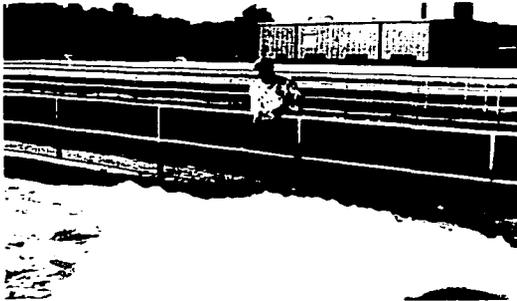


Fig 2.5 Espuma blanca y fina debido a un lodo joven y sobreoxidado, causada por desecho excesivo

Espumas de color café, espesas y de consistencia grasosa.

Este tipo de espuma esta asociada con plantas que están operando entre el rango convencional y aireación extendida en cuanto a carga orgánica (Fig. 2.6). La nitrificación y los microorganismos filamentosos están frecuentemente asociados con este tipo de espuma, aunque es normal en cualquier planta que opere con reaireación de lodo.

La espuma gruesa y café oscura es un indicador de un lodo viejo, que puede tener como consecuencia problemas adicionales en el sedimentador, convirtiéndose en un desviador del influente y creando problemas de disposición de espumas.

Las causas mas probables de este tipo de problemas de espuma son:

1. El tanque de aireación esta siendo operado con una relación baja de F/M. Esto quiere decir que requiere nitrificación para eliminar nitrógeno en el efluente para cumplir con las condiciones particulares de descarga
2. Formación de una alta concentración de SSLM debido a un desecho insuficiente de lodo activado. Esto puede ocurrir en los cambios estacionales debido al cambio de temperatura, resultando de invierno a verano mayor temperatura; por tanto más actividad microbiana y consecuentemente mayor cantidad de lodo
3. Operación de la planta en modo de reaireación de lodo
4. Desecho de lodo inapropiado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Las siguientes medidas pueden remediar el programa:

- Si no se requiere nitrificación, incrementar gradualmente la tasa de lodo de desecho para incrementar el F/M y disminuir el Tiempo de retención celular (MCRT).
- Si la espuma no es regresada al tanque de aireación se deben incluir los sólidos volátiles removidos en la espuma en los cálculos de desecho de lodo. Durante la operación normal, la cantidad de sólidos volátiles removidos con la espuma no es significativa. Sin embargo, cuando se forma demasiada espuma, aproximadamente el 10% de los sólidos del flujo de desecho pueden ser removidos con la espuma
- Si hay organismos filamentosos presentes, tratar de identificar la causa, estos pueden ser eliminados con la adición de cloro a la recirculación de lodo. La adición de cloro debe ser de 2 a 3 kg. de cloro por cada 1000 kg. de MLVSS por día. Debe tenerse mucho cuidado en la dosis, ya que puede eliminar los microorganismos deseables.
- Implementar un mejor programa para controlar el desecho de lodos.

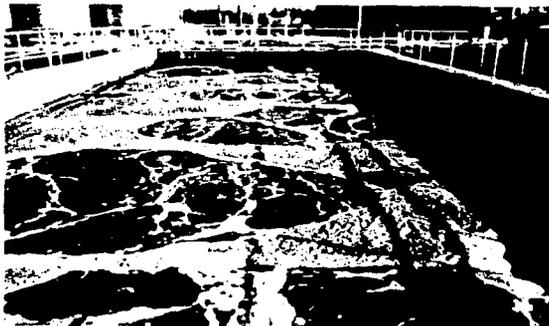


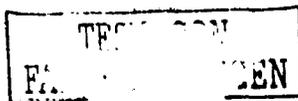
Fig 2 6 Espuma Café y grasosa, es un lodo viejo y sobreoxidado causado aquí por desecho insuficiente

Espuma café muy oscura a negra

La presencia de esta espuma puede ser por dos causas la primera es que la aireación es insuficiente, en consecuencia, se empieza a operar en condiciones anaerobias, la segunda causa es debido a desechos industriales tales como tintes y colorantes.

Las siguientes medidas pueden arreglar el problema

- Incrementar la aireación



2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

- Investigar la fuente de descargas industriales para determinar si la apariencia es resultado de tintes y colorantes.
- Disminuir la concentración de SSLM.

2.5.3.2 PROBLEMAS EN EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Arrastre de sólidos

En algunas ocasiones esta condición puede detectarse rápidamente cuando la sedimentación es buena, con una prueba de sedimentación de 30 min. pero una cantidad homogénea de lodo en forma de ondas, se eleva a la superficie, aun cuando el colchón de lodo está debajo de la segunda mitad del sedimentador o a un tercio del fondo.

Algunas causas probables son:

1. Falla en el equipo.
2. Sobrecarga hidráulica.
3. Sobrecarga de sólidos.
4. Corrientes de temperatura.
5. Falla del Equipo

Las medidas recomendables para resolver este problema son:

1. Falla en el equipo:

Inspeccionar todo el equipo en el sedimentador para asegurar que esta trabajando apropiadamente y revisar:

- El sistema de recolección de lodo
 - Los baffles de distribución.
 - La nivelación de vertedores.
 - Revisar si hay piezas rotas: Verificar si el espesor de la capa de lodo varía en diferentes puntos del sedimentador. Esto puede indicar que el equipo de succión de lodo esta tapado o esta roto
- 2 Sobrecarga hidráulica

Se debe revisar la carga hidráulica para cada sedimentador y tratar de distribuir el flujo uniformemente

- 3 Sobrecarga de Sólidos

Se debe a que los sólidos entran a una velocidad alta y salen antes de que se puedan sedimentar. Esta relacionado con el flujo de la planta, flujo de retorno y la concentración de

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

SSLM. Esto pasa cuando en el medidor del sedimentador, las lecturas están cerca de lo normal, pero en el nivel del colchón de lodo son altas, las cantidades de retorno son altas, y se ve una gran cantidad de sólidos en el efluente del sedimentador.

4. Corrientes de temperatura.

El arrastre de lodo también se debe a corrientes de temperatura de arriba hacia abajo y viceversa del sedimentador secundario, y esto se debe a diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo del sedimentador. Si la temperatura del fondo es 1.2°C más fría habrá corrientes de temperatura; lo anterior puede ser mejorado con la instalación de baffles para romper las corrientes y parar la turbulencia. Los baffles deben colocarse de tal manera de distribuir el influente lo mas uniformemente posible.

Abultamiento de lodo.

El abultamiento de lodo se debe a microorganismos filamentosos, o a que los flóculos de lodo están dispersos. Los microorganismos filamentosos parecen cabellos (Fig 2.7).

Algunas causas probables del abultamiento de lodo son las siguientes:

- a) Microorganismos filamentosos presentes.
 - Bajo nivel de O D en el tanque de aireación.
 - Insuficiencia de nutrientes
 - Bajo pH
 - Altas Temperaturas
 - Desechos industriales.
- b) Ausencia de microorganismos filamentosos.
 - Sedimentador sobrecargado (alto F/M).
 - Sobreaireación

Lo primero que debe hacerse es llevar a cabo un examen microscópico de los SSLM, para determinar si hay o no microorganismos.

- ✓ Cuando hay presencia de microorganismo filamentosos, se recomienda:
 - Determinar el nivel de O D en el tanque de aireación, si el nivel es menor a 0.5 mg/l de O D, se debe aumentar de 1 a 3 mg/l. Si en algunas partes del tanque el O D es alto y en otras bajo, llevar a cabo las acciones necesarias para una buena distribución de aire en el tanque.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

- Calcular la relación de DBO_5 /N/P esta debe ser de: 100/5/1. En general se agrega nitrato de amonio, superfosfato y cloruro férrico, para adicionar nutrientes de nitrógeno, fósforo y fierro.
- Si el pH en el tanque de aireación es menor de 6.5, se debe elevar el pH a 7 aproximadamente con sosa cáustica, aunque la mejor manera es identificar la causa de la baja del pH, es casi seguro que una descarga industrial está afectando el pH o el proceso de lodos activados está nitrificando
- Si la presencia de microorganismos es muy frecuente, el operador debe pedir la asistencia de un microbiólogo para que identifique el tipo de microorganismo filamentosos, si fuera Toxothrix, este se debe a septicidad en el sistema de drenaje.
- ✓ Cuando hay ausencia de microorganismos filamentosos:
- Revisar si el F/M es alto en comparación con el que se usa normalmente. Un alto F/M produce un floculo disperso. Aumentar 10% el flujo de desecho; él floculo disperso debe desaparecer aproximadamente en una semana.
- Revisar el nivel de O.D. en el tanque de aireación, las concentraciones arriba de 3 mg/l indican exceso de aire.
- Una turbulencia excesiva rompe el floculo y produce el transporte de sólidos en los vertedores del sedimentador secundario.

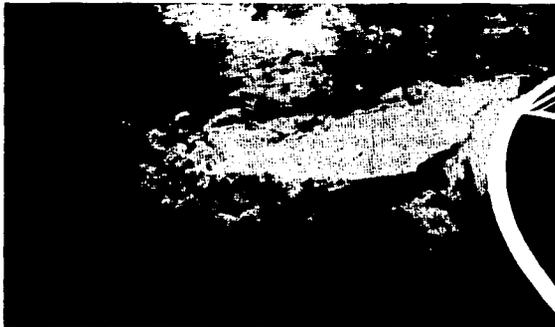


Fig 2 7 Abultamiento de lodo causado por desecho de lodo en exceso

Elevación de lodo en bolas

Cuando el lodo en la prueba de sedimentación, sedimenta inicialmente durante 30 min. y después de 2 horas flota a la superficie (Fig. 2.9), el problema se debe a que está ocurriendo una desnitrificación en el sedimentador. Los iones de nitrato son reducidos a nitrógeno gas y las burbujas se forman en el floculo de lodo y lo hacen elevarse a la superficie en bolas de aproximadamente 20 a 30 cms.

Algunas causas de la elevación de lodo en bolas son las siguientes:

- a) Operación de la planta a bajo F/M produciendo nitrificación.
- b) El lodo permanece mucho tiempo en el sedimentador secundario y los microorganismos usan todo el oxígeno disponible y por lo tanto se produce la desnitrificación.
- c) Elevación de temperatura a más alta que la normal, esto produce más actividad y un mayor crecimiento de microorganismos y por lo tanto desnitrificación, debido a que la cantidad de O₂ disminuye y los microorganismos toman los nitratos y los convierten a nitrógeno gas.

Algunas de las medidas para corregir el problema se mencionan a continuación:

- Aumentar el flujo de lodos de retorno para reducir el tiempo de retención en el sedimentador secundario.
- Aumentar un poco la velocidad de las rastras, puede disminuir el problema.
- Revisar el tubo de succión del sedimentador, pues en ocasiones puede estar mal ajustado o tapado, produciendo el efecto de cono en la succión.
- Si no se requiere nitrificación, aumentar gradualmente el flujo de desecho. Un 10% de disminución gradual en una semana será suficiente, observar durante dos semanas para verificar que la medida dio resultado.

Efluente turbio.

Durante periodos de alta concentración de sólidos en el efluente deben desarrollarse pruebas de sedimentabilidad en el licor mezclado. Si después de una prueba de sedimentación (Fig. 2.9), ésta es pobre y el sobrenadante turbio, la siguiente etapa es realizar un examen microscópico para ver si hay o no protozoarios.

- a) Protozoarios presentes: Cuando los protozoarios encontrados se ven inactivos, indica que una carga repentina de material tóxico está presente, y ha entrado recientemente a la planta. El operador debe suspender el flujo de desecho de lodo activado hasta que pase la sustancia tóxica a través de planta. Si los protozoarios están activos y la turbiedad del

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

efluente continúa, es indicio que hay una sobreaireación en el tanque de aireación y por lo tanto los floculos se dispersan.

b) Ausencia de Protozoarios:

Si no hay protozoarios presentes, se debe a:

- F/M demasiado alto y el sistema está sobrecargado.
- Se recomienda efectuar lo siguiente:
 - Calcular F/M y comparar el obtenido con el F/M con el cual la planta opera bien.
 - Si el F/M obtenido es mayor que el F/M con el que la planta opera bien, disminuir el desecho de lodo, y aumentar el flujo de lodos de retorno.
 - Si el F/M es menor que el F/M al que la planta trabaja bien, entonces:
 - Bajar la concentración de O.D. en el tanque de aireación. Si el promedio es menor de 0.5 mg/l aumentar entre 1 a 3 mg/l.
 - Una sustancia tóxica ha entrado a la planta y destruyó el lodo activado. Agregar lodo activado de otra planta. Identificar la sustancia tóxica y la industria que descargo dicha sustancia.

En la siguiente tabla se indican los niveles de toxicidad de metales pesados que pueden ser tolerados por el proceso de lodos activados

TABLA 2.10 CONCENTRACIONES PERMISIBLES DE METALES PESADOS EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

METAL	CONCENTRACIÓN EN LA QUE PODRÍA OCURRIR DAÑO AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	
	Conc Continua (mg/l)	Conc Instantánea (mg/l)
Cadmio	1	10
Cromo	2	2
Cobre	1	1.5
Hierro	35	100
Plomo	1	
Manganeso	1	
Mercurio	0.002	0.5
Níquel	1	5
Plata	0.03	0.25
Cinc	1.5	25
Cobalto	>1	
Cianuro	1	1 a 10
Arsénico	0.7	

FUENTE: Programa de capacitación para operadores de plantas de tratamiento SEDUE, 1985

Floculos pequeños distribuidos en la superficie del sedimentador secundario (Ashing).

La apariencia de pequeños flóculos distribuidos uniformemente en la superficie del sedimentador secundario, se conoce como "ashing" (Ceniza) (Fig 2.8)

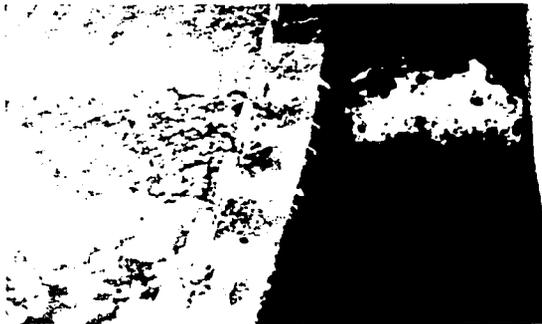


Fig. 2.8 |Fuga de pequeños flóculos en el sedimentador secundario (Ashing)

Algunas causas probables de esta condición son

- a) La desnitrificación está empezando a ocurrir en el sedimentador.
- b) El F/M es extremadamente bajo y los parámetros normales de aireación extendida (menos de 0.05)
- c) El licor mezclado en tiene una cantidad anormal de grasa.

El problema puede ser resuelto de la siguiente manera:

Una vez realizada la prueba de sedimentación de 30 minutos (Fig 2.9), agitar los sólidos flotantes en la prueba y

- Si los sólidos flotantes sueltan burbujas y después se sedimentan, esto indica que la desnitrificación ha empezado. Revisar las guías de solución de problemas para lodo que se eleva

- Si los sólidos agitados no sedimentan, se debe a que hay un licor mezclado sobreoxidado que tiene mas microorganismos grandes y muy pocos pequeños, y muchas células muertas. Este tipo de licor mezclado puede sedimentar rápidamente pero no flocular bien y deja muchas partículas detras. Algunas de las partículas de células muertas que no se sedimentan se

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

acumularan en la superficie el sedimentador, formando ceniza. Si hay tal cantidad de ceniza que llegue a impactar la calidad del efluente incrementando la cantidad de sólidos suspendidos, entonces hay que incrementar la cantidad de desecho pero no más del 10% por día para elevar el F/M y bajar el MCRT para optimizar los valores.

- Si el lodo no sedimenta, entonces hay grasa en el tanque de aireación, hacer un análisis de grasa. Si éste excede del 15% en peso a la cantidad de SSLM puede que la grasa provenga del desnatador de los sedimentadores primarios, hay alguna industria descargando grasas o las natas de los sedimentadores se están recirculando en el influente.

Fuga de flóculos pequeños por el vertedor del sedimentador secundario (Pinpoint floc):

La aparición de pequeños flóculos densos en la superficie del sedimentador es un problema común en plantas que operan en aireación extendida. Este problema está relacionado con un lodo viejo que sedimenta rápidamente, pero le faltan buenas características de sedimentación; es decir, al sedimentar deja flóculos densos pequeños suspendidos que llegan a la superficie.

Algunas causas probables de este problema son:

- a) La planta está siendo operada a un F/M pequeño o cercano al de aireación extendida, produciendo un lodo viejo, con malas características de formación de floculo.
- b) Hay una sobreaireación o mucho mezclado en el tanque de aireación, lo cual rompe el floculo.

Las medidas siguientes deben ser implementadas para corregir el problema:

- Si el lodo tiene una sedimentación muy rápida en la prueba de 30 min de sedimentación con una formación pobre de lodo (Fig 2.9), el efluente puede ser mejorado aumentando el desecho de lodo activado. Si se requiere nitrificación, hay que tener cuidado en no desechar lodo de más.
- Si se obtiene buena sedimentación y el sobrenadante es claro en la prueba de sedimentación, entonces hay que revisar que la aireación sea apropiada y la mezcla en el tanque de aireación sea suficiente.

Lodos Residuales (Straggler Floc): La aparición de pequeñas partículas flotantes, casi transparentes, livianas y esponjosas, de todo elevándose hacia la superficie del sedimentador cerca de los vertedores del efluente es un problema que se ve frecuentemente cuando los SSLM son bajos

Cuando ocurre este problema, pero se tiene un efluente en el sedimentador muy claro y este problema prevalece aun en condiciones de bajas cantidades de flujo, el problema generalmente esta relacionado con un bajo MCRT (F/M alto). En algunas plantas los lodos residuales (straggler floc) se presentan en las madrugadas, pero no tienen un efecto significativo en la calidad del efluente. No hay que preocuparse mucho por este problema a menos que cause problemas en la calidad del efluente.

Algunas causas del problema son:

1. La concentración de los SSLM en el tanque de aireación es muy bajo. (Esto puede deberse al proceso de puesta en operación de la planta y se quita hasta que la concentración de SSLM es alcanzado) La cantidad de desecho de lodo es muy alta y como consecuencia hay bajo SSLM y un alto F/M.
2. El lodo esta siendo desechado en las mismas cantidades durante la madrugada, dando como resultado una escasez de microorganismos para manejar la carga orgánica del día. Las siguientes medidas se pueden aplicar para corregir el problema:
3. Disminuir la cantidad de lodo de desecho para elevar la concentración de los SSLM e incrementar el MCRT.



Fig 2.9 Guía de problemas, de acuerdo a la prueba de sedimentabilidad.

En las tablas posteriores se presentan unas tablas guías de los problemas más comunes que se presentan en la planta, como se ha dicho antes, estas tablas se deben usar hasta que se este totalmente seguro de cual es la causa exacta del problema, ya que de lo contrario el problema se puede empeorar al no tomar las medidas adecuadas creyendo mitigar el problema.

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.11 .PROBLEMAS MAS COMUNES EN LOS TANQUES DE AIREACIÓN

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
<p>1 Para sistemas difusores de aire</p> <p>Parece que el agua hierve, turbulencia violenta a lo largo de la superficie del tanque de aireación. Burbujas de aire grandes aprox de media pulgada o más grandes, aparentemente</p> <p>2 Para sistemas de aireación mecánica</p> <p>Hay turbulencia violenta</p>	Sobreaireación	1 Revisar el nivel de Oxígeno disuelto, debe estar en un rango de 1.5 a 4.0 mg/l en el tanque	<p>1 Reducir la aireación para mantener el oxígeno disuelto en el rango óptimo</p> <p>a Si se tienen difusores de aire disminuir el nivel de flujo de aire</p> <p>b Si es aireación mecánica, disminuir la velocidad del aireador</p>
	A Difusores obstruidos	<p>1 Revisar en las memorias de mantenimiento y ver cuando fue la última vez que fueron limpiados</p> <p>2 Ver el número de difusores obstruidos</p>	<p>1 Si los difusores no se han limpiado en los últimos 12 meses, entonces hay que limpiarlos</p> <p>2 Si la mayoría están atascados, limpiar todos los difusores del tanque</p>
	B Fugas en las tuberías de aire	1 Revisar la tubería y conexiones de aire, ver y oír si hay fugas o hacer la prueba con agua jabonosa y ver si se forman burbujas causadas por la fuga de aire	1 Apretar los tornillos y/o reemplace los empaques
<p>2 Para sistemas difusores de aire se ve un patrón desigual en la superficie de aireación. Puntos muertos o en algunas áreas del tanque hay mezcla inadecuada</p>	C Los difusores están desbalanceados	1 Revisar el ajuste de válvulas	1 Balancear las válvulas según sea necesario
Para sistemas de aireadores mecánicos	D Baja aireación	1 Revisar el flujo de aire	2 Incrementar el flujo de aire
Mezcla inadecuada en algunas áreas del tanque	E Problemas con los sopladores	1 Revisar los requerimientos del soplador, el récord de mantenimiento y servicio, la capacidad de diseño.	1 Repararlo según la falla que presente
	F La velocidad del aireador muy baja	1 Revisar la velocidad del aireador	Incrementar la velocidad del aireador si es posible
	G La sumergencia del impulsor es muy pequeña	1 Revisar la sumergencia del impulsor	Incrementar la sumergencia incrementando el nivel del agua o bajando el impulsor
	H Las aspas del aireador están congeladas o tienen trapos	1 Revisar las aspas del aireador	1 Remover el hielo o trapos
3 El oxígeno disuelto es bajo y/o olores sépticos en el agua mezclada	A Aireación baja	1 Revisar el oxígeno disuelto debe estar en un rango entre 1.5 y 4.0 mg/l en todo el tanque	1 Incrementar la aireación para mantener el oxígeno disuelto en el rango permisible

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.11 .PROBLEMAS MAS COMUNES EN LOS TANQUES DE AIREACIÓN

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
		2 Revisar que haya un mezclado adecuado en el tanque de aireación	2 a Para sistemas con difusores calcular la tasa de flujo de aire por unidad de longitud por cada cabezal de difusor, el requerimiento mínimo es 3 scfm/in ft. Ajustar la tasa de flujo de aire para mantener el oxígeno disuelto y la mezcla en los valores adecuados 2 b Para aireadores mecánicos incrementar el mezclado aumentando la velocidad del aireador
		3 Revisar la tasa de retorno y la profundidad de la capa de lodo en el sedimentador	3 Ajustar la tasa de retorno para mantener la profundidad de la capa de lodo entre 1 y 3 pies en el sedimentador
	B Los SSLM pueden estar muy altos	1 Revisar SSLM	1 Ajustar los SSLM para un F/M apropiado Si el F/M es apropiado, ponga en operación los tanques de aeración adicionales si es posible
3 Hay una necesidad excesiva de aireación, sin embargo no se ve cambio aparente en la carga orgánica e hidráulica Hay dificultad para mantener el OD en un nivel adecuado	A Si hay sistemas de difusores de aire Fugas en la tubería de aire	1. Revisar las tuberías y conexiones de aire, ver y oír si hay fugas o hacer la prueba con agua jabonosa y ver si se forman burbujas causadas por la fuga de aire.	1 Apretar los tornillos y empaques
	B En sistemas difusores de aire Los difusores están tapados Se ve como si estuviera hirviendo el agua cerca de los cabezales de aire	1 Revisar las memorias de mantenimiento para ver cuando fue la última vez que fueron limpiados 2 Ver el número de difusores obstruidos	1 Si los difusores no se han limpiado en los últimos 12 meses, entonces limpiarlos 2 Si la mayoría están atascados, limpie todos los difusores del tanque
	C Si hay aireadores mecánicos las aspas del aireador están atascadas con trapos o hielo	1 Revisar las aspas de los aireadores	1 Remover el material que este atascando los aireadores
	D La transferencia de oxígeno es inadecuada o insuficiente	1 Revisar el rendimiento de los sistemas de aireación 1 Los sistemas difusores deben proveer aire entre 800 y 1500 cu ft/lo DBO removido 2 Los aireadores mecánicos deben proveer oxígeno entre 1,5 y 2 libras de DBO removida	1 Reemplazar con difusores o aireadores mas efectivos 2 Agregar mas difusores o aireadores mecánicos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.11. PROBLEMAS MAS COMUNES EN LOS TANQUES DE AIREACIÓN

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
	E. En efluente de la planta se presentan altas cargas orgánicas	1 Revisar si la carga orgánica de alguna corriente contribuye significativamente a la carga del proceso	1 Si las cargas son mayores que el 15% optimizar el rendimiento operacional o mejorar otros procesos en planta
4 Dificultad para mantener el nivel de OD en al final del tanque	A La carga orgánica del influente está mal distribuida en los tanques de aireación B Si hay sistemas con difusores El aire está distribuido inapropiadamente	1 Revisar si el OD es bajo solo en el final del tanque 1 Revisar la distribución del aire	1 Si es posible cambiar los puntos del influente, hacer una mezcla completa para una mejor distribución de la carga 1 Si es posible intentar redistribuir el aire 2 Si es necesario, considerar cambiar el arreglo de los difusores
6 Oleaje en la superficie del agua, con un patrón oscilatorio causado por el equipo de aireación mecánica	A La sumergencia del agitador es inadecuada	1 Consultar las recomendaciones del fabricante para la sumergencia mínima de los agitadores	1 Elevar o bajar los vertedores del tanque de aireación 2 Bajar el agitador 3 Reducir el número de tanques de aireación en operación para elevar el nivel de la superficie del agua 4 Experimentar con baffles, tubos, etc. 5 Verificar si los vertedores del tanque de aireación tienen fugas 6 Incrementar la tasa de retorno como último recurso

TABLA 2.12. PROBLEMAS DE ESPUMA

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
1 Espuma blanca jabonosa blanca en la superficie del tanque de aireación.	A Lodo joven en el tanque de aireación que está sobrecargado (bajos SSLM) Nota: Este problema ocurre en el proceso de puesta en marcha o inicio de operaciones de la planta y es temporal.	1 Revisar la carga de DBO y SSVLM del tanque de aireación incluir la carga de DBO de cualquier gasto de reciclaje en la planta como el digestor sobrenadante, etc. Calcular el F/M para determinar el inventario de SSVLM para las cargas de DBO en el sistema 2 Revisar si en el sedimentador secundario hay arrastre de sólidos El efluente se vera turbio 3 Verificar la concentración en el efluente de aireación	1 Después de calcular el F/M y el SSVLM necesario, se puede encontrar que el F/M es alto para el inventario de SSVLM encontrado. Por lo tanto se recomienda no desechar lodo durante algunos días o mantener un mínimo de desecho si el desecho ya ha comenzado 2 Mantener las tasas de retorno para minimizar el arrastre de sólidos, especialmente en periodos de flujo pico. El acarreo de sólidos disminuye el inventario de sólidos e incrementa F/M 3 Verificar y mantener los niveles de OD entre 1.5 y 4 mg/l y asegurarse que hay un mezclado eficiente

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.12 PROBLEMAS DE ESPUMA

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
		4. Considerar traer cultivos de lodo activado de otra planta	4. Enriquecer el proceso con cultivos de otra planta que este operando bien.
	B. El tanque de aireación esta sobrecargado a causa de desecho de lodo excesivo (Bajo SSLM)	<p>1 Revisar y monitorear si existe</p> <p>e Disminución de SSLM. mg/l</p> <p>f Disminución en el tiempo de retención celular</p> <p>g Incremento en el F/M</p> <p>h Disminución en la cantidad de aireación para los mismos niveles de OD</p> <p>i Incremento de las tasas de desecho de lodo</p>	<p>1 Reducir la tasa de desecho pero no más del 10% por día hasta que los parámetros de control sean normales</p> <p>Incrementar la tasa de retorno para minimizar en el efluente el arrastre de sólidos en el sedimentador secundario</p> <p>Mantener la profundidad del colchón de lodo entre 30 Del suelo del sedimentador.</p>
	C Condiciones desfavorables. Tales como desechos altamente tóxicos (metales pesados o bactericidas), deficiencia nutricional, OD insuficiente, temperaturas del agua mas frias, o variaciones de temperatura severas y esto da como resultado la reducción de SSLM	<p>1 Revisar la tasa de respiración.</p> <p>Tomar una muestra de SSLM y hacer pruebas buscando metales bactericidas y tambien revisar la temperatura</p> <p>2 Revisar y monitorear el influente de la planta viendo si hay variaciones significativas de temperatura</p>	<p>1 Reestablecer un nuevo cultivo de lodo activado. Si es posible trar el lodo toxico del proceso sin reciclar porciones de este. Obtener lodo de otra planta si es posible</p> <p>2 Reforzar las normas sobre calidad de descargas al drenaje</p>
	D Perdida intencional de biomasa como consecuencia de una sobrecarga hidráulica o arrastre de sólidos del sedimentador secundario, reduciendo los SSLM y causando una sobrecarga del tanque de aireación	1 Revisar la superficie del flujo en el clarificador secundario	1 Referirse a la tabla de problemas de arrastre de sólidos observación no 1 y a la tabla de problemas de Lodo que s eleva Causa 1 A
	E La distribución del RAS o del agua Residual es inadecuada causando sobrecarga en el tanque de aireación y como consecuencia la aparición de espuma en los tanques	1 Revisar y monitorear el influente secundario y las tasas de retorno al tanque de aireación	1 Modificar las instalaciones de distribución para equalizar el influente para cada tanque de aireación. Las concentraciones de SSLM lodo activado de retorno y oxigeno disuelto deben ser parecidas en todos los tanques

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.12 PROBLEMAS DE ESPUMA

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
2. Espuma café, y grasosa sobre la superficie del tanque.	A El tanque de aireación esta trabajando en condiciones de baja carga (bajo F/M) debido a que el desecho de lodo es insuficiente	<p>1 Revisar si:</p> <p>a Hay incremento de SSVLM. mg/l</p> <p>b Si se incrementa el tiempo de retención celular</p> <p>c Si decrece F/M</p> <p>d Hay un incremento en la aireación para el mismo nivel de OD</p> <p>e Decremento las tasas de desecho</p> <p>f Si hay incremento en las temperaturas</p> <p>2 Revisar y monitorear el influente secundario y las tasas de retorno para cada tanque de aireación Una distribución inadecuada del gasto puede estar sobrecargando un tanque</p>	<p>Incrementar la tasa de desecho pero no mas del 10% por día, hasta que el proceso vuelva a la normalidad y haya una pequeña capa de espuma en el tanque de aireación</p> <p>2 Equilibrar el influente y las tasas de retorno para cada tanque de aireación</p>
3 Espuma natosa, café oscuro y espesa en la superficie del tanque de aireación	A La carga en el tanque de aireación es muy baja, ha llegado hasta un punto crítico, debido a que el programa de desecho es (F/M muy bajo)	<p>1 Revisar si:</p> <p>a Hay incremento de SSVLM. mg/l</p> <p>b Si se incrementa el tiempo de retención celular</p> <p>c Si decrece F/M</p> <p>d Hay un incremento en la aireación para el mismo nivel de OD</p> <p>e Disminución de las tasas de desecho</p> <p>f Incremento en los niveles de nitrato del effluente secundario (aproximadamente 10 mg/l)</p> <p>g Incremento en la demanda de cloro en el effluente secundario</p> <p>e Disminución en el pH del effluente del tanque de aireación</p> <p>2 Revisar y monitorear el influente secundario y las tasas de retorno para cada tanque de aireación Un tanque puede estar sobrecargado con SSVLM</p>	<p>1 Incrementar la cantidad de desecho pero no mas del 10% por día hasta que en el proceso se presenten los valores cercanos a los parámetros de control, o hasta que se presente una capa delgada de espuma en el tanque de aireación</p> <p>2 Equilibrar el influente y las tasas de retorno para cada tanque de aireación</p>

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.12 PROBLEMAS DE ESPUMA

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
4 Espuma color café oscura grasosa, espesa y llega hasta el clarificador	B Nata o espuma entrando a los tanques de aireación	1 Revisar a Influyente secundario si tiene grasas o aceites b Trampas de grasas o desengrasadores en el tratamiento primario	1 a Reforzar las normas sobre descargas al sistema de drenaje b Poner un sistema de captura de grasas en el tratamiento primario
5 Espuma café oscuro generalmente negruzca y jabonosa en la superficie del tanque de aireación. El color del licor mezclado es generalmente café oscuro casi negro. Olores sépticos en el tanque de aireación	A Organismos filamentosos (Nocardia)	1 Revisar los resultados del examen microscópico del licor mezclado	1 Ver la tabla de problemas de abultamiento de lodo, observación 2
6. Espuma ligera y fresca color caneta	A Condiciones anaerobias en el tanque de aireación	1 Referirse a la tabla de problemas de aireación	
	B Desechos industriales que contienen linternas y colorantes	1 Revisar si las descargas industriales tienen linternas o colorantes	1 Reforzar las normas sobre descargas al sistema de drenaje
	A No es problema ya que usualmente es un signo de que la planta está bien operada y se está produciendo un buen efluente		

TABLA 2.13 PROBLEMAS DE ARRASTRE DE SÓLIDOS

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
1 Nubes de lodo homogéneo subiendo sobre ciertas áreas del sedimentador. La prueba de sedimentación en el licor mezclado sedimenta bastante bien con un sobrenadante claro	A Mal funcionamiento del equipo	1 Revisar el siguiente equipo a Calibración del medidor de flujo b De las bombas y tuberías RAS o WAS (parcialmente o completamente) c Revisar si se presenta en el equipo de recolección de lodo hay piezas rotas o zafadas d Revisar la entrada y Salida del sedimentador si los baffles y equipo alrededor está dañado e Nivel de los vertedores	1 Reparar o reemplazar el equipo a Recalibrar el medidor de flujo b Desconectar las bombas o tuberías c Reparar el equipo d Reparar los baffles e Ajustar el nivel de los vertedores
		2 Revisar la tasa de remoción de lodo y el nivel del coilon de lodo en el sedimentador	2 Ajustar las tasas de retorno y la velocidad del mecanismo colector de lodo si es posible para mantener la altura del coilon a 1 a 3 pies del piso del fondo del sedimentador

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.13 PROBLEMAS DE ARRASTRE DE SÓLIDOS

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
	B. Aire o gas atrapado en los floculos de lodo o esta ocurriendo denitrificación	<ol style="list-style-type: none"> 1 Realizar una prueba de sedimentabilidad de SSLM. Una vez hecha Agitar la muestra ligeramente para ver si se liberan burbujas <ol style="list-style-type: none"> a Si se liberan burbujas, revisar la concentración de nitratos en el efluente secundario para ver si el proceso esta nitrificando b Si no se liberan burbujas no hay nitrificación 	<ol style="list-style-type: none"> 1 de los resultados de la prueba <ol style="list-style-type: none"> a) a Si el proceso esta nitrificando Ver la tabla de lodo que se eleva causa 1A b Si el proceso no esta nitrificando referirse a la Causa A de arriba y a la tabla de problemas de efluente turbio (ashing etc) causa 2B
	C. Corrientes de temperatura	<ol style="list-style-type: none"> 1 Revisar la temperatura a lo largo del sedimentador 2 Revisar si hay entrada o salida irregular de sólidos en el sedimentador 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Si la diferencia de temperaturas exceden de 2 a 4 °F entre el fondo y la parte superior del sedimentador sacarlo de operacion si es posible 2 Modificar o instalar mas baffles en los sedimentadores
	D. Sobrecarga de sólidos o hidráulica	<ol style="list-style-type: none"> 1 Revisar que haya distribución uniforme del flujo para cada tanque de aireación y sedimentador 2 Revisar la sobre carga en cargas pico y en tiempos normales 3 Revisar la carga de sólidos en el sedimentador 4 Revisar el ISV, calcular CSF y calcular el mínimo R 5 Revisar el colchón de lodo del sedimentador 6 Revisar si hay corrientes de viento excesivo alrededor de los sedimentadores 7 Revisar el proceso 8 Revisar los resultados de la los resultados de jar test 9 Revisar si hay infiltraciones o entradas de flujo excesivas 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Ecuilizar el flujo 2 Si la cantidad de sobreflujo excede la capacidad de diseño usar de ser posible sedimentadores adicionales 3 Si la carga de sólidos es muy alta poner otro clarificador en línea si es posible poner otro tanque de aireación en uso si es posible para bajar los SSLM para el mismo F/M O desecho lodo 4 a Si es posible incrementar la cantidad de desecho si no b Incrementar R si es necesario 5 Si la carga de sólidos esta bien pero el colchón de lodo es muy alto incrementar la tasa de retorno Incrementar la tasa de desecho si el MCRT es demasiado alto 6 Si el sedimentador es muy largo poner una protección el viento 7 Si es posible cambiar la operacion al modo de reaireación o estabilización de contacto 8 Agregar polimeros como o alumbre como medida temporal 9 incluir un programa de reducción de lodo

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.14 GUIA DE PROBLEMAS POR ABULTAMIENTO DE LODO

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
<p>1 Nubes de lodo homogéneas subiendo y extendiéndose a lo largo del sedimentador. El licor mezclado se sedimenta lentamente y se compacta pobremente en la prueba de sedimentabilidad. El examen microscópico muestra pocos o ningún organismo filamentosos.</p>	A Carga orgánica impropia causando el abultamiento	<p>1 Revisar y monitorear</p> <p>a Cambios en SSVLM</p> <p>a Cambios en MCRT</p> <p>b Cambios en F/M</p> <p>c Cambios en los niveles de OD</p> <p>d Cambios en la DBO del influente</p>	<p>1 Ajustar las tasas de desecho pero no mas del 10% por día hasta que se restablezcan las condiciones normales de operación</p> <p>2 Incrementar temporalmente las tasas de retorno para minimizar el arrastre de sólidos del sedimentador. Continuar esto hasta que los valores de los parámetros de control sean aceptables.</p>
	B El nivel de OD es muy alto	1 Revisar si hay un incremento en los niveles de OD	1 Disminuir el nivel de OD, preferentemente a un rango de 1.5 a 4.0 mg/l
	C Hay tóxicos presentes	1 Revisar la tasa de respiración del licor mezclado	1 Reforzar las normas sobre descargas al alcantarillado
<p>2 Las mismas observaciones del punto 1 excepto que el examen microscópico muestra numerosos organismos filamentosos. Nota: Tratar de identificar si estos organismos son hongos o bacterias.</p>	A Deficiencia de nutrientes en el Agua residual	<p>1 Revisar los niveles de nutrientes en el influente del agua residual</p> <p>2 Revisar la sedimentabilidad con la prueba de sedimentabilidad del licor mezclado</p>	<p>1 Si los niveles de nutrientes están por debajo del promedio, realizar pruebas de campo en el agua residual para encontrar las dosis para agregar nitrógeno en forma de anhídrido de amoníaco, fósforo en forma de trisodíum fosfato y o hierro en forma de cloruro ferrico</p> <p>2 Observar la muestra para mejorar las características de sedimentabilidad con los nutrientes agregados</p> <p>3 Clorar RAS a 2 o 3 lb/día/1000lb de SSLM</p> <p>4 Agregar algo para ayudar a la sedimentación</p>
	B Bajo OD en el tanque de aireación causando abultamiento filamentosos	1 Revisar el OD en diferentes puntos del tanque	<p>1 Si el promedio de OD es menor que 0.5 mg/l. Incrementar la aireación hasta que el OD se incremente entre 1.5 a 4.0 mg/l en todo el tanque</p> <p>2 Si el OD es cercano a cero en algunas partes del tanque, pero 1 mg/l o más en otras partes</p> <p>a Para difusores de aire, balancear el sistema de distribución de aire o limpiar los difusores</p> <p>b Para Aireación mecánica incrementar la velocidad del aireador si es posible</p> <p>3 Si el OD es bajo solo en la cabecera del tanque que han estado operando en el patrón de flujo conectado cambiar a mezcla completa o use aireación decreciente si es posible.</p> <p>Clorar el RAS a 2 a 3 lb/día/1000 lb de SSVLM</p> <p>4 Agregar ayuda para sedimentar para disminuir los síntomas hasta que el problema haya sido solucionado</p>

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.14 GUÍA DE PROBLEMAS POR ABULTAMIENTO DE LODO

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
	C Variaciones muy amplias en el PH del agua cruda o el PH del tanque de aireación es menor a 6.5 causando abultamiento filamentosos	1 Revisar y monitorear el PH del influente a la planta	1 Si el pH es menor a 6.5. Hacer una investigación sobre los desperdicios industriales para identificar la fuente Si es posible, parar o neutralizar la descarga en la fuente 2 Si lo anterior no es posible elevar el pH agregando agentes alcalinos como bicarbonato de sodio sosa cáustica al influente del tanque de aireación
		2 Revisar si el proceso esta nitrificando debido a que la temperatura del agua residual es muy alta o hay bajo F/M	1 Si no se requiere nitrificación en el proceso incrementar la tasa de desecho pero no mayor al 10% por día para detener la nitrificación 2 Si se requiere nitrificación elevar el pH agregando agentes alcalinos como bicarbonato de sodio sosa cáustica al influente del tanque de aireación 3 Clorar el RAS a una razón de 2 a 3 lb/día/1000lb/SSVLM 4 Agregar floculantes o algo que ayude a la sedimentación para mitigar los síntomas, hasta que el problema haya sido corregido
	D Grandes cantidades de bacterias filamentosas en el influente	1 Revisar el influente buscando bacterias filamentosas	1 Clorar el influente en una dosis de 5 a 10 mg/l Si se requieren dosis mayores hay que extremar precauciones e ir incrementando la dosis en incrementos de 1 a 2 mg/l
		2 Revisar los extremos del tanque si hay organismos filamentosos	2 Mejorar el funcionamiento de los demás procesos de la planta Ampliar la planta
	E Gradiente de DBO5 soluble causando bajo F/M	3 Revisar el DBO5 soluble a lo largo y ancho del tanque de aireación	3 Considerar cambiar a alimentación escalonada si es posible

TABLA 2.15 GUÍA DE PROBLEMAS DE ELEVACIÓN DE LODO EN BOLAS (clumping sludge)

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
1. Aglomeración de lodo (del tamaño de una bola de golf o hasta de una de basketball) elevándose y dispersándose en la superficie del sedimentador. Se ven burbujas en la superficie del sedimentador. La prueba de	A Desnitrificación en el sedimentador	1 Revisar si hay incremento en el nivel de nitratos en el efluente secundario 1 Si la nitrificación no es requerida gradualmente incrementar la tasa de desecho para reducir o eliminar la nitrificación	Si se requiere nitrificación reducirla hasta el mínimo aceptable

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.15 GUÍA DE PROBLEMAS DE ELEVACIÓN DE LODO EN BOLAS (clumping sludge)

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
sedimentación en el licor mezclado sedimenta bastante bien Sin embargo, una porción de lodo sedimentado se eleva hacia la superficie después de 2 horas de empezada la prueba		2. Revisar si hay incremento en el MCRT y decrementos en F/M	2 a Gradualmente incrementar las tasa de desecho para mantener el proceso dentro de los rangos de MCRT y F/M especificados, especialmente durante el clima cálido cuando el MCRT debe ser disminuido b Disminuir las tasas de retorno para asegurar que la nitrificación esta completa y la DBO soluble es baja
		3 Revisar los niveles de OD en el tanque de aireación-	3 Incrementar el OD para asegurar oxígeno en toda la capa de lodo
		4 Revisar la tasa de retorno y el colchón de lodo en el sedimentador	Incrementar la tasa de RAS para mantener el nivel del colchon de lodo en 1 a 3 ft en el sedimentador
		5 Revisar que haya una operación mecánica adecuada	5 Limpiar las tuberías de succión si están tapadas
		6 Evaluar el numero de sedimentadores en operación	Reducir el numero de sedimentadores para disminuir el tiempo de retención
		B Condiciones Sépticas en el sedimentador	1 Referirse a la tabla de problemas de aireación observacion No 3 2 Ver los puntos 3 y 4 del inciso anterior
3 Revisar si hay problemas mecánicos en el sedimentador tales como a Piezas rotas o dobladas b Tuberías de retiro de lodo tapadas	Realizar las labores de mantenimiento necesarias Reparar o reemplazar las piezas dañadas a Reparar o reemplazar las piezas dañadas b Limpiar las tuberías con aire o agua a presión		

TABLA 2.16 GUÍA DE PROBLEMAS DE EFLUENTE SECUNDARIO NEBULOSO

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
1 El efluente secundario esta nebuloso y contiene materia suspendida En la prueba de sedimentabilidad sedimenta pobremente dejando un sobrenadante turbio	A Los SSLM en el tanque de aireación es bajo debido a un proceso de puesta en marcha		
	B Incremento en la carga organica	1 Examinar microscópicamente el licor mezclado y el lodo de retorno Buscar si hay protozoarios	1 a Si hay muy pocos o ningún protozooario quiere decir que ha ocurrido un shock en la carga orgánica b Si hay un gran numero de flagelados y amibas el sistema puede estar sobrecargado

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.16 GUÍA DE PROBLEMAS DE EFLUENTE SECUNDARIO NEBULOSO

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
		2 Revisar la carga orgánica (F/M) en el proceso	2 Si el F/M es mas alto de lo normal Reducir la tasa de desecho pero no mas del 10% por dia para ayudar al proceso a volver a las condiciones normales de operacion y aumentar las tasa de retorno para disminuir el colchon de lodo al minimo para transferir los solidos al tanque de aireacion
		3 Revisar el OD en el tanque de aireacion	3 Ajustar la tasa de aireacion para mantener el OD entre 1.5 y 4 mg/l 4 Agregar floculantes para ayudar a sedimentar
	C. Carga toxica	1 Examinar en el microscopio el licor mezclado y el lodo de retorno Verificar si hay protozoarios y las condiciones de estos	1a Si hay protozoarios presentes pero inactivos posiblemente hubo una carga toxica en el proceso, reducir el desecho de lodo sin embargo mantener la operacion normal b Si hay pocos o ningun protozooario y el OD es adecuado hay carga toxica en el proceso Si todavia esta presente en el sistema continuar el desecho normal o en dado caso aumentar el desecho por unos dias para purgar el sistema Si los toxicos ya han pasado a traves del sistema, consiga cultivos de microorganismos, o pare el desecho hasta que los microorganismos se hayan vuelto a formar
		2 Revisar si hay un decremento en la tasa de respiracion del licor mezclado	2 Si es menor a 5 mg/g h, esta a punto de ocurrir un choque toxico
		3 Revisar la composicion de las muestras del influente y/o del licor mezclado ver si tiene toxicos	4 Si hay metales en el licor mezclado considerar incrementar el flujo de desecho por una semana para purgar el sistema Tambien tratar de rastrear la fuente de estos toxicos y tomar las medidas correspondientes
	D Sobreaireacion causando que los floculos del licor mezclado se deshagan	1 Examinar microscopicamente el licor mezclado ver si esta fragmentado o dispersados los floculos y la presencia y condicion de los protozoarios	1 Si los protozoarios estan activos y saludables y los floculos dispersados referirse a la tabla 1 Si los protozoarios estan activos y saludables y los floculos dispersados referirse a la tabla de problemas de aireacion a la condicion 1
	E El OD es bajo en los tanques de aireacion	1 Examinar el licor mezclado bajo el microscopio y revisar la presencia y condicion de los protozoarios revisar el F/M y el OD	1 Si hay pocos o ningun protozooario el F/M esta por debajo del rango normal y el OD es bajo Referirse a la tabla de problemas de aireacion a las observaciones 2 y 3

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.17 GUIA DE PROBLEMAS DE "CENIZAS Y PARTICULAS PEQUEÑAS DE LODO FLOTANTES (ASHING, PINPOINT FLOC, STRAGGLER FLOC.)

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
1 Flocúlos finos dispersos (del tamaño de una cabeza de alfiler) en todo el sedimentador con pequeñas islas de lodo acumulado en la superficie y descargándose por los vertedores. En la prueba de sedimentabilidad se sedimenta pobremente. El lodo es denso en el fondo con partículas finas o flocúlos suspendidas el sobrenadante no es muy claro (pinpoint floc)	A El tanque de aireación se esta acercado a una condicion de descarga (F/M es bajo) debido a la presencia de lodo muy viejo en el sistema	Revisar y monitorear las tendencias de los siguientes parametros a Incremento de SSVLM mg/l b Incremento en MCRT c Disminución en F/M d Incremento en la aireación para los mismos niveles de OD e Disminución en las tasas de desecho f Disminución de la carga orgánica en el influente secundario	1 Incrementar las tasas de desecho pero no mas del 10% por dia para regresar a los parametros de control óptimos. Si se necesita nitrificación se debe evitar desechar demasiado
		2 Revisar si hay aireación y mezclado adecuado en los tanques de aireación	2 Ver la tabla de problemas de aireación Agregar ayuda para sedimentar
2 Pequeñas partículas parecidas a cenizas flotando en la superficie del sedimentador y en la muestra de sedimentabilidad (ashing)	A Se empieza la desnitrificación	1 Agitar los flocúlos flotantes en la superficie en la prueba de sedimentabilidad de 30 min	1 Si los flocúlos flotantes sueltan burbujas y se sedimentan ver la tabla de problemas de lodo que se eleva y aglomera la causa 1*
	B Cantidades excesivas de grasa en el licor mezclado	1 Revisar el análisis de grasas de los SSLM y los desnatadores y el sistema de remoción de la grasa de los tanques primarios 2 Revisar el contenido de grasa en el agua cruda	1 Si el contenido de grasa excede el 15% del peso de SSLM, reparar o reemplazar los desnatadores, segun se necesite, o mejorar el sistema de remoción 2 Si el contenido de grasa es excesivo. Realizar una revisión a las descargas de la industria
	C F/M extremadamente baja y por debajo del rango de aireación extendida (menos de 0.05)	1 Revisar y monitorear las tendencias de Incremento de SSVLM mg/l a Incremento de MCRT b Disminución F/M c Incremento en la aireación para los mismos niveles de OD d Disminución de las tasas de desecho e Disminución de la carga orgánica en el influente secundario	1 Si la ceniza es muy significativa lo suficiente para dañar la calidad del efluente, incrementando la cantidad de sólidos suspendidos, incrementar la tasa de desecho pero no mas del 10% por dia para elevar el F/M y bajar el MCRT para optimizar los valores de los parametros de control
		2 Revisar si hay una capa delgada de grasa en la superficie del clarificador	2 Si el lodo sedimenta demasiado rápido, dejando partículas suspendidas, y la calidad del afluente disminuye, incrementar el desecho no mas del 10% por dia 3 Si hay grasa presente y la calidad del efluente esta disminuyendo, incrementar el desecho como en los incisos anteriores

TESTES CON
MAYEA DE ORIZEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.17 GUIA DE PROBLEMAS DE "CENIZAS Y PARTICULAS PEQUEÑAS DE LODO FLOTANTES (ASHING, PINPOINT FLOC, STRAGGLER FLOC.)

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
3 Pequeñas partículas esponjosas y livianas elevándose en la superficie del sedimentador. En la prueba de sedimentabilidad del licor mezclado, sedimenta lentamente dejando residuos en el sobrenadante (stragglor floc)	A. Sobrecarga en el tanque de aireación (F/M alto), debido a una baja densidad de lodo joven	Revisar y monitorear las tendencias de	1 Disminuir la cantidad de desecho pero no mas del 10% por día
		Disminución de SSVLM mg/l a Disminución de MCRT b Incremento de F/M c Disminución de la aireación para el mismo OD	
		Revisar el horario de desecho	

2.5.4 PROBLEMAS ELECTROMECÁNICOS

En una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el proceso convencional de lodos activados, así como en cualquier otra, los principales problemas electromecánicos son los del sistema de aireación, el cual puede ser con sopladores o aireadores mecánicos superficiales. En la siguiente tabla se mencionan los más importantes.

TABLA 2.18 PROBLEMAS CON SOPLADORES MECÁNICOS Y COMO CORREGIRLOS

Problema	Causa Probable	Solución
No hay flujo de aire	1 Velocidad baja	Revisar la velocidad con tacómetro y verificar pedido
	2 Rotación inversa	Revisar el giro correcto, cambiando los alambres de alimentación de energía eléctrica a motor
	3 Obstrucción en tubería	Revisar obstrucciones en la tubería
Baja capacidad de aire	4 Velocidad baja	Ver problema no 1 si es la banda ajuste la tensión
	5 Presión excesiva	Revisar las presiones de entrada y salida y ver las especificaciones
	6 Obstrucción en la tubería	Ver problema no 1
	7 Deslizamiento	Revisar si hay piezas usadas en el interior del soplador
Exceso de Potencia	8 Velocidad alta	Revisar la velocidad con tacómetro y revisar la orden de compra
	9 Presión muy alta	Ver problema No 5
Sobrecalentamiento de engranes	10 Impulsores están rozando (Cacahuates del soplador)	Revisar si la temperatura externa del soplador si es alta revisar el contacto de los impulsores. Corregir el montaje y alineación
	11 Lubricación inadecuada	Lubricar el balero delantero del motor y engranes

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.18 PROBLEMAS CON SOPLADORES MECÁNICOS Y COMO CORREGIRLOS

Problema	Causa Probable	Solución
Vibraciones	12 Lubricación excesiva	Revisar niveles de aceite, drenar y colocar aceite nuevo del grado adecuado
	13 Presión excesiva	Ver problema No. 5
	14. Cople desalineado	Revisar cuidadosamente si está desalineado, alinear a una milésima de pulgada
	15. Tensión excesiva de banda de motor.	Reajustar por tensión correcta
	16 Velocidad muy baja	Las velocidades demasiado bajas tendran como consecuencia el sobrecalentamiento del motor, revisar el soplador
	17 Desalineación	Ver problema No. 14
	18 Impulsores estan rozando	Ver problema No. 10
	19. Engranajes y baleros usados	Revisar el uso y condicion de los baleros
	20 Impulsores desbalanceados	En los impulsores pueden acumularse incrustaciones limpiar para obtener las mismas tolerancias
	21 Motor o soplador flujo	Apretar las tuercas y anclajes de montaje
	22 Residuo de tubería	La operación de sopladores produce pulsaciones, colocar juntas de hule entre el soplador y tubería de entrada y salida para absorber las vibraciones

TABLA 2.19 PROBLEMAS COMUNES CON LOS AIREADORES MECÁNICOS SUPERFICIALES Y COMO CORREGIRLOS

Indicadores/Observación	Causa Probable	Solución
El aireador falla al arrancar	1 Alambrado incorrecto o falso contacto en la caja de conexión del motor	1 Cotejar el diagrama de alambrado de la placa nominal del motor con las conexiones en la caja de conexión y en los contactos
	2 Alambrado incorrecto o falso contacto en el panel de control	2 Verificar el alambrado en el panel de control
	3 Fusibles o elementos térmicos impropios	3 Verificar que los fusibles y elementos térmicos cumplan con las especificaciones
El motor arranca pero el aireador tiene una descarga muy pobre	1 Alambrado incorrecto, ya sea en el panel de control o mas probablemente en el motor	1 Verificar el alambrado en el panel de control y en el motor
	2 Dirección de rotación inversa	2 Invertir dos de las 3 fases (no cambiar la conexión a tierra)
	3 Algo que afecta al impulsor, como basura	Poner en reversa el motor por 3 o 5 segundos, pararlo, ponerlo otra vez en reversa por 3 a 5 segundos, cambiar a la dirección de rotación correcta y arrancarlo otra vez. Si no hay resultados, verificar físicamente la unidad y remover cualquier obstrucción. Mantener el tanque libre de basura
Paro del motor por calentamiento del elemento térmico	1 Alambrado incorrecto	1 Revisar el alambrado ver si hay conexiones flojas o cortas
	2 Elementos térmicos equivocados con el arrancador	2 Revisar el tamaño adecuado de los elementos térmicos
	3 Basura obstruyendo el impulsor	3 Proceder como en la sección anterior
	4 Sobrecalentamiento en el panel de control	4 Agregar compensadores de calor en el panel de control, proteger el panel de los rayos solares en áreas no ventiladas.
	5 Mala operación del balero Defectuoso	Revisar los baleros del motor
	6 El cono de succión cayo al agua	Verificar que el cono de succión este en su lugar

**TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.19 PROBLEMAS COMUNES CON LOS AIREADORES MECÁNICOS SUPERFICIALES Y COMO CORREGIRLOS

Indicadores/Observación	Causa Probable	Solución
Descarga desuniforme del líquido	1 Basura en la propela o en el soporte del motor	1 Operar el motor en reversa con leves piquetitos al arrancador como en los puntos 3 de las dos secciones anteriores Si no se obtienen resultados inspeccionar la unidad
Unidad flotando con inclinación	1 Tensión desuniforme en los cables de anclaje 2 Tensión innecesaria del cable eléctrico del aireador	1 Ajustar la tensión del cable uniformemente 2 Reducir la tensión proporcionando más cable
El aireador moviéndose alrededor de su punto de localización	1 Basura en la propela 2 El cable de anclaje está muy tensionado.	1 Operar en reversa como en los procedimientos anteriores 2 Arreglar la tensión de los cables

2.5.5 PROBLEMAS COMUNES EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO:

Hay una gran variedad de problemas operacionales que pueden ocurrir periódicamente en las estaciones de bombeo. Algunos de los problemas operacionales y las medidas correctivas se enlistan a continuación.

Sobrecarga del influente de la planta: esta indicada por vertedores inundados, los archivos de los medidores de gasto muestran picos intermitentes altos y bajos. El rebose durante la temporada de secas, se puede deber a una falla en los controles de las bombas, o capacidad hidráulica insuficiente de la planta, o conexiones ilegales al sistema. La solución al problema es revisar y ajustar los controles de las bombas, instalar un tanque de demasías, y remover las conexiones ilegales

Sobrecarga durante temporada de lluvias es un indicador de infiltración excesiva y afluentes. Este problema puede superarse revisando y reparando los sellos y cubiertas de las alcantarillas, tuberías rotas y conexiones ilegales

Acumulación de sólidos o espuma en el cárcamo de bombeo: Puede deberse a una capa de espuma en el cárcamo y a una operación inadecuada del equipo medidor del nivel de agua. Para conocer la magnitud del problema se determina el nivel de sólidos y se mide la cantidad que baja en el cárcamo durante el ciclo de bombeo. El problema puede ser corregido, poniendo en operación la bomba manualmente y bajando el nivel del agua en el cárcamo lo mas bajo posible sin perder la succión. La espuma debe romperse con una manguera de alta presión.

Malos olores en el cárcamo de bombeo Se deben a tiempos de retención muy largos o una velocidad baja en el sistema de recolección. La severidad del problema está indicada por las emisiones de sulfuro de hidrogeno, corrosión en las partes de metal y concreto, y un color negro

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

se observa en los líquidos o sólidos. El problema puede ser corregido por una operación correcta o subir la estación de bombeo agregar peróxido de hidrógeno o una solución clorada en el cárcamo o en las tuberías de recolección, la instalación de difusores de aire en el cárcamo o la instalación de un soplador y un limpiador de gases para la oxidación de gases que se evacúan a la atmósfera.

Las bombas no arrancan: puede ser debido a que los fusibles fundidos, un control defectuoso, o un motor defectuoso. Revisar: los fusibles y sus partes, si hay switches en corto o corroidos, si hay corto circuito en los switches, si faltan o están rotas las conexiones, mecanismos de control automáticos, los switches no están preparados para la operación, los contactos de los controles pueden estar sucios, el cableado puede estar en corto circuito y el motor puede estar en corto o quemado.

Las bombas no operan o los breakers del circuito: Debido a que la succión de la bomba está obstruida, las tuberías de descarga, o la válvula está cerrada.

La bomba está operando pero con una descarga reducida: Debido a las siguientes razones: la bomba no está cebada o la bomba tiene aire. El impulsor está obstruido debido a grasa u otras obstrucciones, la velocidad del motor es muy baja debido a cableado impropio o defectuoso, la altura de descarga está muy alta, la altura de succión es muy alta, las tuberías de descarga o de succión están tapadas, las válvulas están cerradas parcialmente, el impulsor de la bomba está mal ajustado o está dañado.

El alto pago por el servicio eléctrico se puede deber a varias causas, las más comunes son: bombas tapadas, la velocidad de rotación es muy alta.

2.5.6 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA CLORACIÓN.

A continuación se enlistan los problemas más comunes en la cloración así como las inspecciones de rutina que son indicadores de problemas potenciales.

TABLA 2.20 REVISIONES DE RUTINA Y PROBLEMAS PARA LA CLORACIÓN

Partes Del Problema	Partes A Revisar	Problemas Potenciales	Acciones Para Corregir
Lecturas de los medidores de cloro	Consumo de Cloro	Con menor efuente la demanda de cloro aumenta	Monitorear la demanda y dosis de cloro. Ajustar el proceso para mejorar la calidad del efuente.
Lecturas de cloro, válvulas y uniones	Lecturas erráticas	El cilindro o contenedor de cloro está por acabarse	Reemplazar el contenedor o cilindro antes de que se termine por completo para asegurar el suministro de cloro al sistema.
		La escala de la tara no está calibrada apropiadamente	Revisar el equipo para poder manejar fugas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.20 REVISIONES DE RUTINA Y PROBLEMAS PARA LA CLORACIÓN

Partes Del Problema	Partes A Revisar	Problemas Potenciales	Acciones Para Corregir
	Hay fugas de cloro	Daños en el personal (muerte potencial) corrosión del equipo cercano y aparatos electrónicos	Trabajar con personal especializado, seguir los procedimientos apropiados para cerrar la válvula principal del tanque o cilindro, y limpiar la red de tuberías de cloración Reparar las fugas inmediatamente Notificar al equipo de emergencias si es necesario Reducir la cantidad de cloro. Si se está usando un evaporador, asegurarse que el cloro líquido es sustraido del contenedor por la válvula superior
	El contenedor o cilindro está congelado	El índice de cloración es muy alto	Reparar las fugas de las tuberías de solución. Seguir todos los procedimientos para trabajar con fugas de cloro. Corregir todos los problemas potenciales inmediatamente Si es necesario, evacuar la red y reemplazar el disco de ruptura Revisar la seguridad del evaporador
Tuberías de solución	Fugas	Gas cloro se puede separar de la solución	Revisar los dispositivos listados, repararlos o reemplazarlos y poner en operación el evaporador
	Presión en el colector principal	Sistema de cloración fuera de servicio El disco de ruptura puede estar roto	Revisar la presión de la fuente de cloro. Revisar, y si es necesario, reemplazar la entrada del filtro de gas
	Presión del evaporador	La válvula aliviadora de presión (PRV) falló al cerrar	Revisar y restaurar el flujo de agua y la presión. Revisar y si es necesario, limpiar el orificio del inyector y ajustar el orificio para incrementar la producción de vacío
Medidores del sistema	Temperatura y nivel de los rociadores	Elementos intercambiadores de calor, termostato, bombas de recirculación, sensores de nivel, o la válvula de llenado está funcionando mal	Revisar que el sistema esté operando apropiadamente, todas las válvulas y los controles de cambio automático
	Presión del clorador de gas	Baja presión de gas causa que el rotámetro se agite	Revisar y reactivar Operación de nivel de aspiración estableciendo flujo de agua hacia el inyector Operación de la presión del gas Limpiar el rotámetro Revisar y si es necesario reemplazar el los sellos del inyector para prevenir el reflujo de agua en el clorador
Sistema de cambio automático	Inyector de vacío y la tubería de agua	Si no se tiene el vacío suficiente el clorador se puede parar, si se tiene poca presión de agua también no se tendrá el vacío necesario	Revisar y si es necesario reparar el calentador de gas para prevenir el que el gas cloro se licue en el clorador
Clorador	Sistemas de presión, posición del control selector, rotámetro clorador	El contenedor se vacía sin que haya cambio automático en el suministro	
	El rotámetro se mueve del punto de operación, operación errática	Cloración impropia del efluente como resultado de la presión del gas baja o el rotámetro esta succion	
	Presencia de agua en el tubo del rotámetro	Fuga en el sello del inyector de gas	
		El calentador de gas está funcionando mal	

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.20 REVISIONES DE RUTINA Y PROBLEMAS PARA LA CLORACIÓN

Partes Del Problema	Partes A Revisar	Problemas Potenciales	Acciones Para Corregir
		el inyector esta funcionando mal	Asegurarse que el inyector tenga el flujo de agua apropiado También chequear las Asegurarse que el switch este en la posición de encendido
Cloro residual	Lecturas muy bajas o muy altas	Posicionadores electricos	Revsar y si es necesario ajustar la dosis en el potenciómetro

2.5.7 PROBLEMAS EN EL TRATAMIENTO DE LODOS

Existen muchos procesos para tratar los lodos los cuales se han descrito en el primer capítulo, en este trabajo se tratan los problemas mas frecuentes en los procesos mas comunes en las plantas de lodos activados, por lo que solo se hablara del espesamiento de lodos, la digestión aerobia y anaerobia, lechos de secado, filtros banda y la centrifugación.

2.5.7.1 Espesamiento de lodos.

Los espesadores de lodos por gravedad pueden crear olores desagradables si las unidades no son diseñadas, operadas y mantenidas cuidadosamente. El lodo espesado pobremente puede crear una sobrecarga hidráulica en el digestor y un alto contenido de sólidos en el efluente puede incrementar la carga de la planta.

1 Los olores sépticos o un lodo que se eleva en el espesador se deben generalmente a problemas en la cantidad de lodo o a la frecuencia de bombeo, o que la profundidad del colchón de lodo es muy alta El problema puede ser resuelto bombeando el lodo espesado con mayor frecuencia, incrementando la cantidad de dilución del efluente, clorando el influente, o agregando aire al tanque de mezclado

2 Si el lodo espesado es muy fino, se puede deber a que hay muchas corrientes superficiales, o un corto circuito a través del tanque. Esto se puede remediar mediante la reducción en la cantidad de influente de lodo, y manteniendo la altura del colchón de lodo. El corto circuito en los espesadores por gravedad se puede detectar si hay una descarga desigual de sólidos sobre el vertedor del efluente Puede ser necesario ajustar la altura del vertedor.

3 Un par torsor en el equipo de recolección de lodo se puede deber a la acumulación de lodo muy denso o algun objeto extraño esta trabando los escarbadores El problema puede ser resuelto agitando el lodo al frente de los brazos recolectores con agua a presión o alguna vara Los objetos extraños deben ser removidos vaciando el contenedor o ver si se puede extraer jalándolo

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

4. El taponamiento de las tuberías de lodo se puede deber a un lodo muy espeso. Las tuberías deben ser lavadas y todas las válvulas se deben abrir al máximo.
5. Si el lodo es difícil de remover se puede deber a que hay demasiada arena. El problema se puede resolver removiendo las arenas eficientemente.
6. El crecimiento excesivo de lama en los vertedores se puede deber a la acumulación de sólidos. Los vertedores y todas las superficies deben ser limpiadas frecuentemente.

Espesamiento por gravedad

TABLA 2.21 PROBLEMAS EN LOS ESPESADORES

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar/Monitorear	Soluciones
Olores sépticos, lodo se eleva	La cantidad de bombeo espesado es muy baja	Revisar la operación del sistema de bombeo Revisar el mecanismo de recolección de lodo esta funcionando bien	Incrementar la cantidad de bombeo del lodo espesado Incrementar la velocidad de recolección, reparar el mecanismo
	La velocidad de sobreflujo es muy baja	Revisar la cantidad de sobreflujo	Incrementar el influente hacia el espesador Una porción del efuente secundario o SSLM deben ser bombeados al espesador para tener un
El lodo espesado no esta lo suficiente espeso	Condiciones sépticas en el espesador La cantidad de sobreflujo es muy alta	Revisar el OD del espesador	Agregar agentes oxidantes al lodo influente (0.5-1.0 mg/l) Disminuir la cantidad del influente de lodo
	Corto circuito en el tanque	Usar un tinte u algun otro indicador para revisar el corto circuito	Revisar los vertedores del efuente repararlos o relevarlos Revisar los baffles del influente repararlos o relocalizarlos
Par de torsion en el mecanismo de recolección de lodo	Alta acumulación de lodo	Revisar a lo largo de los brazos recolectores	Agitar el colchón de lodo frente a los brazos colectores Incrementar la remocion
	Objetos extraños ha trabado el mecanismo	Probar con un magneto	Intentar remover el objeto Si el problema persiste drenar el espesador y revisar que el mecanismo opere correctamente
Crecimiento excesivo de material orgánico en las superficies y vertedores (lama)	Alineacion incorrecta del mecanismo	Alineación	Realignar el mecanismo
	Programa de limpieza inadecuado		Incrementar la frecuencia de limpieza de superficies
Fuga de aceite	El sello de aceite lallo	Sello de aceite	Reemplazar el sello
Ruidos extraños o ralentamiento	Desgaste excesivo	Alineacion	Reemplazar
	Alineamiento inapropiado Falta de lubricación	Lubricación	Alinear Lubricar
Sobrecarga en las bombas	Bomba atascada	Revisar si hay basura en la bomba	Limpicar la bomba
Partículas finas de lodo en el efuente	Lodo activado de desecho	Hay una porción del WAS en el influente del espesador	Acondicionar la porción de lodo del WAS

2.5.7.2 Estabilización de lodos :

Como se ha dicho en el capítulo anterior el objetivo principal de la estabilización de lodos es reducir los patógenos, eliminar los olores ofensivos y controlar la putrefacción potencial de la materia orgánica. Dentro de los métodos más usados para estabilizar los lodos del proceso de lodos activados es la digestión aerobia y la digestión anaerobia y a continuación se enuncian los problemas más comunes en la operación de estos 2 métodos.

Digestión aerobia de lodos.

El operador puede evaluar el funcionamiento del digestor aerobio revisando:

1. La concentración de OD, esta debe ser al menos de 1 mg/l

El tiempo de retención de lodo. Este debe ser de 10 a 15 días para lodo activado de desecho y de 15 a 20 días para lodo primario y lodo activado de desecho.

2. Revisar la reducción de SSV. Debe estar en un rango de 40 a 50%. Si las temperaturas son bajas (<15°C), las reducciones son de 35%, 40%, a menos que haya periodos de retención muy largos

3. Revisar el pH del digestor. Este debe ser mayor a 6.5

Si algunas de las medidas citadas anteriormente presenta valores inusuales entonces puede haber un problema entre los más comunes son

Los difusores de aire están tapados La acumulación de trapos o arena pueden causar que los difusores estén obstruidos, cuando los sistemas de aireación estén cerrados para concentrar el lodo digerido antes que el sobrenadante decante y se retire el lodo. Con el tiempo, estos materiales obstruidos se pueden meter dentro de los difusores y eventualmente reducir la descarga de aire causando un incremento en la presión de descarga del soplador. En los digestores aerobios se deben evitar los difusores de burbuja fina de cerámica ya que son especialmente susceptibles a este problema

Un buen mantenimiento previene o cura el problema. Sin embargo eliminar el problema es difícil, la modificación del equipo puede reducir la frecuencia y la severidad. Los aireadores pueden equiparse con sistemas autolimpiantes

Bajas concentraciones de oxígeno disuelto Las principales causas son un sistema de aireación ineficiente o una carga orgánica excesiva en el digestor. También en el deterioro del equipo como puede ser el soplador, el aireador mecánico hace que haya una menor eficiencia. Revisar

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

y monitorear rutinariamente la cantidad de aire y las presiones en las tuberías para identificar problemas potenciales. Registrar la posición de todas las válvulas de aire. Investigar las obstrucciones y fugas. Ocasionalmente revisar los caballos de fuerza del equipo mecánico de aireación para determinar sus condiciones. La eficiencia de los aireadores mecánicos disminuye si el nivel de líquido excede los límites operacionales. Consultar las recomendaciones del fabricante y las recomendaciones de los niveles de líquido permitidos.

Un aumento en la carga orgánica puede causar problemas en cualquier momento en la cantidad de oxígeno requerido

Olores molestos del lodo digerido. El OD inadecuado es la principal causa de malos olores. Para corregir estos problemas, primero se debe incrementar la concentración de OD aumentando la aireación (0.5 mg/l es el mínimo de OD requerido), después, reducir la carga orgánica. Si esas medidas fallan, la adición de químicos como permanganato de potasio o peróxido de hidrógeno para ayudar a oxidar los componentes causantes de olor en el digestor pueden ser requeridos. Esta es una consideración temporal y costosa para solucionar el problema

Gran cantidad de espuma Factores muy simples como sobrecarga orgánica o muy complejos como el crecimiento de bacterias filamentosas pueden causar problemas de espuma. Para reducirla, hay que disminuir la carga orgánica, instalar rociadores desespumantes, reducir la cantidad de aireación excesiva, usar químicos desespumantes. Para evitar la disolución de los contenidos del digestor, es recomendable usar los rociadores de agua moderadamente.

Remediar el crecimiento de bacterias filamentosas es un tema dificultoso y se debe manejar en las cámaras de aireación. Algunos operadores han agregado oxidantes como cloro y peróxido de hidrógeno con buenos y malos resultados. También, se ha tratado llevando el sistema a condiciones anaerobias por algunas horas. En la mayoría de los casos, los rociadores y los agentes desespumantes controlan la espuma a menos que por causas naturales pueden causar que haya una bacteria no filamentosas

Acumulación de sólidos Esto puede ocurrir cuando materiales arenosos han entrado al digestor, la aireación y el mezclado no crean la suficiente turbulencia para que los sólidos suspendidos estén mezclados dando una sedimentación del sobrenadante. Esto puede ser prevenido mejorando la operación del desarenador, si existe o, usando un equipo más potente de aireación y mezclado. Agregando raspadores en el fondo para reducir la acumulación de sólidos

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

pH bajo: En digestores cubiertos la nitrificación o la acumulación de dióxido de carbono puede causar un pH bajo. Monitoreando los registros de alcalinidad y nitratos en el sobrenadante del digestor o de dióxido de carbono en el aire ayuda a controlar el problema y la adición de cal o de hidróxido de sodio al lodo del digestor o ventilando el dióxido de carbono es apropiado para solucionar el problema. El bicarbonato de sodio también es efectivo cuidando de no tener una sobredosis.

Congelamiento: Un clima muy frío puede permitir la formación de hielo en la superficie líquida y en el equipo de aireación mecánica. Para prevenir un mal funcionamiento y un posible paro durante el invierno, examinar los digestores abiertos, ver si hay formaciones de hielo. Romper el hielo y removerlo antes de que haya daños en el digestor por el viento o por las fuerzas de expansión. Usar aire caliente para descongelar los aireadores mecánicos con problemas de formación de hielo. En climas extremadamente fríos, puede ser necesario construir cobertores temporales para minimizar el congelamiento.

TABLA 2.22 PROBLEMAS COMUNES EN LA DIGESTIÓN AEROBIA

Indicadores/observaciones	Causas probables	Revisar/ monitorear	Soluciones
Espuma excesiva	Sobrecarga orgánica	Carga orgánica	Reducir la cantidad de alimentación.
OD bajo	Aireación Excesiva	Oxígeno Disuelto	Reducir la cantidad de aireación
	Obstrucción	Sedimentar el digestor, retirar el lodo e inspeccionar los difusores	Limpiar el difusor o reemplazarlo por difusores de burbuja gruesa
	Sobrecarga orgánica	Revisar la carga orgánica	Incrementar la aireación o reducir la cantidad de lodo
El lodo tiene olores molestos	Tiempo de retención de sólidos(SRT) es inadecuado	Revisar el SRT	Reducir la cantidad de alimentación de lodo
	Aireación inadecuada	El oxígeno disuelto debe exceder de 1 mg/l	Incrementar la aireación o reducir la cantidad de alimentación de lodo
Formación de hielo en los aireadores mecánicos	Clima muy frío	Revisar la superficie del digestor ver que no haya formaciones de bloques de hielo	Romper y remover el hielo antes de que cause daños
PH en el digestor ha alcanzado niveles indeseados (debajo de 6.0-6.5)	La nitrificación está ocurriendo y la alcalinidad del agua residual es baja	PH del sobrenadante	Agregar bicarbonato de sodio a las tuberías de alimentación de lodo, o cal o hidróxido de sodio al digestor
	Si el digestor es cubierto el CO ₂ se ha acumulado en el aire y está disuelto en el lodo		Ventilar y eliminar el CO ₂

Digestión anaerobia de lodos

La operación y control de digestores de lodos anaerobios es difícil porque esto no depende solamente de los resultados de las pruebas de laboratorio, sino también del buen juicio del

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

operador, de las cargas de la planta de tratamiento, desechos industriales y condiciones ambientales.

El proceso falla cuando se presentan algunas de las siguientes situaciones

- Se incrementa la concentración de ácidos volátiles.
- La alcalinidad de bicarbonatos es baja
- El pH baja
- Baja la cantidad de gas producido
- El porcentaje de CO₂ en el gas se incrementa.

Las causas típicas de falla son:

- Sobrecarga hidráulica. Las posibles causas de este problema son: El lodo de alimentación esta diluido, la producción de lodo es excesiva, la acumulación de arenas y espumas, lavado de la alcalinidad

Esto ocurre cuando el tiempo efectivo de retención es reducido hasta un punto en el que los microorganismos no se pueden reproducir lo suficientemente rápido para evitar su eliminación del sistema. La sobrecarga hidráulica puede ser resultado del sobrebombeo de un lodo diluido, la producción de lodo excede a la capacidad del lodo, o de la reducción de la efectividad del volumen efectivo del digester por depósitos de arena, formación de espumas, o un mezclado pobre. La sobrecarga hidráulica también puede causar el lavado de la alcalinidad, resultando en un sistema regulado pobremente.

El volumen de acumulación de arena y espuma en el digester debe ser revisado en la primavera y otoño. Si mas del 5% del volumen es ocupado por arena o espuma, se debe considerar una limpieza del tanque

- Sobrecarga orgánica. Las posibles causas son: incremento en la producción de lodo, incremento de la concentración de lodo, cambio en las características del lodo, la puesta en operación fue muy rápida, alimentación poco frecuente.

Ocurre cuando la cantidad de alimentación excede la cantidad que los microorganismos pueden consumir en condiciones balanceadas. La sobrecarga orgánica es resultado de un incremento repentino en la cantidad de sólidos, un incremento en la concentración de sólidos, o un proceso de arranque muy rápido, o la alimentación de lodo es alta en carbohidratos.

Sobrecarga de tóxicos. Este problema se debe a, metales pesados, detergentes, orgánicos clorados, oxígeno, cationes, sulfuros

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Los procesos de tratamientos anaerobios son sensibles a ciertos componentes incluyendo los sulfuros, ácidos volátiles, metales pesados, calcio, sodio, potasio, oxígeno disuelto, amonía, compuestos orgánicos clorados. La concentración inhibitoria de una sustancia depende de muchas variables incluyendo pH, carga orgánica, temperatura, carga hidráulica y la presencia de otros materiales.

La cantidad de producción de gas es un indicador de la salud del digestor, puesto que durante un problema de tóxicos la cantidad de producción de metano decrece inmediatamente. Durante una sobrecarga hidráulica u orgánica, la cantidad de producción de metano disminuye gradualmente, o durante la sobrecarga orgánica, en un principio se puede incrementar la producción y después lentamente se disminuye.

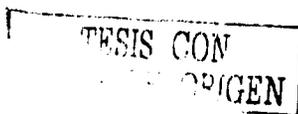
Las soluciones a estos problemas son:

- Ajustar la alcalinidad usando un suplemento.
- Ajustar el horario de alimentación.
- Preespesar.
- Pretratamiento
- Limpiar el digestor
- Volver a arrancar el digestor

En la siguiente tabla se muestran los problemas mas comunes en los digestores y las posibles soluciones

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
Elevación en la relación VA/ALK ácidos volátiles/alcalinidad	Sobrecarga hidráulica causada por infiltraciones de tormentas, sobrebombeo accidental, retro excesivo de lodo	Monitorear los siguiente veces al día hasta que problema haya sido resuelto 1 ácidos volátiles 2 alcalinidad 3 temperatura	Si el radio se incrementa a 0.3 Agregar cultivos de lodo del digestor secundario Disminuir la cantidad de retro de lodo para mantener a los microorganismos en el digestor Aumentar el tiempo de mezclado o Revisar las temperaturas del lodo y el control de temperatura si es necesario Si la relacion se incrementa a 0.3 Agregar cultivos de lodo del digestor secundario
	Sobrecarga orgánica	Monitorear el volumen de bombeo la cantidad de sólidos volátiles en el lodo alimentado	Disminuir la cantidad de retro de lodo para mantener a los microorganismos en el digestor Aumentar el tiempo de mezclado o Revisar las temperaturas del lodo y el control de temperatura si es necesario



2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
	Descarga de materiales tóxicos, como metales pesados, amoníaco y sulfuros a los digestores	Monitorear ácidos volátiles, pH, producción de gas, revisar la fuente industrial de los desechos, revisar si el bombeo inadecuado está creando sulfuros	<ul style="list-style-type: none"> - Usar cualquiera o la combinación de <ul style="list-style-type: none"> - Reciclaje de sólidos - Dilución del líquido - Disminuir la concentración del alimento - Precipitación de metales pesados con compuestos de sulfuros (Asegurarse de que el pH en el digestor es mayor a 10) - Sales de hierro para precipitar los sulfuros - Programa de control de desechos industriales
El CO ₂ en el gas se empieza a incrementar	La relación VA/ALK se ha incrementado hasta 0.5	Monitorear el quemador de gas y el analizador de gas	Ver los problemas del apartado superior y empezar a agregar alcalinidad usando los ácidos volátiles para calcular la cantidad necesaria
pH empieza a disminuir y el CO ₂ se incrementa (42-45%) al punto que no se obtiene gas quemable	La relación VA/ALK se ha incrementado hasta 0.8	Monitorear como se ha indicado en los apartados anteriores y	Agregar alcalinidad
La calidad del sobrenadante regresado al proceso es pobre causando problemas en la planta	Mezclado excesivo y el tiempo de sedimentación no es suficiente	Monitorear si hay olor a huevo podrido (sulfuro de hidrogeno)	Disminuir la carga a menos de 0.16 kg/m ³ d hasta que la relación baje hasta 0.5 o más
	Las tuberías de desague del sobrenadante no es al mismo nivel de la capa del sobrenadante	Retirar una muestra y observar el patrón de separación	Permitir periodos mas largos para sedimentar antes de retirar el sobrenadante
El sobrenadante tiene Olores molestos en el digestor primario o secundario	El punto de entrada del lodo crudo esta muy cerca de la salida del sobrenadante	Localizar la profundidad del sobrenadante haciendo un muestreo a diferentes alturas	Ajustar el nivel de operación de las tuberías de desague
	El pH en el digestor es muy bajo	Determinar el contenido de sólidos volátiles. Revisar si esta bien digiendo	Programas una revision de las tuberías lo mas pronto posible que el digestor pueda ser vaciado
Hay espuma que se observa en el sobrenadante en procesos de un solo paso o en el tanque primario	El digestor esta sobrecargado	Comparar la cantidad de entrada con la de salida de lodo. Revisar los sólidos volátiles para revisar si el lodo esta bien digiendo	Incrementar la cantidad de lodo retirada. El retro de lodo no debe sobrepasar del 5% de volumen digiendo por día
	Carga toxica	Monitorear el quemador de gas y el analizador de gas	Agregar alcalinidad
Fondo del fondo del	La capa de espuma se ha roto	Monitorear si existe sulfuro de hidrogeno (olor a huevo podrido) u olor a mantequilla rancia	Disminuir la carga a menos de 0.16 Kg/m ³ d hasta que la relación este por debajo de 0.5
	Recirculación de gas excesiva	Revisar la condición de la capa de espuma	Es una condición normal pero si es posible parar el retro de sobrenadante
Fondo del fondo del	Sobrecarga organica	Monitorear la recirculación (0.3 l/m ³ s es adecuada)	Aumentar la potencia del compresor
	Corto circuito	Revisar la relación de sólidos volátiles	Reducir la cantidad de entrada
		La tubería de retro de lodo esta	Cambiar la línea de salida al fondo

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
tanque es muy agitado	Mezclado excesivo	muy cerca de la zona del sobrenadante Tomar una mezcla y ver como se concentra en el envase de sedimentación	Apagar el mezclado por 24 a 48 horas antes de retirar el lodo
	El lodo esta tapando el intercambiador de calor externo	Revisar la presion a la entrada y salida o del intercambiador	Abrrir el intercambiador y limpiar
	La tubería de recirculación de lodo esta parcialmente o completamente tapada	Revisar la presion de entrada y salida de la bomba	Limpicar la tubería con lodo digerido calentado Usar un limpiador mecánico Aplicar agua a presión Agregar aproximadamente 3.6 g/l de trisodico fosfato o desengrasantes comerciales
La temperatura del lodo esta disminuyendo y no se puede mantener en niveles normales	Mezclado inadecuado Sobrecarga hidraulica Monitorear la concentración del lodo entrante Si la relación disminuye a 0.3 Cantidad baja de agua en los serpentines internos usados para intercambiar calor	Revisar los registros de temperatura del digester Agregar cultivos de lodo del digester secundario Disminuir la cantidad de retro de lodo para conservar en el digester a los microorganismos Revisar si hay aire encerrado en la tubería	Incrementar el mezclado Extender el tiempo de mezclado Revisar las temperaturas del lodo
Temperatura del lodo se esta elevando	El quemador de gas no esta quemando el gas digiendo El controlador de temperatura no esta trabajando apropiadamente	Revisar si la válvula esta parcialmente cerrada Revisar si hay baja presion de gas y el gas no quemable se debe a problemas en el proceso	Purgar la válvula liberadora de aire Abrir totalmente la válvula que pueda estar parcialmente cerrada Localizar y repará la fuga Agregar alcalinidad y disminuir la carga a menos de 0.16 Kg/m ³ d hasta que la relación disminuya hasta 0.5 o menos Si esta por arriba de 49°C, reducir la temperatura y reemplazar o reparar el controlador
La bomba de recirculación funciona pero los circuitos de encendido están funcionando	Rechazo por temperatura en el circuito para prevenir el bombeo de agua muy caliente a través de las tuberías	Revisar la temperatura del agua y el equipo de control	Dejar que el sistema se enfrie Revisar los circuitos de control de temperatura
Las tuberías del mezclador de gas están tapadas	No hay flujo en la tubería de gas	Revisar si hay baja presion de lodo	Limpicar con agua
El engranaje esta desgastado en los mezcladores mecánicos	Falta de lubricación apropiada Alineación pobre del equipo	Identificar si ha bajado la temperatura en las tuberías alimentadoras de gas o baja presión en el manómetro Monitorear si hay un amperaje excesivo en el motor o mucho ruido y vibración Revisar si hay desgaste en el eje Si hay mucha vibración calentamiento del motor amperaje excesivo y ruido	Limpicar las tuberías de alimentación y/o las válvulas Dar un servicio completo cuando el tanque sea vaciado para la inspección
El sello del eje se ha salido en el mezclador mecánico	Falta de lubricación apropiada	Revisar si hay fuga de gas (olor evidente de gas)	Verificar si se da el tipo y cantidad correcta de lubricación en los manuales del fabricante
Corrosión en las	El empaque está reseco o dañado Arena o desalineamiento	Si hay mucha vibración calentamiento del motor amperaje excesivo y ruido	Desbalance causado por la acumulación de material en las partes móviles internas Seguir las instrucciones del fabricante para volver a poner los empaques Reemplazar el empaque cada vez que el tanque sea vaciado si no es posible cuando la unidad este operando Reemplazar o reconstruir la experiencia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

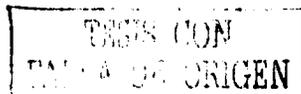
Indicadores/ Observaciones partes internas del mezclador mecánico	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
		comparar con las ilustraciones del fabricante para ver el tamaño original (al amperaje del motor a veces también baja así como las partes móviles se desgastan y se vuelven más chicas)	determinara la frecuencia de operación
Desbalance de las partes internas por la acumulación de residuos en las partes móviles de los mezcladores mecánicos (los impulsores de gran diámetro o las turbinas son los mas afectadas la mayoría de las veces)	La pulverización es pobre o las rejillas están funcionando mal	Monitorear las vibraciones, el calentamiento del motor, amperaje excesiva y ruido	Revisar la dirección del mezclador si tiene esta característica Parar y empezar alternadamente Abrir el hoyo de inspección y inspeccionar visualmente Vaciar el tanque y limpiar las partes móviles
	El mezclador está apagado	Revisar el switch del mezclador o el timer	Puede ser normal si los mezcladores están programados con un timer Si no es el caso y los mezcladores deben estar operando, revisar que es lo que está funcionando mal Incrementar el mezclado
El movimiento normal de la capa de espuma es desprecciable o no existe	Mezclado inadecuado		Romper la capa de espuma usando mezcladores Usar las bombas de recirculación de lodo y descargar arriba de la capa de espuma Usar químicos para suavizar la espuma Modificar el tanque Romper la capa de espuma físicamente con una vara Modificar el tanque Bajar el nivel de lodo de 8-10 cm Abajo del tubo de desecho, permitiendo que el la espuma sea desalojada por el tubo, continuar esto por 24 a 48 horas
La espuma es muy densa	Falta de mezclado, y alto contenido de grasa	Medir el espesor de la capa de espuma	Romper la capa de espuma usando mezcladoras Hacer que las bombas de recirculación de lodo descarguen por encima de la capa de espuma Usar químicos para suavizar la capa de espuma Modificar el tanque Romper la capa físicamente con una vara
La espuma es muy densa	Falta de mezclado, y alto contenido de grasa	Sondear la capa para ver el espesor de esta	
No se ve un movimiento adecuado en la superficie	La capa de espuma es muy alta y permite que el lodo ligero se desplace por debajo de esta	Revisar si hay movimiento de ondas en la superficie del lodo	Bajar el nivel del lodo 8-10 cm. Por debajo de tubo permitiendo que el material mas denso sea empujado dentro del tubo Continuar esto por 24 a 48 horas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
El gas se esta escapando a través de la válvula alviadora de presión de la cubierta	La válvula no esta asentada apropiadamente o esta atascada y abierata	Revisar el manómetro y ver si la presión del gas del digestor es normal	Remover la cubierta de la válvula alviadora de presión y revisar que el peso de la válvula asiente bien
El manómetro muestra que la presión del gas del digestor esta por arriba de lo normal	Obstruccion o hay agua en la tubería principal del quemador de gas	Si todos los puntos están operando normalmente revisar si hay restricción en la tubería de desecho o si esta tapada o atorada	Purgar con aire, drenar la trampa de condensados
	La válvula alviadora de presión esta atorada cerrada	Revisar si el gas esta siendo liberado como debe ser	Remover la cubierta de la válvula alviadora de presión y manualmente abrir la válvula, limpiar el asiento de la válvula
El manómetro muestra la presión del gas del digestor por debajo de lo normal	La válvula de control del desecho del quemador de gas esta cerrada	Revisar si los medidores de gas muestran un exceso de gas producido pero no van al quemador de gas de desecho.	Renivelar la cubierta flotante si el gas escapa por algun lado del domo debido a la inclinación
	Un desague muy rapido ha causado un vacío en el digestor	Revisar si el breaker de succion esta funcionando correctamente	Parar la descarga del sobrenadante y cerrar todas las salidas de gas del digestor hasta que la presión regrese a los valores normales
La válvula alviadora de presión no se abre conforme la presión se incrementa	Se ha agregado demasiada cal	Revisar si hay un incremento subito de CO ₂ en el gas del digestor	Interrumpir la adición de cal e incrementar el mezclado
	Diafragma inflexible	Aislar la válvula y abrir el cobertizo	Si no se han encontrado fugas, el diafragma debe ser lubricado
Una flama amarilla del quemador de gas de desecho	El diafragma esta roto	Inspeccionar el diafragma	Reemplazar el diafragma
Falla en el medidor de gas	Calidad pobre del gas con un alto contenido de CO ₂	Revisar el contenido de CO ₂	Revisar la concentración de la alimentación de lodo (probablemente este muy diluida)
	Basura en la tubería	Revisar la condición de la tubería de gas	Lavar con agua las tuberías
La presión del gas es mas alta que la normal durante un clima extremadamente frio	Falla mecanica	Revisar si hay partes sucias o dañadas	Lavar con queroseno o reemplazar las partes dañadas
	La tubería del sobrenadante esta tapada	Monitorear las tuberías del sobrenadante	Revisar cada 2 horas durante condiciones de congelamiento inyectar vapor, proteger la tubería del clima cubriendola
La presión del gas esta por debajo de lo normal	La válvula alviadora de presión u otro mecanismo de control de presión estan atorados abiertos	Revisar la válvula alviadora de presión	Manualmente operar el alviador de presión y remover la corrosión si existe e interfiere con la operación
	Ha fugas en la tubería de gas	Revisar la tubería de gas	Reparar según sea necesario
Fugas cerca de los cobertores de metal	Faltan los tornillos de anclaje estan rotos o perdidos y/o el material de sellado se ha movido o esta roto	Revisar si el concreto esta roto alrededor de los anclajes o si los amarres están rotos o vencidos o el material sellador se ha movido	Reparar el concreto reemplazar los amarres. Los tanques se deben drenar para este procedimiento. Se debe aplicar nuevo material sellante en el área de fuga
	Congelamientos y descongelamientos causando el dilatamento de las grietas de la construcción	Aplicar soluciones de jabon en el área y ver si se producen burbujas	Si este es un problema serio drenar el tanque limpiar las grietas y repararlas. Los tanques deben ser drenados y bien ventilados para este procedimiento



2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.23 PROBLEMAS MAS COMUNES EN LA DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS.

Indicadores/ Observaciones	Causa probable	Revisar o monitorear	Soluciones
La cubierta flotante esta ladeada hay poca o nada de espuma en las esquinas	El peso no esta distribuido uniformemente	Revisar la ubicación de los pesos	Si se pueden mover los pesos, moverlos para renovar la cubiertas, si no hay pesos usar bolsas de arena para nivelar la cubierta
	El agua condensada o agua de lluvia se esta acumulando en lo alto de la cubierta metálica en un solo lugar	Revisar las esquinas de la cubierta	Remover el agua acumulada Reparar el techo si las fugas de este contribuyen al problema
		Probar la condición de la espuma	Usar quimicos o agentes desengrasantes para suavizar la espuma y regarla con agua Suavizar la espuma como se indico arriba y reajustar las guias
La cubierta flotante esta ladeada, y hay espuma espesa y dura acumulandose en las esquinas	Acumulación excesiva de espuma en una sola area	Revisar la distancia entre las guias y la pared	Drenar el tanque si es necesario, teniendo cuidado de que la cubierta no se venga abajo sin el lodo
	Las guias están desajustadas	Determinar la posición normal si la parte que se sospecha esta rota esta cubierta por lodo	
	Las guias están rotas	Verificar la localización correcta usando la información del fabricante	

2.5.7.3 Secado de lodos

Como se ha dicho hay un gran número de técnicas para el secado de lodos. La selección del proceso depende de las características del lodo, el espacio disponible y la consistencia del lodo necesario para su disposición.

Dentro de los diferentes procesos de secado están los lechos de secado los cuales dentro de las variables que mas puede afectar la eficiencia del proceso son las condiciones meteorológicas, el tipo y características del lodo, el diseño del sistema, y el acondicionamiento químico y el tiempo antes de remover el lodo

En este trabajo solo se abordaran los procesos mas comunes que son: los filtros de banda, los lechos de secado y la centrifugación.

En la tabla 2 24 se presentan los problemas operacionales mas comunes para los lechos de secado

TABLA 2.24 PROBLEMAS OPERACIONALES COMUNES DE LOS LECHOS DE SECADO.

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
El tiempo de secado es excesivo	La profundidad del lodo es muy grande	Típicamente la capa de lodo de 8 pulgadas es satisfactoria	Cuando la cama se ha secado, remover el lodo y limpiarlo. Disminuir la profundidad de la capa de lodo y medir cuanto ha bajado en un periodo de 3 días. A la siguiente aplicación aplicar doble de lo que bajo en 3 días
	El lodo fue aplicado en una cama sucia	Revisar las condiciones de los lechos vacios	Despues de que el lodo se ha secado remover el lodo. Limpiar y rastrillar completamente la superficie del lecho y remplazar con 0.5 a 1 pulgada de arena limpia si es necesario

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.24 PROBLEMAS OPERACIONALES COMUNES DE LOS LECHOS DE SECADO.

Observación	Causa probable	Necesario revisar	Remedio
Las tuberías alimentadoras de lodo están tapadas El lodo que viene del digestor es delgado Han crecido pulgas en los lechos Hay olores molestos cuando el lodo es aplicado El lodo está polvoroso y se desmorona	El sistema de drenaje está tapado hay tuberías rotas		Destapar los lechos con agua limpia. Revisar la cama de arena y reemplazar según sea necesario. Drenar las tuberías durante la temporada de frío para evitar que se congelen.
	Lechos están más chicos de lo normal	Efectos de agregar polímeros	Normalmente 5-30 lbs/ton de polímero catalizador da mejores resultados en el secado.
	Condiciones climáticas	Temperatura, precipitación	Cubrir o tapar los lechos para protegerlos del clima.
	Acumulación de arena y sólidos en las tuberías		Abrir las válvulas completamente y comenzar la aplicación de lodo para limpiar las tuberías. Enjuagar las tuberías con agua si es necesario.
	El agua está siendo retirada y el lodo se deja atrás		Disminuir la cantidad de retro del digestor.
	Digestión inadecuada del lodo	Operación del digestor	Romper la costra y usar larvicidas como borax o borato de calcio o matar a las pulgas adultas con insecticida. Establecer una operación correcta del proceso de digestión.
	Secado excesivo	Contenido de humedad	Remover el lodo del lecho cuando se haya eliminado del 40 al 60% del contenido de humedad.

Filtros banda de prensa

Los filtros banda de prensa tienen paneles de control que automáticamente ponen en operación los componentes del sistema. Si hay algún problema en el inicio el equipo se parará y sonará la alarma. Las principales fallas son:

- Baja presión de aire
- Baja presión de agua
- Banda rota
- La cantidad de polímero es baja
- El flujo de lodo es bajo

En la tabla 2.25 se mencionan algunas medidas para reducir los problemas operacionales asociados a los filtros banda de prensa.

TABLA 2.25 CAUSAS Y PREVENCIÓN DE PROBLEMAS OPERACIONALES DE FILTROS BANDA DE PRESNA

Causas	Medidas preventivas
Condiciones variables del lodo	Asegurar la continuidad del mezclado total del lodo antes de secarlo.
Selección impropia del polímero o la dosis.	Los polímeros deben ser seleccionados y probados cuidadosamente. La selección y dosis de los polímeros deben ser revisada frecuentemente, particularmente cuando se esperan cambios en las características del lodo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.25 CAUSAS Y PREVENCIÓN DE PROBLEMAS OPERACIONALES DE FILTROS BANDA DE PRENSA

Causas	Medidas preventivas
El punto de aplicación no es el apropiado	El punto de aplicación del polímero debe ser revisado y reubicado
La inclinación para que el lodo drene es insuficiente	Evaluar La velocidad de la prensa y el tiempo de drenaje Selección del polímero y el sistema de acondicionamiento de lodo
Perdida de lodo entre las bandas	Peso de la banda y la selección del material Reducir la tensión de la banda Ajustar la velocidad de la banda mas alta Reducir la cantidad de lodo alimentado
El mantenimiento de las instalaciones debe ser adecuado	Entrenar a los operadores para mantener el área adecuadamente Tener de preferencia un equipo de limpieza por vapor para apoyar a la limpieza
Practicas poco seguras.	Llevar a cabo un entrenamiento de seguridad y ser mas estrictos en las reglas de seguridad para mantener el equipo y material en su lugar
Remoción del spray y algunas protecciones del equipo para facilitar la operación	Diseñar protecciones que se remuevan fácilmente y también de fácil reemplazo
Inactivación de cables y switches para facilitar el acceso a la unidad	Diseñar equipo seguro para minimizar la interferencia con la operación

Se pueden producir olores desagradables durante la operación de los filtros banda de prensa, esto se puede mejorar si se tienen buenos sistemas de ventilación, conservando el lodo fresco, y usando químicos neutralizadores de olores como permanganato de potasio.

El acondicionamiento inadecuado del lodo suele causar serios problemas. La localización de la alimentación del polímero puede dar como resultado un acondicionamiento pobre. Típicamente, el polímero y el lodo son canalizados a la unidad de acondicionamiento. Los puntos de adición del polímero deben estar localizados en distintos puntos, uno en la unidad de acondicionamiento, uno en la tubería de alimentación de lodo aproximadamente de 0.6 a 0.9 m aguas arriba de la unidad y otro 7.5m aguas arriba. Aunque estos puntos son especialmente críticos para una instalación nueva donde las características del lodo no se conocen del todo, son necesarias para cualquier planta pues las características del lodo varían con el tiempo.

Algunas veces el lodo se acondicionara mejor con periodos de contacto con el polímero mas largos y otras veces con periodos mas cortos

El reemplazo de los filtros de banda es uno de los problemas mas comunes de mantenimiento. las principales causas de falla de las bandas son desgarres en la costura, baja calidad del material de las bandas, sistemas inefectivos de tracción y la mala operación y mantenimiento. Las desgarraduras de las costuras usualmente son a causa de la mala calidad de las costuras, estas deben ser selladas con epoxy en cada lado

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

Los sistemas de tracción pueden causar que las orillas de las bandas se desgasten y deshilachen. El mal diseño o un mantenimiento pobre de las bombas de alta presión de agua y las boquillas de los rociadores pueden causar el desgaste de las bandas. Si las bombas no suministran suficiente presión en el flujo que va hacia los rociadores, estos se pueden tapar, y al no llegar el agua a las bandas puede causar que la banda se afloje por lo que se arruga y dobla reduciendo la vida de la banda.

Los sistemas de tracción son esenciales para la buena operación pues la banda tiene una tendencia para moverse de lado a lado. Cuando el movimiento empieza, los sensores activan el mecanismo de tracción que cambia y los rodillos para mantener la alineación de la banda.

Centrifugado:

Los principales problemas que se pueden presentar en el centrifugado son:

Sobrecarga de sólidos en la carcasa: Este problema es recomendable evitar, si la velocidad es muy baja para remover rápidamente los sólidos acumulados puede ocurrir un taponamiento.

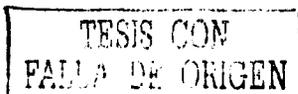
Si hay un par torsor excesivo puede sobrecargar la caja de engranes o la transmisión, y trabar la carcasa y el transportador. Este problema se puede solucionar con transmisiones automáticas.

La vibración excesiva puede ser resultado de una distribución de sólidos no uniforme. Esto puede evitarse limpiando o lavando constantemente la unidad con agua caliente, vapor, o vapor a presión. Es necesario medir constantemente las vibraciones y compararlos con los valores de puesta en marcha. Un incremento en los valores pueden ser signos de desgaste en los cojinetes y en la carcasa.

En la siguiente tabla se presentan los principales problemas en la centrifugación y sus principales y sus soluciones

TABLA 2.26 PROBLEMAS EN LA CENTRIFUGACIÓN

Observaciones	Causa probable	Revisar o Monitorear	Soluciones
Claridad en el centro de la maquina es inadecuada	Acondicionamiento químico	Reportes de flujo	Reducir el flujo
	La cantidad de alimentación es muy alta	Ubicación de los vertedores	Incrementar la profundidad de la alberca para mejorar la claridad
	La profundidad de la alberca	vibración	Reparar o reemplazar la carcasa
	El tornillo se ha dañado		Cambiar la velocidad a baja velocidad
Velocidad muy alta		Revisar la vibración en la alimentación de todo debe ser +40% del volumen	Diluir el todo de alimentación



2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.26 PROBLEMAS EN LA CENTRIFUGACIÓN

Observaciones	Causa probable	Revisar o Monitorear	Soluciones
El lodo esta muy mojado	La cantidad de sólidos alimentados es muy alta	La cantidad de quimicos agregados es muy alta	Cambiar la dosis de quimicos
	La cantidad de alimentación es muy alta.	Posición de los vertedores	Reducir el flujo
	la altura de la alberca es muy alta	Registros del gasto	Disminuir la altura de la alberca para mejorar el secado
	Velocidad muy baja	La velocidad	Poner en velocidad alta
	Cantidad excesiva de quimicos agregados	Revisar la cantidad de quimicos agregados	Disminuir la dosis de quimicos
Control de par torsor de la centrifugadora trastabilla	Cantidad de alimentación muy alta	Registros de flujo	Reducir el flujo
	En la alimentación la cantidad de sólidos es muy alta	Revisar los sólidos, estos deben estar por debajo del 40% del volumen total	Diluir el lodo de alimentación
	Material extraño en la maquina	Inspeccionar el interior	Remover el espiral y remover el material extraño
Vibración excesiva	El mecanismo esta desalineado.	Vibración	Corregir la alineación
	Falla en el mecanismo o en alguna parte	Inspeccionar la unidad	Corregir las partes faltantes o dañadas
	Mala lubricación	Revisar el sistema de lubricación	Dar una correcta lubricación
	Ajuste inapropiado de la vibración	Aisladores de vibración	Ajustar los aisladores
	Las chimeneas de descarga pueden estar el contacto con la centrifuga	Posición de las chimeneas	Reparar las juntas caídas en las chimeneas
	Parte del espiral de tornillo puede estar tapada causando un desbalance de sólidos	Interior de la maquina	Lavar la centrifuga
	A caja del mecanismo esta mal alineada	Alineamiento de la caja	Alinear la caja
	Las almohadillas de los soportes se han dañado	Inspeccionar los soportes	Reemplazar los soportes
	Las partes que rotan están desbalanceadas		Balance de las partes
	La partes no están bien apretadas		Apretar las partes flojas
Incremento subito en la energia consumida	Contacto entre el casco y los sólidos acumulados	Revisar si hay una área raspada en el casco	En las áreas donde hay agua poner una superficie rasposa
	La tubería del effluente esta tapada	Revisar si la descarga de sólidos es libre	Limpia la tubería del effluente
Incremento gradual de consumo de energia	El tornillo esta desgastado	La condición del tornillo transportador	Revestir el tornillo
	La profundidad del tanque es muy baja	Posición del vertedor	Incrementar la profundidad del tanque
La descarga de sólidos es intermitente	El tornillo transportador esta desigual	La superficie rugosa es impropia o corroída	Reconstruir el tornillo transportador
	La tubería de alimentación (Si es ajustable) esta muy cerca de la carcasa de la centrifugadora		Mover la tubería de alimentación
	Vibración excesiva de la maquina		Ver el librito de vibración

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

TABLA 2.26 PROBLEMAS EN LA CENTRIFUGACIÓN

Observaciones	Causa probable	Revisar o Monitorear	Soluciones
La centrifugadora se para o no inicia	El breaker del circuito esta abajo o los fusibles están fuera	Eléctrico	Corregir el problema y encender
	El regulador de sobrecarga esta fuera	El regulador esta sobrecargado	Lavar la maquina, resetear el regulador
	El control del par torsor esta trastabillando	Ver "el control del par torsor de la Centrifugadora trastabilla"	
	El switch de vibración trastabilla	Ver "vibración excesiva"	
	Falla en el equipo de engranaje	Equipo de engranaje	Reajustar y reinicializar

2.6 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO INADECUADO

La mayoría de los problemas hidráulicos a discutir en esta sección se deben sobre todo a un mal diseño, pues muchas veces un ingeniero inexperto no toma en cuenta algunos detalles, como el arreglo de las tuberías, las facilidades de conexión de las tuberías para la futura expansión de la planta, el horizonte de energía, la accesibilidad para realizar el mantenimiento. Dentro de los problemas hidráulicos mas comunes están la cavitación de las bombas y la falta de consideración en el diseño de las perdidas locales y por fricción en las tuberías y diferentes unidades de tratamiento para esto es necesario tener en cuenta el perfil hidráulico.

A continuación se hace una breve descripción sobre la importancia del perfil hidráulico, la cavitación y algunas otras consideraciones de diseño que dificultan la operación de la planta.

Perfil Hidráulico:

El perfil hidráulico es la representación grafica de la línea de energía a través de la planta (Fig. 2.10). Si el nivel mas alto del agua se conoce este nivel se usa como punto de control, y el conteo de las perdidas de energía se empiezan hacia atrás a través de la planta. Algunas veces los cálculos se empiezan en dirección del flujo desde el interceptor usando la superficie del agua como nivel de referencia, una vez obtenida la línea de energía se determina si se necesita del bombeo para el flujo de agua a través de los diferentes dispositivos de la planta o si puede escurrir por gravedad. Se debe realizar un minucioso recuento de las pérdidas y energías que se presentan en cada dispositivo de la planta ya que si no se toman en cuenta se pueden tener muchos problemas en la planta

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

En seguida se enumeran algunos otros problemas hidráulicos que se pudieran presentar en la planta.

- Falta de Flexibilidad para operar la planta en condiciones de poco gasto durante la puesta en marcha. El problema se puede solucionar instalando varios equipos de bombeo, en lugar de uno solo y grande pues es mas ventajoso para manejar gastos pequeños, y solamente se usa la capacidad necesaria, si es necesario, construir particiones en los tanques para proveer tiempos adecuados de retención.
- Uso de bombas de una sola velocidad cuando se requieren bombas de velocidad variable: El problema se puede arreglar agregando un controlador de velocidad variable a las bombas existentes donde se requiere. Las bombas de velocidad variable se deben usar en: La estación de bombeo del influente, bombas de reciclaje, bombas de adición de quimicos, bombas de alimentación de lodos de los sistemas de desecho.
- Las bombas están localizadas por arriba del nivel normal de agua dificultando el purgarlas: Este problema se puede arreglar agregando mecanismos autocebantes a las bombas o reacomodando la tubería para que la succión este inundada
- La planta ha sido diseñada con el gasto medio sin tomar en cuenta las condiciones de horas pico: se deben instalar bombas adicionales según sea necesario para manejar los flujos pico.
- Numero inadecuado de medidores de flujo en la planta: Se pueden instalar medidores de flujo magnéticos en las tuberías existentes, si las cajas de los vertedores o los canales parshall se pueden utilizar.
- Consideraciones inadecuadas de las infiltraciones del agua subterránea hacia la planta de tratamiento por las zanjas del drenaje. Este problema puede ser resuelto instalando barreras impermeables en las zanjas del drenaje

A continuación se enumeran algunos errores de diseño que se han documentado:

Algunos de estos errores se han cometido por omisiones en los planos y algunos otros porque el ingeniero diseñador no tomo en cuenta factores como perdidas de entrada y salida etc.

Estos son algunos errores que se han documentado

- 1 El esquema de flujo de una instalación de tratamiento de agua residual muestra los extremos de un área de proceso de lodo que tiene retorno a los tanques de sedimentación primaria Sin embargo la DBO₅ y los sólidos suspendidos totales que contribuyen estos flujos no han sido tomados en cuenta en el diseño de las instalaciones de tratamiento primario y

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

secundario. Como resultado estas unidades y las unidades de tratamiento de lodo están mal diseñadas y se tuvieron muchos problemas operacionales.

2. En el diseño final del sedimentador este fue diseñado sin la consideración del lodo de retorno. Como resultado, el tiempo de detención en el sedimentador y la cantidad de sobreflujo del sedimentador no concordaba con el criterio de diseño.

3. En el diseño de un sedimentador, por descuido no se detallaron las barras de acero de los cloradores del efluente que estaban en cantiliver estos estaban empotrados a la pared del tanque. Nadie se dio cuenta y cuando se puso en operación, el clorador se cayó.

4. En un caso, una estación de bombeo se instaló en un plano inundado. La estación se dotó de una escotilla tipo submarino y así todas las conexiones eléctricas se sellaron. Las bombas se controlaron a través de un sistema neumático usando un tubo como sifón como sensor del nivel en el pozo. El tubo no se extendió por arriba del tramo inundado. Como resultado la estación se inundó a través del tubo.

5. Las inundaciones en las instalaciones de tratamiento ocurren frecuentemente a pesar de las zanjas de protección. Las razones que se han reportado: Las tuberías de desviación de gastos extraordinarios no están provistos de válvulas check u algún otro mecanismo que impida que el agua regrese; no hay bombas para desalojar el agua de tormenta o, el drenaje de la planta no tiene capacidad para absorber el agua de lluvia o la intensidad con que se presenta, teniendo como consecuencia una inundación instantánea cuando llueve. O los diques de protección no son lo suficientemente altos en algunas secciones.

6. Cuando se preparaba el arreglo de una unidad, el diseñador bajo la altura de la cimentación de una unidad de tratamiento para evitar la construcción por encima del suelo. Sin embargo olvidó hacer los cambios en el perfil hidráulico, en las elevaciones de las otras unidades. Como resultado la superficie del agua estaba por debajo de las otras unidades de tratamiento que le seguían.

7. En muchos diseños el muro común entre dos unidades ha fallado cuando una unidad ha sido vaciada. En muchas otras ocasiones se han botado las paredes debido a la presión hidrostática o el muro se colapsa debido a la presión de la tierra cuando las unidades se drenan. En todos los casos el diseñador olvidó revisar la seguridad estructural bajo las condiciones de carga críticas.

Esta lista es una muy breve de muchas deficiencias de diseño, el operador debe estar al tanto de estas deficiencias tanto en la revisión de la planta como en la auditoría de diseño que se

2. OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A.R.

realiza antes de ponerla en operación como se había señalado antes. El total conocimiento de estas deficiencias derivara en una operación eficiente de la planta.

CAPITULO III

MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE A. R.

3.1 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento:

El mantenimiento, son todas aquellas actividades que se ejecutan a la planta de tratamiento, con el objeto de prevenir averías prematuras en sus instalaciones y accesorios, o para repararlos cuando se han llegado a deteriorar con el fin de lograr su adecuado funcionamiento.

Para mantener una planta en óptimas condiciones de operación, se requiere que tenga un buen programa de mantenimiento. El programa de mantenimiento cubrirá todo, desde el equipo mecánico hasta el cuidado de las estructuras, edificios y jardines.

Para llevar a cabo con éxito un programa de mantenimiento, los supervisores tienen que entender la necesidad y los beneficios que el programa de mantenimiento proporciona al equipo que esta en operación continua. Cualquier equipo que trabaje mal afecta a la calidad del efluente y los costos de reparación serán muy altos debido a un mantenimiento deficiente.

Se consideran principalmente 2 tipos de mantenimiento: el preventivo y el correctivo.

3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es el conjunto de actividades programadas que se realizan en la planta de tratamiento, con objeto de mantenerlo en óptimas condiciones de operación, evitar que se presenten daños que tengan como consecuencia discontinuidad en el servicio así como problemas técnico-operacionales y una vida útil corta de las obras.

Los objetivos principales que se persiguen con las actividades de mantenimiento y Conservación, son básicamente los siguientes:

- Limitar el envejecimiento del material debido a su funcionamiento

- Mejorar el estado del material, para su eficaz funcionamiento

- Intervenir antes de que el costo de la reparación sea demasiado elevado

- Eliminar o limitar los riesgos de averías en el material imprescindible para el proceso

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

- Asegurar el buen estado de los servicios generales de agua, electricidad, calefacción, etc.
- Evitar paros súbitos del equipo
- Permitir la ejecución de las reparaciones en las mejores condiciones, y reducir las reparaciones de emergencia
- Evitar los consumos exagerados.
- Suprimir las causas de accidentes.
- Minimizar los costos, mientras la planta este en operación
- Reducir los problemas en los procesos
- Alargar la vida del equipo

Para planear y llevar a cabo este mantenimiento en primer lugar se deben conocer a fondo los manuales de los equipos que el fabricante da junto con el equipo, se debe tener cuidado de que el personal esta bien capacitado para dar el mantenimiento.

3.2.1 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

Como el equipo y los productos se están mejorando continuamente, el manual de servicio del proveedor da una información detallada acerca de cómo y cada cuando dar el mantenimiento, por lo que este capítulo es solo una referencia general a los equipos.

Motores eléctricos:

El mantenimiento rutinario da la mayor seguridad de que habrá los menos problemas posibles, alargara la vida del motor y previene reparaciones costosas

Los motores deben ser engrasados después de 2000 horas de operación. El motor tiene que ser detenido cuando empieza a eliminar la grasa. Remover el tapón del orificio de alimentación de grasa y tapones de los drenes, destapar el dren de cualquier grasa dura, agregar grasa nueva a través del orificio de dren Arrancar el motor y permitir que opere por 15 minutos para eliminar el exceso de grasa Parar el motor e instalar los tapones de los orificios de llenado y dren

Después de 5 años de operación el embobinado del motor puede tender a deteriorarse debido a la humedad y el calor Se debe mandar revisar y reparar a un taller de servicio autorizado. En la Tabla 3 1 se presentan los puntos más importantes del mantenimiento de los motores

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA MOTORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	Según se requiera
Voltaje	Revisar el voltaje compararlo con los valores de diseño						X
Frecuencia	En la instalación revisar la frecuencia para asegurarse de que la variación no excede $\pm 5\%$						
Aislamiento	Revisar la resistencia del aislador periódicamente					X	
Sobrecarga	En caso de que haya una sobrecarga prolongada, revisar que no se presenten sobrecalentamientos, pues la vida del aislamiento se reducirá						X
Tension de las bandas	Ajustar el motor, para mantener una tensión apropiada en las bandas				X		
Temperatura	Medir la temperatura para asegurar que la unidad esta trabajando en los límites de seguridad			X			
El cuarto de servicio	El ambiente debe ser inspeccionado en intervalos regulares (revisar la ventilación del cuarto, humedad y contaminación)	X					
Lubricación	Método de aplicación Tipos de grasa para condiciones adversas Ciclo de mantenimiento por áreas registros de cada motor Revisar las recomendaciones del fabricante para un ciclo adecuado de relubricación y el lubricante mas adecuado	X					
limpieza	Polvo, aspirarlos limpiar los motores abiertos, desarmar y limpiar con solvente Revisar la resistencia del aislador					X	
Problemas en el motor							
Polvo fino bajo el acoplamiento	Realinear						X
Zumbido excesivo	Revisar el voltaje investigar el balance del rotor						X
Copeteo regular	Remover material extraño del rotor						X
Copeteo rápido	Reemplazar los cojinetes cambiar el aceite						X

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA MOTORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	Según se requiera
Vibración	El rotor necesita balanceo						X
Sobrecalentamiento	Revisar la alineación, las conexiones, inspeccionar la tensión de la cadena o banda Mucha grasa en el cojinete Lubricación insuficiente						X

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Cojinetes:

La vida de los cojinetes depende de: una alineación apropiada y continua, la adecuada tensión de las cadenas o bandas, y una buena lubricación. Una falla en el ajuste puede producir carga excesiva, sobrecalentamiento, y vibración excesiva. La tabla 3.2 muestra el mantenimiento rutinario al igual los intervalos de inspección sugeridos.

TABLA 3.2. MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LOS COJINETES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	Según se requiera
Alineación	Asegurar la alineación del cojinete para evitar vibración excesiva				X		
Tensión de la banda o cadena	Revisar que no haya mucha tensión (el Cojinete se sobrecalenta), la velocidad de la banda es muy alta		X				
Lubricación	Si el motor esta apagado Remover el tapon de drenado limpiar la grasa y purgar la grasa vieja antes de agregar mas grasa Cuando el motor esta en marcha purgar la grasa vieja a través del hoyo de rellenado Tenerlo destapado por 5 minutos o hasta que la grasa en exceso se ha drenado Si no existe un tapon de drenado engrasar hasta que una pequeña cantidad de grasa aparezca en el sello			X			
Temperatura	Despues del periodo de puesta en marcha revisar la temperatura del cojinete con un termómetro		X				
Revisar el cojinete por contaminación	Inspeccion visual Infiltración de agua u otro fluido que da a la grasa un color blancuzco						X
Revisar el funcionamiento	Revisar la operación si hay anomalías					X	

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Reductor de Engranajes:

Normalmente el aceite de lubricación tiene una vida útil de 400 horas. Después de estas horas de trabajo el aceite debe ser drenado del reductor de velocidad, y reponer nueva cantidad. Este procedimiento remueve partículas finas de metal que se han desprendido de los componentes internos debido al uso. Si se encuentran grandes cantidades de metal después de un paro hay que llamar y consultar al fabricante del equipo.

Válvulas:

A lo largo de una planta típica hay varios tipos de válvulas, estas se desgastan y corroen por lo tanto necesitan ser inspeccionadas constantemente y reemplazadas cuando sea necesario.

El mantenimiento común en las válvulas consiste en: darles lubricación periódica, pintarlas para protegerlas contra corrosión y cambiar partes dañadas o desgastadas, cambiar empaques, operar la válvula frecuentemente, abrirlas y cerrarlas para evitar que se peguen, limpiar sus partes, y verificar que no tengan fugas y si existieran repararlas. La tabla 3.3 muestra las acciones de mantenimiento rutinario para las válvulas

TABLA 3.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA VÁLVULAS

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Tipo de Válvulas							
Válvula de compuerta	Reemplazar el empaque						X
	Remover el empaque viejo de la caja de empaquetadura.						X
	Limpiar el vástago de la válvula y agregar unas gotas de aceite. Insertar el empaque del vástago en la caja de empaquetadura						
	Abrir y cerrar las válvulas inactivas para evitar que se atasquen			X			
	Limpiar los mecanismos abiertos con solvente y lubricarlos				X		
	Lubricar la rosca del vástago y lubricar con grasa						X

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA VÁLVULAS

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
	Lubricar las válvulas que estén enterradas con aceite					X	
	Reemplazar los asientos de las válvulas si hay fugas en esta						X
Válvula de tapón	Remover el tapón del lubricante e insertar un poco de lubricante para la válvula						X
	Lubricar y abrir y cerrar las válvulas inactivas para revisar su condición de operación			X			
Válvula Check	Inspeccionar la superficie del disco					X	
	Reparar el asiento si está dañado						X
Válvula de Alivio	Inspeccionar si hay corrosión para prevenir fugas						X
	Inspeccionar visualmente si esta sucia o hay partes rotas o faltantes			X			
De Seguridad	Probar la válvula elevando la presión de operación para ajustar la presión de la válvula			X			
Liberación de aire	Revisar si hay fugas revisar su asentamiento				X		
Lubricación y aislamiento del compresor	Girar la tapita de la válvula en sentido del reloj para forzar que el lubricante entre en la caja de la válvula						X
	Revisar el rendimiento y funcionamiento		X				

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Sellos y Empaques.

Los sellos y empaques previenen fugas de materiales peligrosos, tóxicos, o costosos. Dependiendo de la aplicación, los sellos se pueden contener ellos mismos, empacados, o lubricados con agua, aceite o grasa. En la tabla 3.4 se identifican los procedimientos que se deben seguir para evitar la falla del equipo, pérdidas potenciales de fluidos, daños a los empleados o a las instalaciones.

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.4 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LOS SELLOS Y EMPAQUES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de Inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Resortes	Revisar si hay fugas alrededor del eje	X					
Empaques	Reemplazar los empaques o sellos defectuosos de los sellos						X
Mecánicos	Revisar visualmente si ha fugas	X					
Doble fase	Revisar si hay fugas	X					

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Transmisión:

Lo más importante es la tensión y la alineación de la transmisión del sistema. Condiciones como desalineamiento pueden causar el desgaste de una banda o cadena en pocas horas cuando esto podría ocurrir en 6 meses o un año de uso normal. La siguiente tabla muestra las acciones de mantenimiento rutinario.

TABLA 3.5 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LA TRANSMISIÓN

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de Inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Banda	Mantener una tensión apropiada y revisar la alineación		X				
	Inspeccionar el desgaste de la banda			X			
	Mantener las bandas y fundas limpias y libres de aceite		X				
Banda-V	Revisar la tensión de la banda y su alineación		X				
	Revisar si la banda se agrieta o presenta rajaduras			X			
	Inspeccionar si hay poleas rotas o dañadas			X			
	Revisar si hay cadenas flojas			X			
Cadenas	Revisar la alineación				X		
	Limpiar las cadenas con solvente				X		
	Las cadenas de alta velocidad deben ser lubricadas continuamente. Las cadenas que no están en baño de aceite deben ser lubricadas cada 3 meses						

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Planta de emergencia:

Los generadores de energía de emergencia son necesarios cuando hay falta de energía eléctrica, es muy importante tenerlos en buenas condiciones para que arranquen cuando sea necesario. La tabla 3.6 muestra los procedimientos de mantenimiento rutinario.

TABLA 3.6 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA GENERADORES DE EMERGENCIA

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Batería	Revisar la condición de la batería		X				
Operar generador	El timer inicia la operación	X					
Luz de aviso	Indica que el generador no da energía	X					
Ajuste	Diagnostico				X		

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Cople e impulsores:

Se deben reajustar pernos y tuercas del impulsor y del cople de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Y también se deben inspeccionar las superficies de metal y buscar algún deterioro, tales como grietas, o componentes usados. Mientras que la unidad esté apagada revisar la alineación de la flecha y el impulsor.

Es recomendable, que después de realizar la rutina de mantenimiento los alrededores de la unidad sean barridos y lavados. Asegurarse de que no se deja grasa ni aceite tirado. Tiran las estopas trapos llenos de grasa o aceite en un bote o contenedor cerrado para evitar el riesgo de incendio. En la tabla 3.7 se muestra las acciones de mantenimiento rutinario para los coples e impulsores, y la frecuencia de inspección.

TABLA 3.7 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA COPLES E IMPULSORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Pernos y tuercas	Detener el areador y ajustarlos				X		
Superficies de metal	Buscar algún deterioro (grietas, componentes)				X		

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.7 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA COPLES E IMPULSORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	según se requiera
Flecha impulsor	Revisar la alineación				X		
Alrededores de la unidad	Se deben barrer y limpiar				X		

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Filtros de aire.

Cuando se ha programado la limpieza de filtros de aire, se deben remover los filtros de la cámara de filtración y revisar la cámara interna. Remover cualquier tierra, arena, papeles, agua o trapos. Normalmente los filtros pueden limpiarse usando agua a presión o con vapor. Consultar el manual del fabricante para saber cual es el método recomendado. Secar los filtros, instalar adecuadamente los filtros en la cámara de filtración y asegurarse que no se dejen herramientas o algún objeto en la cámara de filtración ya que pueden ser conducidos o arrastrados a los sopladores.

Sopladores:

Generalmente todo el equipo lubricado con aceite debe pararse después de 400 horas de operación. Después de este tiempo el aceite debe ser drenado del soplador el compartimiento debe limpiarse y poner aceite nuevo este procedimiento permite la remoción de suciedad.

Lubricar los baleros con grasa cada 500 horas de operación procurando no sobreengrasar los baleros

Cambiar el aceite de los baleros y engranes si usan aceite, limpiar el filtro cada 1 400 horas de operación normal, hacerlo con mayor frecuencia cuando se requiera.

Los sopladores que no están en operación normal deben ser operados al menos 6 horas por semana. Las válvulas de alivio de presión deben revisarse al menos una vez por mes, mediante accionamiento manual.

Probar la válvula de presión, si no responden a la presión que se necesita, consultar el manual del fabricante para calibrarla.

Las válvulas de succión y descarga del soplador deben ser operadas una vez al mes con el soplador fuera de operación. Cerrar y abrir completamente las válvulas como se indico arriba.

La tabla 3 8 muestra el mantenimiento de rutina para los sopladores en general

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.8 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LOS SOPLADORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Lubricación del equipo	Drenar el aceite viejo y después poner aceite nuevo						X
Paleros	Lubricarlos con grasa cada 500 horas de operación						X
Filtros	Limpieza del filtro						X
Sopladores que no están en servicio normal	Operarlos 6 horas mínimo	X					
Revisión de las válvulas	Abrirlas y cerrarlas, revisar si operan a la presión requerida						X

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Sistema de distribución de aire:

Dependiendo del ambiente que rodee a las tuberías de distribución, se deben programar inspecciones para todo el sistema de tuberías una vez cada mes o cada seis meses. Durante la inspección hay que buscar fugas, conexiones flojas, abrazaderas o soportes en mal estado, corrosión de tuberías y válvulas difíciles de operar.

Si hay corrosión en el exterior de las tuberías, esta debe limpiarse con cepillo de alambre hasta quedar el blanco metálico característico de este tipo de limpieza, luego aplicar un primer y luego la pintura anticorrosiva. Si el ambiente es muy corrosivo poner una capa de asfalto con tintilla de fibra de vidrio.

Los medidores de flujo y equipo de instrumentación deben ser calibrados cuando menos cada 6 meses para asegurar buenas lecturas. Todas las válvulas del sistema de distribución deben ser abiertas y cerradas completamente una vez por mes, (con los sopladores parados), para asegurar una operación libre. Para válvulas o accesorios especiales consultar el manual del fabricante de estos accesorios.

Cabezal de difusión (air headers)

Debido a las condiciones ambientales tan severas a las que están expuestas las tuberías de los difusores, se debe hacer un programa de mantenimiento, para evitar demoras en la operación de los difusores y el tiempo desperdiciado sea minimizado o rechazado. La tabla 3.9 muestra las principales actividades de mantenimiento de los cabezales.

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.9 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LOS CABEZALES DE DISTRIBUCIÓN (AIR HEADERS)

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Valvulas de aislamiento	Abnr y cerrar las válvulas completamente, asegurando su libre operación		X				
Pivote superior de la junta móvil de la tubería móvil de los difusores	Aplicar grasa suficiente		X				
Pernos y tuercas	Revisar que no estén flojos, apretarlos		X				
Tuberías de los difusores	Limpiarlas, revisar que no haya piezas sueltas o flojas, apretar las partes flojas					X	
Junta tipo "O" de la tubería (para difusores tipo Swing)	Aplicar grasa suficiente					X	
Tuberías	Revisar si hay corrosión, limpiar la tubería, poner primer y pintura epóxica					X	
Cabezales que no estén en uso	Cubrirlos con hule						X

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Difusores

El mantenimiento de los difusores, es para evitar que haya crecimientos biológicos alrededor de los orificios del difusor, y la limpieza de los equipos.

La tabla 3 10 muestra las principales acciones de mantenimiento preventivo

TABLA 3.10 MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LOS DIFUSORES

Item	Procedimiento de servicio	Intervalo de inspección sugerido					Según se requiera
		Cada semana	Cada mes	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Anual	
Orificios del difusor	Aumentar el aire de 2 a 3 veces la cantidad normal durante 15 minutos para evitar los crecimientos biológicos que se han acumulado alrededor de los orificios del difusor		X				
Difusores	Elevar el cabezal de aire del tanque, limpiar los difusores, inspeccionar por daños y reemplazar los que no están					X	

Fuente: Operation of municipal wastewater treatment plants vol. 1/MOP 11 WEF

Vertedores:

El mantenimiento es muy simple y consiste en revisar que el mecanismo se encuentre lubricado. También requiere limpieza y pintura para protegerlo contra la corrosión del ambiente. Hay que cuidar también de no romper los sellos de los vertedores y mantenerlos nivelados para evitar un desequilibrio en el proceso.

Sedimentadores.

Los siguientes puntos ayudaran al operador a mantener una operación apropiada de los sedimentadores.

- Hacer un archivo de todo el mantenimiento realizado en el sedimentador para referencias futuras. El archivo debe contener las tarjetas de reparación con la fecha y descripción del trabajo realizado y las fechas de lubricación, dirección y el teléfono del fabricante del equipo.
- Siempre se debe lubricar el equipo en los intervalos y con los lubricantes recomendados por el fabricante, y cerciorarse de no lubricar en exceso.
- Limpiar todo el equipo y estructuras regularmente. Remover el material flotante y espuma. Limpiar el desnatador y caja de nata para prevenir malos olores.
- Inspeccionar y corregir cualquier ruido, fugas, manómetros, bandas y dispositivos de seguridad
- Drenar el sedimentador cada año, y revisar que la columna y rastras estén protegidas contra corrosión. si hay indicio de partes oxidadas, cepillarlas a blanco metálico, y pintarlas con una pintura epoxica. Revisar que las rastras giren libremente. Revisar que el tanque no tenga cuarteaduras
- Mantener los vertedores nivelados para prevenir cortocircuitos.

Aireadores superficiales

El mantenimiento que se requiere para los aireadores mecánicos superficiales es mínimo. La simplicidad del diseño de la unidad elimina la necesidad de programas mas extensivos de mantenimiento. Sin embargo, se sugiere el mantenimiento preventivo siguiente:

Los diferentes tipos y tamaños de los motores que se usan para los aireadores mecánicos superficiales no se lubrican de la misma manera, debido a que los moldes y técnicas de

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

producción usadas por los diferentes fabricantes de motores no son las mismas. Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante para cada parte del motor. Así mismo usar el lubricante adecuado.

Otro mantenimiento preventivo que se aconseja, es una inspección periódica a las tuberías donde se encuentran sujetos los aireadores superficiales y leer el amperaje en el centro de control de motores para verificar que los motores no estén sobrecargados

Cuando se realice alguna reparación, donde se requiera remover la propela, se debe tener mucho cuidado cuando se vaya a colocar el aireador en servicio nuevamente, la flecha del motor debe estar perfectamente alineada. Realizar un análisis de vibraciones en el motor, se debe tener mucho cuidado ya que el costo de una reparación es muy caro.

Tuberías y partes cubiertas.

Esto es necesario en la planta para prevenir que haya corrosión en las tuberías y partes de metal, por lo cual es muy importante en el plan de mantenimiento preventivo programar el repintado de las superficies, sobretodo las sujetas a corrosión.

Se deben preparar las superficies: limpiar con solvente la superficie, raspar manualmente, limpiar con cepillo de metal, después se deben cubrir con una capa de primer y después pintura epoxica o según lo marque la reglamentación vigente.

3.2.2 CONSERVACIÓN DE EDIFICIOS, TANQUES, CANALES Y JARDINES.

El mantenimiento de edificios es otro programa que debe ser llevado a cabo con regularidad. Los edificios de una planta de tratamiento son construidos normalmente de materiales resistentes, para durar muchos años. Los edificios deben mantenerse en buenas condiciones, cuando se vaya a pintar el edificio, se recomienda llamar a un experto en pintura y pedirle la pintura más adecuada para la conservación del edificio. Es muy importante tener cuidado en la selección de la pintura y la calidad de esta, pues dará mejor protección durante más tiempo. Los tanques de la planta y canales, tales como sedimentadores, desarenadores y carcamos de bombeo, deben ser drenados o vaciados para inspección cuando menos una vez por año. Se debe estar seguro de que el nivel freático está lo suficientemente debajo de tal manera que los tanques no flotarían con el agua del subsuelo cuando se lleve a cabo el vaciado de los tanques o que se produzcan grietas por la presión del subsuelo.

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Los jardines mantenidos en buenas condiciones, darán una apariencia grata a la planta. Generalmente una planta con muchos jardines y flores dará la apariencia de que la planta es limpia y está operando en las mejores condiciones; sin embargo una planta sucia, descuidada, mal pintada, dará muy mala imagen. El operador debe tener muy en cuenta esto.

Conservación de edificios.

El programa de mantenimiento de edificios, depende de la edad, tipo y uso de un edificio. En edificios nuevos se requiere revisar que todos los accesorios trabajen apropiadamente. En edificios viejos se requieren observaciones cuidadosas y una rápida atención a las fugas, equipo descompuesto (aire acondicionado, calefacción etc), reposición de accesorios (lámparas, sanitarios, lavabos, etc) Se tiene que dar atención en diversos puntos en los edificios, tales como sistema eléctrico, plomería, calefacción y refrigeración, ventilación, pisos, ventanas, azoteas, drenaje y alcantarillas. Se debe realizar una revisión regular de estos aspectos para prevenir problemas futuros y disminuir los costos.

En cada edificio de la planta, se deben revisar periódicamente las escaleras, los barandales de seguridad, plataformas, que haya un buen alumbrado. Rechazar cualquier alteración o trampas en los edificios, tales como tubería tirada, insuficiente claro libre para pasar por un camino determinado, una alcantarilla destapada. Las áreas de almacén deben estar organizadas y limpias.

Mantener todos los edificios limpios y ordenados. Los sanitarios deben encontrarse en perfectas condiciones de operación y muy limpios. Todas las herramientas de la planta y equipo debe ser mantenido limpio y en un lugar apropiado. Los pisos, ventanas y paredes deben limpiarse regularmente, para tener una apariencia e higiene adecuada.

Conservación de tanques y canales

Las inspecciones a los tanques y canales se deben programar durante los periodos de bajo flujo. Todas las superficies de metal que estén en contacto con el agua residual y expuestas a gases del agua residual, deben estar debidamente protegidas con pintura especial. El recubrimiento debe realizarse cuando la inspección así lo indique. En superficies donde se haya caído la pintura protectora hay que limpiar con chorro de arena o con cepillo de alambre, antes de aplicar alguna pintura.

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

La pintura para proteger tanques o canales generalmente es del tipo asfáltica. Este mantenimiento debe ser periódico. En áreas no muy severas una pintura plástica será suficiente, es recomendable consultarlo con el experto en pinturas.

Son muy importantes los drenados periódicos, las inspecciones y reparaciones de tanques y canales, una falla produciría una perturbación fuerte en la operación por lo que es muy importante su programación.

Conservación de jardines:

Si los jardines no han sido arreglados, es responsabilidad del operador mandarlos arreglar. El arreglo consistirá en mandar poner flores y plantar zacate y árboles y evitar malezas, roedores e insectos. Se deben colocar señales indicando el acceso y dirección a las unidades de tratamiento, dirección de flujo en las tuberías. Los jardines deben estar cercados para mantener alejada a la gente, procurar mantener bien pintada la tubería, accesorios y equipo para evitar dar la impresión de un montón de chatarra.

3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Este tipo de mantenimiento también es llamado de emergencia y es consecuencia de un mal o escaso mantenimiento preventivo y de los incidentes que ocurren en la operación debido a fallas de los equipos y materiales de los elementos del sistema o bien debido a una inadecuada operación o por eventos contingentes los cuales pueden ser desastres naturales como son huracanes, sismos etc. El mantenimiento correctivo también consiste en la reparación de errores de diseño. Consistiendo por tanto en la reparación del daño, el cual podrá ser solucionado por personal capacitado, equipo, materiales y las condiciones económicas que se disponga.

Este tipo de mantenimiento es indeseable, ya que produce una vida corta del equipo, es costoso y produce muchos problemas operacionales.

3.4 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Estos consisten básicamente en la realización de una programación anual, en la que se determinan las frecuencias para acometer las diferentes revisiones a cada uno de los equipos que constituyen la planta de tratamiento.

Las bases sobre las cuales se puede planear un buen programa de mantenimiento son:

Personal técnico calificado

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Libro, fichas o manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento (redactado por el constructor, o en su defecto, deberá ser realizado por la empresa explotadora de la planta)

Cualquier programa de mantenimiento debe empezar por un buen mantenimiento de las instalaciones. La planta y todo el equipo debe ser mantenido en excelentes condiciones, limpias y ordenadas

Una de las responsabilidades del programa de mantenimiento debe ser mantener un inventario adecuado de refacciones para que las reparaciones se puedan hacer sin ningún contratiempo ni tardanza. El tipo y cantidad de partes de repuesto se hace de acuerdo a la experiencia en el mantenimiento. En una planta nueva esto se puede calcular y después con el mantenimiento que se de se debe ir ajustando

El plan de mantenimiento es anual, y para llevarlo a cabo exitosamente es necesario un mínimo de formas y registros, algunos de estos son bastante importantes. Las operaciones de mantenimiento preventivo son muy numerosas, aun en plantas pequeñas, como para confiarlas a la memoria de un individuo. El programa de mantenimiento debe ser planeado, programado y después tabulado y calendarizado en una forma de registro individual o en una computadora.

La meta del sistema de mantenimiento es proveer registros, precisos y convenientes de cada pieza del equipo, para racionalizar correctamente el mantenimiento preventivo y correctivo. Un método probado de organización de las tarjetas del sistema de mantenimiento consiste en 6 formas esenciales de su actividad principal y son

- Un índice numérico de las tarjetas de inventario
- Un archivo numérico de tarjetas de mantenimiento preventivo
- Hojas de datos de mantenimiento
- Un inventario de partes de repuesto para los diversos equipos.
- Hojas de mantenimiento diario
- Reportes de trabajos de mantenimiento u ordenes de trabajos por hacer.

Estos se pueden organizar en una computadora, el cual al final dará las actividades diarias de mantenimiento preventivo y correctivo por hacer

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Tarjetas de Inventario del equipo.

Estas tarjetas dan información del equipo, a cada equipo se le asigna un número de inventario y debe estar marcado con el, en la tarjeta aparece este número y otro que es el de su ubicación en plano. En esta tarjeta se incluyen datos como: la ubicación del equipo, antigüedad, capacidad de aceite, modificaciones, y características del equipo, el fabricante, el lugar autorizado para darle servicio correctamente, antigüedad y fecha de puesta en operación, modificaciones a alguna pieza del equipo (fig 3.1).

Manual de Mantenimiento 1010		Programa No P-75
Fabricante Worthington		
Lugar autorizado de servicio Worthington S. A. 5 de Mayo 14 Sn Fco Culhuacan Cp 04260 Mexico D F		
Tel 55 33 99 88		
Transmisión		Unidad de la transmisión
Marca Faibanks-Morse		Marca Worthington
Modelo ID No 483 925-40	Tipo Vert	Modelo 14MN Tipo MixFlo-MN
Código	Diseño	SERIAL 1743-14
Montura 445 T	S F 1 15	Tamaño 14" RPM 1150
HP 125	RPM 1200	GPM 7600 TDH 51
Hz 60	Fases 3	D del impulsor 15" Material GGI
Volts 480	AMPS 156	Sello No Tipo Cranel Material Carb Tung
Aislamiento Clase B		Hojilla 3"ID/4-1/2"OD Material
Fecha de Instalación 13 jun 1999		
Equipo no 1010	Descripción Bomba de entrada No 1	Localización Estación de bombeo de la entrada

Fig. 3.1 Ejemplo de una tarjeta de inventario de una bomba Worthington

Tarjetas de Mantenimiento Preventivo

Puede haber una o mas tarjetas de mantenimiento preventivo dependiendo de la cantidad de mantenimiento que debe ser realizado en cada pieza del equipo. En cada tarjeta debe ir la información pertinente sobre como se le debe dar mantenimiento a cada parte, frecuencia, materiales usados y el numero de referencia, que corresponde a la pagina del manual de mantenimiento. Todas las adiciones, correcciones y cambios al programa de mantenimiento se deben poner en las tarjetas (Fig 3.2).

Los manuales de mantenimiento del equipo que el fabricante proporciona normalmente están junto con estas, en otro fólder. Las secciones se numeran para que correspondan a los números de inventario de los equipos. Los numeros de referencia de las tarjetas de mantenimiento preventivo, se refieren a los numeros de pagina de la literatura del fabricante.

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Si se requiere información que no viene en los manuales se debe consultar al fabricante, al igual si se requiere hacer un trabajo que no viene en los manuales del fabricante se debe consultar primero a este.

Tarjeta de Mantenimiento Preventivo		Manual de Mantenimiento No. 1.10		
Item	Trabajo por hacer	Ref.	Frec	Materiales
1	Revisar el sello mecánico para un flujo adecuado del agua		D	
2	Mangueras de la bomba y el área		Sem	
3	Cambio de grasa del eje en las juntas "U"	P. 37	M	UNOBA EP-2
4	Engrasar arriba y debajo de los cojinetes de las bombas	P. 11	M	UNOBA EP-2
5	Revisar que las bombas operen correctamente a través de todas las velocidades		M	
6	Engrasar los cojinetes del motor	P.14	A	UNOBA EP-2
7	Revisar el amperaje del motor		A	
Equip No.	Descripción	Localización		
1010	Bomba de entrada No. 1	Estación de bombeo de entrada		

Fig. 3.2 Ejemplo de Tarjeta de Mantenimiento de una Bomba Worthington

Hojas de Mantenimiento Diario

Estas hojas son usadas como un vehículo para llevar un control del mantenimiento en los record permanentes de la planta. Al termino de cada turno, las hojas de mantenimiento son llenadas con las actividades de mantenimiento terminadas en cada parte de la planta. Es muy importante que las hojas sean llenadas cuidadosamente y completamente (Fig 3.3).

Fecha: <u>10-12-01</u>		Turno <u>Matutino</u>		Operador: <u>J. Smith</u>	
Equipo No.	Descripción del equipo	Mantenimiento completado		Comentarios	
1010	Bomba del influente No 1	1	2 3 4 5	Fuga excesiva en el sello	
1030	Bomba del influente No 3	1	2 3 4 5		
1060 1065	Bombas de entrada No 1 y 2	1	3 4	La bomba del motor de la bomba 2 hace vibra ruidosamente	
1080	Bomba	1	2		
1085	Bombas 1 y 2	1	2		

Fig. 3.3 Ejemplo de una hoja de Mantenimiento diario

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Tarjetas de Partes de Repuesto o Refacciones.

Las tarjetas de partes de repuesto deben estar junto con las tarjetas del inventario de cada equipo para cada pieza del equipo.

Estas tarjetas contienen una lista de las partes de repuesto o refacciones disponibles por cada pieza del equipo, junto con el número de parte, para ahorrar tiempo cuando se resurten las partes, se debe usar el número y clave del fabricante (Fig 3.4). Cuando se usa una refacción el reemplazo se debe ordenar, esta tarjeta también sirve como control del stock que se tiene en el almacén.

Clave	Descripción	Cantidad	Clave	Descripción	Cantidad
TP-1	Sello mecánico # Tipo 1	1			
14 MN-1	Anillos	1			
14 MN-9	Hojilla-SS (Nombre del Equipo)	1			
Eq. No.	1010			Partes de Repuesto existentes en almacén	

Fig. 3.4 Tarjetas de Partes de Repuesto

Tarjetas de la Bitácora de Mantenimiento.

La bitácora de mantenimiento se puede usar con las hojas de mantenimiento diario o por ella misma para llevar un registro del mantenimiento completado para ese día. La bitácora tiene un espacio para cada día del año, y registra por número de tarea en el cuadro apropiado junto con las iniciales del operador que haya hecho el mantenimiento esta información se puede transferir de las hojas de mantenimiento diario(fig 3 5) Cuando las tarjetas se han llenado (En diciembre) se guardan en un lugar permanente y se usa otra

Las tarjetas que se han descrito se guardan en dos juegos el archivo maestro y en los archivos de mantenimiento del operador

El archivo maestro contiene

- Tarjetas de inventario del equipo
- Copias maestras de las tarjetas de mantenimiento
- Tarjetas de partes de repuesto

Este archivo es guardado en el edificio de operaciones y es puesto al día por el equipo de mantenimiento

Los archivos de mantenimiento del operador contienen:

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

También es necesario revisar y asegurarse de que los registros sean en tarjetas o en computadora no hayan sido destruidos o perdidos.

3.5 REHABILITACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

Algunas plantas de tratamiento de A.R. existentes después de algún tiempo de operación empiezan a presentar algunos problemas y por lo tanto disminuyen en su efectividad y en la calidad del efluente; algunos de estos factores: como el incremento de los requerimientos en la calidad de las características del efluente del agua tratada, el incremento del gasto del influente, la operación y mantenimiento deficiente, equipo obsoleto, falta de espacio e inversión inicial, incremento súbito de la población servida, y la ineficiencia en la operación de la infraestructura de tratamiento. Cuando se presentan estos problemas y la planta no es efectiva; entonces se necesita una rehabilitación de la planta.

Algunas de estas plantas pueden ser rehabilitadas para proveer un incremento significativo en su eficiencia y capacidad que puede ser mejorada notoriamente, al igual que los costos pueden disminuir sustancialmente.

Para llevar a cabo la rehabilitación de una planta, en primer lugar se evalúa y diagnostica, y se revisa su potencial de rehabilitación, las principales actividades que se realizan para este fin son:

Descripción de la planta

En primer lugar se recopila, analiza, y actualiza la información existente de la planta el lugar donde se encuentra, y el entorno de esta.

Para crear un panorama amplio de la situación de la planta y su entorno se recopilan datos de la población o poblaciones a las que la planta da servicio, actividades económicas principales, censos de población, proyecciones de población, cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, generación de aguas residuales, descargas de aguas residuales industriales, características de las industrias, problemática generada por las industrias.

En gabinete se hace una investigación sobre las características, condiciones físicas y mecánicas de las instalaciones de la planta. Esta información puede ser obtenida de planos, literatura de los fabricantes, registros de operación de la planta y los estudios que se hayan hecho en las instalaciones.

En esta descripción de la planta también se incluye: localización de la planta de tratamiento, tipo de tratamiento, gastos de diseño, unidades que componen el sistema, descripción y secuencia del proceso de tratamiento calidad de las aguas crudas o sin tratamiento condiciones particulares de descarga, calidad del agua tratada.

Diagnostico de la planta:

En el diagnostico se hace una revisión exhaustiva de la planta con el propósito de evaluar las condiciones actuales de la planta, y también identificar los factores limitantes del desempeño de la planta; esto se hace con los datos recabados en gabinete en la etapa de descripción y haciendo aforos y levantamientos en las instalaciones.

El diagnostico se hace tanto física como operacionalmente esto quiere decir que se evalúa a la planta en todos sus aspectos.

Para establecer el programa de actividades se deben realizar recorridos por las instalaciones e identificar las características generales de la planta y seleccionar e identificar las estaciones de monitoreo donde se harán los aforos.

Dentro de las principales actividades del diagnostico están:

Aforo y monitoreo de la calidad del agua de la planta de tratamiento: Se hacen aforos y muestreos a lo largo de la planta, y se evalúan los parámetros de control, todo esto con el fin de determinar la calidad del influente y el efluente, estos datos son muy importantes para determinar la eficiencia del tratamiento

Levantamiento físico de los componentes de la planta de tratamiento: Se hace un levantamiento de cada una de las estructuras que conforman el sistema de tratamiento de A.R. El levantamiento físico consiste en medir con flexómetro las unidades para verificar que las medidas coincidan con los planos la altura de los vertedores, las marcas de agua en los tanques (la marca inferior y superior) espesores de muros, dimensiones de canales y orificios, diámetros de tuberías, características de los andadores y protecciones como barandales, escaleras, rejillas etc. y de todos los equipos que se encuentran instalados en cada unidad

Para verificar las elevaciones es necesario hacer una nivelación de las estructuras que forman el tren de tratamiento, la línea de distribución de agua y de la captación de lodos

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Evaluación del personal de operación y mantenimiento: En este proceso se hace un censo del personal, se revisan sus actividades, como son realizadas, efectividad y cumplimiento del programa de mantenimiento, así como su disposición y motivación hacia el trabajo, como se organiza y reparte el trabajo, y el desempeño (puntualidad, etc.)

Una vez realizadas las actividades programadas para obtener información completa y actualizada sobre la situación de la planta se realizan los diferentes diagnósticos que son:

- **Diagnostico de la eficiencia del tratamiento:** Se realiza con las evaluaciones de la calidad del agua, personal y de los parámetros de control, con esta información se obtiene el diagnostico y conclusiones importantes, pues en algunos casos los problemas que presenta la planta son por una mala operación o un mantenimiento pobre
- **Diagnostico topográfico y geotécnico** Se hacen nivelaciones y estudios de mecánica de suelos y se verifica que las unidades estén bien niveladas, que la capacidad de carga del suelo no este excedida, y el diseño geotécnico de las cimentaciones sea el correcto.
- **Diagnostico general del diseño funcional e hidráulico de la planta de tratamiento:** Con los datos obtenidos se hace el diagnostico puntual en cada parte del tren de tratamiento y se evalúa su funcionamiento, eficiencia, y funcionamiento hidráulico en el pretratamiento, tratamiento primario, secundario, terciario etc..., en el diagnostico hidráulico de la planta se calculan los perfiles hidráulicos para los diferentes niveles de funcionamiento (horas pico, y de gasto mínimo), y se detectan los problemas hidráulicos en la planta
- **Diagnostico eléctrico del equipo** Se hace una revisión del estado de servicio de los equipos eléctricos como son las subestaciones eléctricas, alumbrado, transformador etc
- **Diagnostico mecánico del equipo** Se hace una revisión del estado de los diferentes equipos mecánicos usados en la planta, se evalúa el desgaste y condición de estos equipos y el mantenimiento que se les da
- **Diagnostico arquitectónico de los edificios y elementos que conforman la planta de tratamiento de A R** Se hace tomando en cuenta el funcionamiento óptimo que debe tener cada uno de dichos elementos. Las diferentes edificaciones deben localizarse buscando su mejor ubicación y en congruencia con las unidades y estructuras que componen el tratamiento, teniendo también presente la uniformidad en cada una, en formas sencillas y funcionales y con los materiales regionales de calidad y procesos constructivos tradicionales
- **Diagnostico estructural** Se hace una revisión estructural de cada unidad de tratamiento, así como de los edificios de servicios. Esta revisión consiste en observar los muros de las

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

unidades y edificios respectivamente, para detectar hundimientos, grietas, fracturas, pandeo en paredes, losas, tensores, columnas, trabas, acabados, tuberías, etc. También se verifican las características de los materiales con los que se construyeron los edificios y estructuras de la planta

Identificación y análisis de las opciones de rehabilitación. Se analizan las opciones de rehabilitación y el tipo de rehabilitación para la planta de acuerdo a las necesidades y factores limitantes, las opciones de rehabilitación varían bastante desde el cambio de procesos, cambio de la maquinaria, implementación de nuevas tecnologías, mejorando la instrumentación y control, reorganizando la planta, mejorando la operación y mantenimiento, etc.

Después de identificadas las opciones de rehabilitación se hace un análisis de estas, a veces se deben hacer estudios en campo como pruebas de planta piloto para probar nuevas tecnologías, esto dará un mejor panorama y la viabilidad de las opciones, un factor determinante en la decisión es el factor económico, así que es muy importante tomarlo en cuenta, pero también hay otros factores como la facilidad de operación, el desempeño, y la facilidad de implementación.

Implementación. La última etapa es la implementación, que es la ejecución de la opción de rehabilitación elegida y puede consistir en: instalación del equipo nuevo, construcción de las obras necesarias para la rehabilitación, mejora de la operación, entrenamiento del personal.

3.5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO

De acuerdo con el inventario nacional de plantas de tratamiento que actualiza regularmente la CNA, hasta diciembre de 2000 se tienen en inventario 1,018 plantas, 18 más que en 1999, con una capacidad instalada de 75,953 lps. De estas el 77% se encuentran en operación 793 plantas con un gasto aproximado de 45,927 lps, y 225 plantas de se encuentran fuera de operación

En la tabla 3.11 se presenta el inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales por estado, el número de plantas existentes y su gasto de operación

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.11 INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

ESTADO	NUMERO DE PLANTAS	GASTO DE DISEÑO (l/s)	PLANTAS EN OPERACIÓN	GASTO DE OPERACIÓN (l/s)
AGUASCALIENTES	93	2,516 30	80	1,763 80
BAJA CALIFORNIA	13	4,432 00	13	3,768 18
BAJA CALIFORNIA SUR	15	998 50	14	598 80
CAMPECHE	9	110 58	9	33 40
CHIAPAS	15	867 20	6	86 00
CHIHUAHUA	36	5,039 50	29	3,830 25
COAHUILA	15	1,523 50	9	962 00
COLIMA	31	532 10	28	395 10
DISTRITO FEDERAL	18	5,632 50	18	2,759 50
DURANGO	57	3,183 96	53	2,058 36
GUANAJUATO	20	3,991 00	13	1,892 00
GUERRERO	15	2,304 00	14	1,459 00
HIDALGO	5	47 90	5	21 90
JALISCO	71	3,293 00	51	1,741 60
MÉXICO	42	6,658 75	42	3,952 35
MICHOACAN	16	1,925 00	10	891 00
MORELOS	30	1,628 90	19	1,037 20
NAYARIT	51	1,702 89	39	1,028 30
NUEVO LEÓN	42	11,354 00	40	7,123 00
OAXACA	30	578 00	25	358 00
PUEBLA	22	617 30	20	429 80
QUERÉTARO	45	899 50	33	664 40
QUINTANA ROO	16	1,480 00	13	1,011 50
SAN LUIS POTOSÍ	15	1,011 00	5	310 00
SINALOA	16	1,008 00	13	1,071 00
SONORA	75	3,711 69	62	2,547 30
TABASCO	32	1,131 00	16	364 00
TAMAULIPAS	22	2,345 00	15	2,044 00
TLAXCALA	33	864 16	20	466 19

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.11 INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

ESTADO	NUMERO DE PLANTAS	GASTO DE DISEÑO (I/s)	PLANTAS EN OPERACIÓN	GASTO DE OPERACIÓN (I/s)
VERACRUZ	77	3,954.00	57	741.80
YUCATAN	9	344.50	9	339.30
ZACATECAS	29	265.75	13	171.60
TOTAL NACIONAL	1,018	75,952.48	793	45,927.33

FUENTE: CNA/Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento de Aguas Residuales

Dentro del programa de los procesos utilizados en el tratamiento respecto al número de plantas, el 48% corresponde a lagunas de estabilización, con 492 plantas que es el proceso de mayor uso en México, además de que es una tecnología que permite el reuso del agua tratada en la agricultura. En segundo término se utiliza el proceso de lodos activados, que representa el 21%, con 218 plantas, y en tercer lugar con 6% y con 60 plantas, el proceso de tanques Imhoff. Después en orden decreciente están: reactores anaerobios con 4%, filtros biológicos con 3%, zanjas de oxidación con 3% y el resto representa el 14%. En cuanto a la capacidad de diseño de las plantas por tipo de proceso, los que tienen mayor capacidad son los lodos activados con 31,718 lps, las lagunas de estabilización con 14,544 lps, primarios avanzados con 6,590 lps; y las lagunas aireadas con 5,442 lps

Durante el 2000 se concluyó la construcción de 21 plantas de tratamiento en trece estados, una en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Nuevo León y Veracruz, dos en los estados de Chihuahua, Colima, Morelos y Quintana Roo y tres en los estados de Coahuila y Sinaloa. Estas plantas en conjunto tienen un gasto de diseño que asciende a 7,806 lps, algunas de ellas entraron en sustitución de plantas que ya no se encontraban en condiciones de operación, como fueron los casos de Cd. Acuña y Piedras Negras, en Coahuila y la de Norias de Ojo Caliente, en Aguascalientes (Tabla 3.12)

Por lo que se puede ver de la capacidad instalada se opera en su conjunto en un 60% y el 77% de las plantas se encuentran en operación. Se realizaron seis estudios y proyectos relacionados con el saneamiento y los sitios de disposición de lodos generados por plantas potabilizadoras y de tratamiento, en los estados de Baja California, Chiapas, Guerrero, México y Veracruz

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Se están rehabilitando 7 plantas, existe 1 proyecto de rehabilitación, entre 1996 y 2001 se han rehabilitado 12 plantas de tratamiento y 183 plantas de tratamiento necesitan rehabilitación, y están programadas 2 plantas y existe el diagnostico de una planta.

TABLA 3.12 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONSTRUIDAS EN 2000

ESTADO	NUMERO DE PLANTAS	GASTO DE DISEÑO (lps)	GASTO DE OPERACIÓN (lps)
Aguascalientes	1	10	5
Chiapas	1	10	
Chihuahua	2	3,500	2,800
Coahuila	3	640	450
Colima	2	10	
Guanajuato	1	2,500	1,000
Guerrero	1	30	
Jalisco	1	2	
Morelos	2	26	13
Nuevo León	1	200	120
Quintana Roo	2	470	350
Sinaloa	3	58	
Veracruz	1	350	
TOTAL	21	7,806	4,738

FUENTE: CNA/ Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2000

Como se observo en las tablas anteriores, el número de plantas que actualmente no operan es enorme y las eficiencias muy bajas.

Como se ve en la siguiente tabla 3.13 las condiciones de eficiencia en conjunto no ha cambiado demasiado, si se han construido más plantas de tratamiento pero la infraestructura existente no se ha aprovechado para rehabilitarla.

TABLA 3.13 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES 1992-2000

AÑO	TOTAL		EN OPERACIÓN			FUERA DE OPERACIÓN	
	NUMERO DE PLANTAS	CAPACIDAD DE DISEÑO (lps)	NUMERO DE PLANTAS	CAPACIDAD INSTALADA (lps)	GASTO TRATAMIENTO (lps)	NUMERO DE PLANTAS	CAPACIDAD INSTALADA (lps)
1992	546	N/D	394	N/D	30,554	152	N/D
1993	650	N/D	454	N/D	30,726	196	N/D
1994	666	42,798	461	N/D	32,625	205	N/D
1995	690	54,638	469	46,172	41,706	221	6,466
1996	725	54,705	506	51,696	33,745	219	3,069
1997	821	61,653	602	57,402	39,789	219	4,211
1998	914	65,151	727	56,560	46,615	187	4,591
1999	1,000	67,547	777	61,555	42,367	223	5,989
2000	1,019	75,951	797	64,270	45,927	222	6,649

FUENTE: ESTADÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES EN EL MUNICIPIO DE Toluca, Estado de México, 1992-2000

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Los factores que influyen en la situación en que se encuentran las plantas de tratamiento de aguas residuales del país son: factores técnicos, económicos y financieros, institucionales y socio culturales

Factores Técnicos: La mayoría de las plantas de tratamiento que se encuentran en operación corresponden a diseños sobredimensionados en los que, además se observa una excesiva mecanización, instrumentación y automatización, que encarece y complica, tanto la operación y el mantenimiento, como la amortización de las inversiones. La producción de lodo es en cantidades tales que constituye un problema difícil de solucionar. Hay otros factores determinantes de la problemática, como son: La existencia generalizada de sistemas de alcantarillado de tipo combinado que entorpece las operaciones de tratamiento durante la época de lluvias, a las descargas de tóxicos industriales que no son tratados intramuros y la falta de equipos en los laboratorios sobre los cuales se apoya toda la actividad relativa al control de descargas y del tratamiento (Romero Álvarez 1996)

Factores económicos y Financieros En lo financiero, y ante la aguda crisis económica que afecta a grandes sectores de población las pequeñas y medianas localidades luchan por sostener con prioridad, los servicios de agua potable, y postergan la atención al alcantarillado. La construcción y operación de plantas de tratamiento esta en tercer nivel de prioridad,

El pago por los servicios de alcantarillado y tratamiento no ha sido implantado de manera universal y regular, hay resistencia por parte de los usuarios. (Romero Álvarez 1996)

Factores institucionales Las leyes y reglamentos en materia ambiental definen claramente tanto los derechos como las obligaciones de los usuarios, pero en la práctica hay que salvar serios obstáculos para llevar a cabo su aplicación. Para que esto se lleve a cabo, se ha planteado la gestión del saneamiento por cuencas hidrológicas, lo que hará mas evidentes las necesidades, y la problemática, al mismo tiempo que facilitara su solución técnica y administrativa.

El tratamiento de aguas residuales tiene un carácter multidisciplinario y multisectorial, que involucra actividades típicas de diferentes especialidades, por lo que es necesario complementarlas mediante cursos de capacitación tecnológica que culminen en procesos obligatorios de certificación de diseñadores, constructores y operadores de las plantas de tratamiento aprovechando la cooperación técnica internacional que se ha establecido.

Factores Socio-culturales A la común ignorancia de los usuarios respecto al potencial de contaminación de las aguas residuales, se corresponde la falta de sensibilidad de la población

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

ante el deterioro del agua y del ambiente en general y por ende, su escasa o nula disposición por contribuir a la solución del problema. (Romero Álvarez 1996)

Con base en el panorama anterior y como consecuencia de las modificaciones realizadas a las normas que regulan las descargas de aguas residuales, se infiere que en varias de las plantas de tratamiento existentes se requerirá que se mejore su nivel de tratamiento o su eficiencia para cumplir con la legislación actual, con una tendencia a que todas las plantas cuenten con un proceso de tratamiento secundario, e incluso, hasta terciario. Al igual que aprovechar la infraestructura existente rehabilitandola y mejorando así la eficiencia del tratamiento de aguas en nuestro país.

3.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LAS ESTRUCTURAS.

En general se piensa que las obras civiles no requieren de atención después de terminar su diseño y construcción, olvidando que, para alcanzar y rebasar la vida útil que se propuso a las estructuras se les debe dar un mantenimiento constante, sobre todo cuando están sometidas a condiciones ambientales adversas como las que caracterizan a una planta de tratamiento de agua residual.

Se recomienda que en los manuales se haga énfasis en que las reparaciones de los daños se realicen de inmediato para evitar que el deterioro de las estructuras en instalaciones siga, llegando inclusive, a un grado irreversible. En la tabla 3.14 se muestran los principales deterioros que se presentan en las estructuras de concreto y se sugieren algunas técnicas y materiales para su reparación

TABLA 3.14 DAÑOS QUE SE PRESENTAN EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y SUS TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Daño en el concreto	Técnica de reparación	Materiales de Reparación
Expansión alcali agregado	Recubrimiento encamisado reemplazo del concreto	Recubrimiento bituminoso epóxicas concreto modificado con látex aceite de linaza concreto de cemento Portland
Asentamiento	Recubrimiento reemplazo de concreto encamisado concreto lanzado concreto de agregado precolocado	Recubrimiento bituminoso epóxicas concreto modificado con látex concreto mortero
Craquelas activas	Calafateado encamisado punteado leñado	Selladores elasticos elementos de envoltura
Craquelas inactivas	Agua fuertemente ácida calafateado reemplazo del concreto compactación e seco superficie abierta concreto lanzado encamisado chorro de arena leñado	Recubrimiento bituminoso empaque seco selladores elasticos epóxicas morteros expandidos elementos de encamisado concreto modificado con látex concreto leñada mortero
Desplazamiento de grietas	Recubrimiento encamisado reemplazo del concreto con sacos chorro de arena	Epóxicas bituminoso empaque concreto morteros

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

TABLA 3.14 DAÑOS QUE SE PRESENTAN EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y SUS TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Daño en el concreto	Técnica de reparación	Materiales de Reparación
Formación de polvo	Agua fuertemente ácida, reemplazo del concreto	Concreto lechada, mortero
Eflorescencia	Agua fuertemente ácida, reemplazo del concreto	Concreto lechada, mortero
Daños debidos al fuego	Agua fuertemente ácida, calafateado, recubrimiento, reemplazo del concreto compactación en seco, encamisado, concreto lanzado, concreto de agregado precolocado, frotación de sacos, chorro de arena, punteado, tensado	Mezcla rígida selladores elásticos epóxicas morteros expandidos concreto modificado con latex concreto lechada mortero
Formación de costras	Recubrimiento reemplazo del concreto compactación en seco concreto lanzado	Mezcla rígida epóxicas morteros expandidos concreto modificado con latex concreto lechada mortero
Agujeros pequeños	Agua fuertemente ácida recubrimiento compactación en seco reemplazo del concreto, frotación con sacos	Mezcla rígida epóxicas concreto modificado con latex concreto lechada, mortero
Agujeros grandes	Recubrimiento, reemplazo del concreto concreto lanzado compactación en seco, relleno de agujeros desde la superficie, pico de pájaro	Epóxicas morteros expandidos concreto modificado con latex, concreto mortero
Estructuras en forma de panal	Reemplazo del concreto compactación en seco, concreto de agregado precolocado	Epóxicas mezcla rígida morteros expandidos concreto mortero
Permeabilidad	Recubrimiento encamisado concreto lanzado compactación en seco reemplazo del concreto	Bentonita recubrimiento bituminoso epóxicas morteros expandidos concreto modificado con latex, aceite de linaza, concreto, mortero

Leyva Campos Adriana, 1998

Los aspectos relativos al mantenimiento preventivo y correctivo de las obras civiles y estructuras, se deben contemplar en el manual de operación y mantenimiento así como un juego de los planos y especificaciones de construcción y equipamiento, a fin de realizar el mantenimiento

Los principales aspectos que se deben contemplar se describen a continuación:

Procedimiento par renovar tanques de concreto

Procedimiento de vaciado y llenado de estructuras, incluyendo la operación de sistema de subdrenaje, cuando existe

Reposición de recubrimientos de protección al concreto y estructuras metálicas

Reparación de fugas en tuberías, estructuras de concreto y bordos

Reparación de geomembranas y de grietas en concreto hidráulico y asfáltico

Procedimiento de operación de cimentaciones compensadas en su caso

Metodo de renovación de estructuras vertedoras, reparación de atraques en tuberías etc.

Correcciones en los vertedores, canales y tanques protecciones para algunos equipos, y algunas obras en los edificios etc

Dentro de los principales tratamientos correctivos que se les da a las obras civiles son:

Reparación de las estructuras:

Para evaluar objetivamente los daños en una estructura se requiere determinar la causa que los origina, ya que si el deterioro es provocado por un fenómeno continuo, deben tomarse las precauciones necesarias para tratar esta acción o para proteger al concreto. Los daños pueden ser resultado de un mal diseño, mano de obra deficiente, juntas mal tratadas, acción mecánica abrasiva, capitación o erosión por efectos hidráulicos, ataque químico, corrosión de elementos metálicos ahogados en el concreto o exposición prolongada a otro medio ambiente desfavorable

Después de conocer las causas, se debe retirar todo el concreto deteriorado hasta llegar a concreto sano para poder evaluar la magnitud del daño en función de la clasificación siguiente:

- Tipo I:* Solo llega al recubrimiento del acero de refuerzo y es reparado por razones de acabado.
- Tipo II:* Este defecto va más allá del recubrimiento del acero de refuerzo, pero no excede de un tercio del peralte o espesor de la estructura de concreto
- Tipo III:* La profundidad del defecto va más allá del tercio del espesor mínimo del elemento.

Los defectos tipo I y II no requieren ser registrados en bitácora si existen menos de dos defectos en 9 m², por lo que solo se verifica su reparación. Los defectos tipo III deben registrarse para tener un seguimiento de su comportamiento

Una vez que se conoce la causa y magnitud del daño, se escoge el tipo y extensión de la reparación. Este paso es el más difícil, ya que esta en función del buen criterio por parte del ingeniero y del conocimiento de las condiciones de la estructura. La selección de la técnica y el material para una reparación dependen de la extensión del daño, función de la estructura, disponibilidad del equipo, mano de obra especializada, del medio ambiente adverso, la importancia de la apariencia y de los recursos económicos disponibles para su realización. Si el daño fue ocasionado por la exposición moderada de lo que desde un principio era de mala calidad entonces su reemplazo por material de buena calidad debe proporcionar resultados satisfactorios. Por el contrario si el material dañado era de buena calidad, el problema es más complejo y para la reparación se requiere un material con excelentes características o modificar las condiciones de exposición

Medidas preliminares para efectuar reparaciones:

Todo el concreto defectuoso se debe quitar, hasta que exista certeza absoluta de haber llegado a concreto sano.

Después se debe limpiar la superficie del concreto, removiendo todas las partículas sueltas, compuestos de curado y cualquier otro material ajeno. Los métodos de limpieza varían dependiendo del tamaño de la reparación y naturaleza de los materiales extraños, siendo los más empleados: aire comprimido, cepillo de alambre, chorro de arena y pulido. El área a reparar y un área de al menos 15 cm alrededor de la misma deben humedecerse a fin de evitar la absorción del agua del mortero de reparación. Una vez que el agua de la superficie se ha evaporado, se debe cepillar la superficie y cubrir con una capa de agente adhesivo que establezca la unión entre el concreto o mortero fresco y el concreto base. El agente adhesivo puede ser:

Mortero: Formado por una parte de cemento por cada parte de arena fina que pase por la malla No. 30 y agua hasta que tenga una consistencia espesa, siendo importante que se sigan prácticas constructivas adecuadas para obtener una buena adherencia. No es aconsejable utilizar morteros expansores ni morteros que contengan hierro en sus agregados ya que pueden provocar agrietamientos.

Compuesto hecho a base de resina epóxica: En la actualidad se usa mucho este producto, ya que desarrolla una unión más resistente a la compresión, tensión y esfuerzos cortantes que el concreto. Este material es impermeable y tiene gran resistencia a los productos químicos y solventes. Sin embargo, las resinas epóxicas presentan algunas desventajas que incluyen: alto costo, toxicidad y corta vida una vez preparadas.

Productos a base de látex que no sean reemulsificables al exponerse a humedad: Entre ellos se encuentran los acetatos de polivinilo, el estireno-butadieno y los acrílicos. Estos compuestos presentan buena adherencia y resistencia al agrietamiento, y se aplican como una capa de adherencia o añadidos a la mezcla del concreto.

Al terminar la colocación del agente adhesivo se debe efectuar la reparación propiamente dicha, dejando que la superficie reparada seque por una hora para permitir la contracción del concreto, antes de darle el acabado final e iniciar el curado de la misma.

Tipos de reparaciones:

La reparación de daños en las superficies del concreto debe hacerse por alguno de estos métodos

Reemplazo del concreto: Consiste en sustituir el concreto defectuoso por otro con el mismo proporcionamiento y con la consistencia adecuada para que se convierta en una pieza integral del concreto base, siendo común el uso de cimbras para reparaciones extensas en superficies verticales. La sustitución del concreto es aconsejable cuando la reparación del mismo exceda su costo de sustitución, no se puede alcanzar una reparación satisfactoria y durable, o en caso de fuego severo. Determinar primero el costo de sustitución de concreto sirve como guía para evaluar todas las técnicas posibles de reparación.

Superficie abierta: Se utiliza para reparar superficies horizontales y consiste en colocar mortero directamente sobre la cavidad. El material debe ser vibrado, distribuido y enrasado de tal manera que el mortero se mantenga plano y nivelado respecto al resto del concreto. Este es el método más sencillo y económico que existe.

Concreto lanzado: Se utiliza ampliamente en reparaciones de superficies horizontales y verticales que no tengan mucho refuerzo, y es uno de los métodos más aceptado y económico, ya que tiene excelente adherencia con concreto viejo y nuevo, no requiere cimbra y no desarrolla deflexiones. En esta técnica el concreto es rociado por medio de aire comprimido de dos maneras, por vía seca o por vía húmeda. La técnica por vía seca agrega el agua a la mezcla seca en la misma boquilla por donde sale el concreto, mientras que en la técnica por vía húmeda los materiales viajan por la manguera hasta la boquilla de salida ya mezclados con agua.

Compactación en seco: Consiste en compactar en el lugar varias capas delgadas de una mezcla muy rígida, con una resistencia igual o mayor a la del concreto base y que no presente contracciones. El método no requiere de ningún equipo especial, pero el personal que aplique las capas debe estar bien entrenado en realizar este tipo de reparaciones para obtener buenos resultados. Se emplea para rellenar cavidades que tengan una relación alta de profundidad con respecto a su área como los huecos dejados por los separadores de cimbras.

Concreto de agregado precocado: Aquí se llena el área por reparar con agregados de granulometría discontinua y los vacíos entre las partículas de los agregados se inundan con agua. Después el agua es desplazada por mortero bombeado en el sitio. Este método tiene la

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

ventaja de que se adhiere bien al concreto existente, tiene baja contracción y buen funcionamiento en reparaciones bajo el agua y para revestir concreto deteriorado.

Relleno de agujeros desde la superficie: Se utiliza para reparar miembros delgados de las estructuras de concreto y consiste en taladrar algunos agujeros desde la superficie hasta el vacío que se encontró en la parte inferior del elemento. Luego se pone una cimbra y se coloca el concreto, vaciándolo a través de los agujeros. Se recomienda el empleo de una especie de embudo para poner el concreto y lograr una presión de bombeo por gravedad que facilite rellenar la cavidad

Pico de pájaro: Se utiliza para rellenar cavidades con longitud vertical pequeña en miembros verticales que no pueden rellenarse desde la cara superior. Consiste en cimbrar la cavidad desde el fondo hasta unos 5 cm. debajo de su borde superior y agregar una sección en cuña (Pico de pájaro) desde la parte superior de la cimbra hacia fuera de la superficie terminada, en ángulo de 45°. Esto forma un depósito donde se coloca el mortero para que entre y rellene la cavidad

Encamisado de elementos: Consiste en aplicar y sujetar un material sobre el concreto para que le proporcione las características necesarias de funcionamiento y restablezca la estabilidad estructural. Los materiales usados son metal, plástico y concreto; y los elementos de envoltura se pueden sujetar al concreto por medio de pernos, tornillos, clavos o adhesivos; por adherencia con el concreto existente, o por gravedad

Calafateado: Consiste en rellenar cavidades comparativamente estrechas con un compuesto plástico que sella las discontinuidades. El calafateado es la mejor solución cuando se desarrollan grietas activas en un elemento de concreto y su sustitución no es posible.

Punteado: Es muy usado en la reparación de grietas grandes para restablecer la continuidad estructural a través de ellas. En este tipo de reparación, "Los perros de punto" (ligaduras de metal en forma de U con piernas cortas) se instalan a través de la grieta en agujeros taladrados a ambos lados de la misma, por lo que la grieta se sella colocando las piernas de los perros dentro de los agujeros, anclándolos con una lechada que no se contraiga. Los perros tienen longitudes variables y se colocan a lo largo de diferentes planos para distribuir la tensión en un área mayor

Tensado: Se emplea para reforzar un área de concreto y para cerrar grietas formadas por tensión. La técnica emplea cables o barras convencionales tensados para aplicar una fuerza de

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

compresión que cierra las grietas e incrementa la capacidad estructural Este método tiene la desventaja de que requiere ser diseñado y ejecutado por un ingeniero experimentado

Agua fuertemente ácida: Se emplea para quitar manchas y eflorescencia al usar una solución al 10% de ácido clorhídrico. La aplicación de la solución ácida debe acompañarse por un cepillado vigoroso y, una vez alcanzado el grado de limpieza deseado, la solución debe quitarse con chorro de agua aplicado sobre la superficie. Los operarios deben poseer ropa protectora, botas y guantes de seguridad durante este trabajo. Con frecuencia la aplicación más común de este método es junto con otras técnicas de reparación para alcanzar una adherencia duradera, ya que retira los materiales extraños que podrían impedir la adherencia del material de reparación con el concreto

Recubrimiento: Son materiales de consistencia líquida o plástica que se aplican sobre el concreto para reparar problemas superficiales (astillamiento, intemperismo, escamas); evitar filtraciones de agua, proteger al concreto de ambientes hostiles, o añadir características que no se tienen en el concreto existente, ya sea de forma permanente o temporal, requiriéndose en este último caso aplicaciones periódicas. Los recubrimientos más utilizados son resinas epóxicas, látex, compuestos bituminosos como aceite de linaza, compuestos de fluosilicato y preparaciones de silicio. Estos materiales penetran parcialmente en el concreto y proporcionan una película delgada sobre su superficie, por lo que tienen la ventaja de no elevar apreciablemente el nivel del elemento al cual se aplica

Frotación con sacos: Sirve para mejorar la apariencia de la superficie del concreto que esta manchada o tiene agujeros pequeños. Consiste en rociar el concreto y en seguida se aplica el mortero húmedo con un frotador de hule o una pieza de yute en la superficie y dentro de los vacíos. Se añade cemento blanco al mortero para igualar el color del concreto

FUGAS:

En concreto las principales causas de las fugas son las discontinuidades producto de una construcción de mala calidad (segregación de agregados, fugas de lechada por cimbra en mal estado, excesivo vibrado, curado insuficiente, deficiente diseño y mala ejecución en la limpieza, colocación del adhesivo y empleo de productos inadecuados en el tratamiento de las juntas frías). Son menos frecuentes las grietas por movimientos diferenciales en los elementos reforzados con acero

Selladores de PVC En tanques de concreto en ocasiones es contraproducente el empleo de los comunes selladores de juntas de PVC que dificultan los colados y generalmente favorecen

las fugas, por lo que, cuando sea posible evitarlos, será mejor realizar un adecuado tratamiento de las uniones entre colados utilizando adhesivos del tipo epóxico.

Tratamiento de Fugas y Filtraciones:

En el caso de discontinuidades grandes, como juntas frías mal tratadas, grietas y concreto poroso es recomendable como se indica en la literatura especializada, utilizando mortero epóxico

FLOTACIÓN:

El vaciado de un tanque puede provocar la flotación de la estructura si esta es rígida o el levantamiento del recubrimiento impermeabilizante por la presencia de supresiones, en algunos casos se coloca un sistema de subdrenaje para los tanques para eliminar la subpresión en caso que se requiera vaciar la estructura. La flotación puede causar serios daños a las estructuras como se aprecia en la figura 3.6

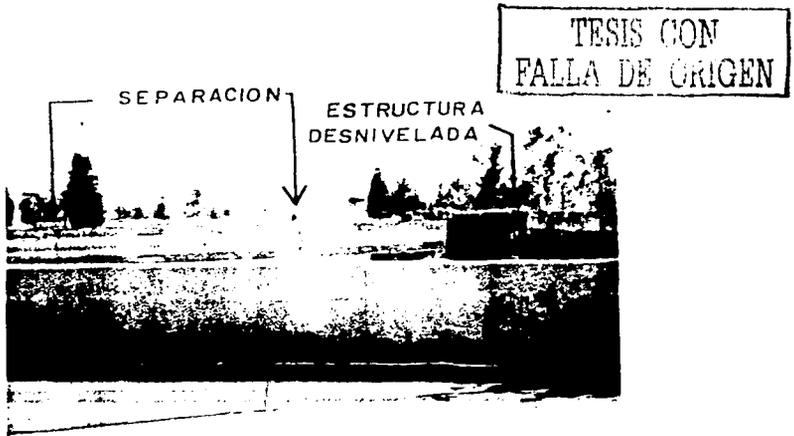


Fig 3.6 Tanque de almacenamiento de aguas tratados dañado por flotación

Hay obras que se construyen para corregir algunos problemas de diseño como pueden ser *Elevacion o de bombas* Muchas veces la altura de succión de las bombas no es suficiente entonces el carcamo de bombeo se debe elevar o bajar según los requerimientos

3. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE A.R.

Correcciones en los tanques: Estas pueden ser como renivelar las pendientes del fondo del tanque.

- Renivelación del fondo del tanque: Esto pasa con frecuencia en los desarenadores, que no tienen la pendiente adecuada y hay que renivelarla, o la superficie es muy rugosa y los sólidos se quedan en el fondo haciendo que el lodo este en un estado séptico

DESNIVEL



Fig 3.7 Canal de concreto desnivelado por el peso del terrapien

- Renivelación de los vertedores y tanques: A veces los vertedores están desnivelados, causando problemas en el proceso, o cuando se presentan asentamientos diferenciales en los tanques esto hace que haya una descompensación en el flujo. muchas veces se decide renivelar los vertedores para ecularizar el flujo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV

MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Manual: se puede definir como un documento que integra lo sustancial de un tema de estudio, da una visión integral y proporciona información básica y concisa sobre la materia de estudio. En el caso de los manuales de operación y mantenimiento, sirven para asistir al personal de una planta a operarla eficientemente, deben ser entendibles, la información sea accesible, de fácil utilización y manejo

En los manuales de operación y mantenimiento se describen los procedimientos, funciones, actividades, sistemas, recomendaciones, disposiciones y normas, de todas y cada una de las áreas que conforman la estructura de operación y mantenimiento. Si se usan adecuadamente pueden llegar a ser una herramienta fundamental e incrementar el rendimiento de la planta.

La elaboración de los manuales es parte de la ingeniería de detalle y son necesarios para el control, arranque y operación de la planta. Al igual son una herramienta muy importante como material de apoyo para efectos de capacitación y adiestramiento

Debido al auge de la certificación de empresas y laboratorios con las normas de calidad ISO 9000, las plantas de tratamiento y laboratorios también están entrando en este estándar de calidad por lo que los manuales de operación y mantenimiento son una herramienta importante en el aseguramiento de calidad

4.1 Objetivos

Los objetivos generales para los cuales los manuales de operación y mantenimiento son elaborados son

- Constituir una guía práctica en donde cada uno de los empleados, operativos o administrativos, de la planta de tratamiento de Aguas Residuales puedan consultar las actividades diarias o periódicas que debe cumplir su puesto

- Comunicar la política de la planta sus procedimientos y requisitos

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

- Estandarizar las operaciones de la planta de tratamiento de A.R., procurando que las actividades se realicen de forma eficiente bajo una misma metodología homogeneizada, y de tal forma asegurar la calidad en los procesos y procedimientos que se desarrollen dentro de la planta.
- Servir como herramienta administrativa que determine los parámetros necesarios para la evaluación del desempeño del personal de la planta de tratamiento de A.R.; de tal modo que se pueda apreciar si se cumplen adecuadamente los programas preestablecidos.
- Ser utilizados como documentos de inducción para el personal de nuevo ingreso; de tal forma que desde el primer día conozcan las pretensiones laborales que deben cubrir.
- Servir como material de apoyo y consulta a los operadores y supervisores logrando una mayor productividad en el trabajo.
- Ser considerados como documentos administrativos indispensables y básicos para desarrollar los temarios a ejecutar en los Programas de Capacitación determinados para cada puesto.
- Servir como documentos base para innovaciones, desarrollo de nuevas tecnologías y la implantación de sistemas diferentes para la administración y control de la planta de tratamiento de A.R.

4.2 Contenidos Generales

A continuación se describe el contenido general de un manual de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Introducción: La introducción de un manual de operación y mantenimiento debe proporcionar información general acerca de la planta de tratamiento y del manual en sí. La información mínima acerca de la planta es: nombre de la planta, sitio, localización, medios de comunicación, población servida, etc.

La información acerca del manual debe incluir la edición actual, fecha de vigencia o identificación de su entrada en vigor, fecha de emisión y efectividad e identificación de las correcciones efectuadas, una breve descripción de cómo se revisa y mantiene el manual, quien revisa su contenido y con qué frecuencia, quien está autorizado para hacer cambios al manual.

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Objetivos: En esta sección se debe establecer y delinear la política y objetivos de la planta. También se describe las filosofías básicas de operación del sistema de tratamiento, definiendo los lineamientos para su adecuada operación.

Descripción General En esta parte se hace una descripción de la planta, y esta descripción para ser mas detallada y especifica se divide en varios aspectos que son:

Descripción física de las instalaciones: Se hace una descripción de todas las instalaciones de la planta la localización de los edificios, tanques, instalaciones, se deben incluir copias de los planos, y croquis que sean necesarios

Descripción del equipo Se describe el equipo usado en cada parte del proceso de tratamiento, y de acuerdo a su localización se le asigna una clave

Descripción de procesos. En este apartado se explica el tipo de proceso utilizado en la planta, como funciona, se describe el tren de tratamiento, se discuten las bases de diseño que incluyen cargas de alimentación, especificaciones del influente y efluente y condiciones limites de operación. Se debe incluir un diagrama de flujo de procesos y balance de masa, los componentes básicos del sistema, la teoría necesaria para que el operador entienda como funciona el proceso, los cambios físicos y químicos que ocurren durante el proceso. Es importante que el operador se familiarice con la planta y este capacitado para el puesto que ocupa para que el proceso tenga una correcta operación

Arranque y puesta en marcha de la planta En este capítulo del manual de operación y mantenimiento se elabora el protocolo de arranque y puesta en marcha de la planta en el cual se describen los procedimientos de arranque de la planta y las actividades previas como son: revisión final de la planta, pruebas de los equipos, funciones del personal etc, este protocolo es muy importante, pues da la pauta para una buena operación de la planta, debe realizarse antes de ponerse en operación ya que puede servir para la capacitación del personal

Organigrama de la planta: Se define la organización y jerarquías del personal que laborara en la planta, se delimitan sus puestos y funciones y además se determina el perfil profesional necesario del personal para cada puesto dentro de la planta

Los tipos de ocupación que se dan en la mayoría de las plantas, ya estén agrupados en una sola persona en las plantas pequeñas o distribuidos entre varias, como ocurre en las grandes, son como mínimo seis

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Jefe de planta

Administrativo

Laboratorio

Mantenimiento

Operación

Otros (vigilancia, limpieza, etc)

Jefe de planta. Es el responsable directo de todo lo que acontece dentro de la planta, es el responsable de controlar tanto el aspecto operacional del proceso como lo administrativo, es decir, que operen adecuadamente los equipos que se le proporcione un mantenimiento adecuado, que el tratamiento se lleve a cabo en forma general, de acuerdo a las indicaciones del proceso, que los sistemas contables y administrativos sean los correctos, que los pagos a los empleados sean puntuales y haya los insumos necesarios.

Administrador. Es la persona encargada de llevar todos los registros, formas de egresos, registro de personal, altas y bajas del mismo, pago a empleados, cuotas y cálculos de salarios, etc.

Laboratorista. Es la persona que debe de realizar los análisis que se van a llevar a cabo de las aguas a tratar y tratadas.

Operadores. Son las personas que se encargan directamente de operar los equipos.

Mantenimiento. Son las personas encargadas de realizar tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo, de la planta tanto de los equipos como de la obra civil.

El número de trabajadores de las plantas depende de varios factores como son: Lugar donde se realizan los análisis de laboratorio, forma de llevar a cabo el mantenimiento, nivel o grado de tratamiento, grado de automatismo, tipo de residuos sólidos que hay que retirar, edad y estado de los equipos.

Se incluye una descripción definiendo las responsabilidades de cada puesto y la supervisión que acompaña a esa posición.

A continuación se presenta un ejemplo de la estructura organizacional de una planta pequeña a mediana.

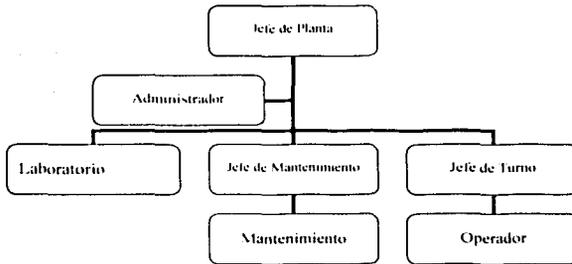


Fig 4.1. Organigrama de una planta de tratamiento

Equipos: La parte correspondiente a los equipos en un manual de operación y mantenimiento, consiste en una relación de todos los equipos existentes y nombrados en la descripción, a cada uno se le asigna un número o clave de acuerdo a el lugar donde se encuentre, en esta relación se tiene la clave, el fabricante, y una descripción detallada del equipo, las partes móviles que tiene y se hace un diagrama de, como esta ensamblado el equipo, al igual un tipo de ficha histórica, con el nombre del fabricante, características del equipo, número estimado de refacciones recomendadas que debe haber en el almacén, etc. en esta parte también se especifica y se incluye el manual de mantenimiento del fabricante

En este apartado se deben incluir las condiciones de operación de cada uno de los equipos, las condiciones límite de operación y las condiciones de diseño

Este apartado es de suma importancia pues ayuda a los operadores a familiarizarse con el equipo, y llegar a ser una guía importante sobre como conservarlos en buen estado y darles un mantenimiento correcto para alargar su vida útil

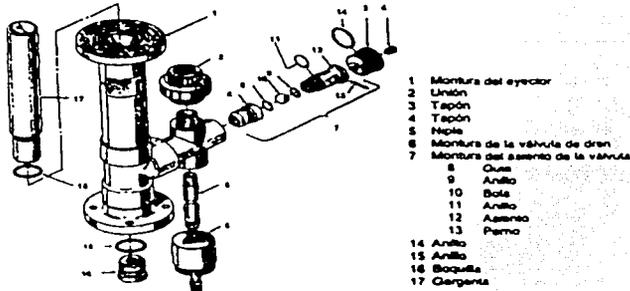


Fig 4.2 detalle de un eyector en una ficha del equipo

Mantenimiento preventivo: En este apartado se especifican todas las actividades de mantenimiento preventivo en la planta, así como el plan anual para estas actividades, se incluyen las fichas de mantenimiento preventivo, esto para todas las instalaciones de la planta, obra civil y equipos. Al igual que el calendario de actividades de mantenimiento a realizar dentro de la planta

Mantenimiento correctivo: Se especifican todas las acciones de mantenimiento correctivo posibles para los equipos e instalaciones que lo necesiten, en este apartado se hace un análisis de los posibles daños que pudieran sufrir los equipos o instalaciones y se hace un plan de respuesta oportuna. Esta información es necesaria y de vital importancia en el manual.

Legislación: En todo manual de operación y mantenimiento es importante que se considere un apartado en el cual se establezcan reglamentos internos que por un lado, orienten a todos los trabajadores sin importar su rango, a realizar de manera su trabajo y por el otro, eviten anomalías que perjudiquen a la comunidad. El no contar con un reglamento origina que en la operación y/o mantenimiento de la planta, se llegue a proceder de manera incorrecta en las actividades rutinarias poniendo en riesgo los equipos y demás bienes materiales y más grave aún la seguridad de propio personal de operación y de la comunidad a quien se sirve.

También es importante que el manual mencione las leyes y reglamentos vigentes que de una u otra forma estén relacionados con las actividades de daños al ambiente al estar emitiendo

contaminantes tales como gases, ruidos etc, afectando a terceros por desconocer tales leyes o reglamentos.

Algunos de estos ordenamientos y leyes recomendables son: La ley de Aguas Nacionales, Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996(que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales), Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 (que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal), Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 (Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público), Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales Muestreo, Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas (Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales, Método del cono Imhoff), Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas (Determinación de materia flotante, Método visual con malla específica), Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas (Determinación de la temperatura, Método visual con termómetro), Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas (Determinación de Ph, Método potenciométrico) etc . . . y las demás normas que se consideren necesarias

Seguridad e higiene: Dentro de un manual se deben contemplar los aspectos de seguridad e higiene tanto de la planta como del personal. Es muy importante proveer de equipos y de un ambiente seguro al personal de la planta, y evitar accidentes que puedan causar pérdidas de vida, se deben reconocer las actividades que podrían ser riesgosas y proponer acciones para evitarlas

En lo que respecta a la higiene también es muy importante la limpieza, una planta descuidada y sucia da muy mala imagen, y también al no observarse las normas de higiene ocasiona ausentismo por enfermedades causadas por la falta de higiene en las instalaciones. Se recomienda que en la elaboración de esta parte del manual se consulte a un experto en seguridad

Control y condiciones de Operación: En esta sección se describirán las características de las reacciones químicas y biológicas involucradas y variables de control del proceso, incluyendo operaciones y procesos unitarios de cada proceso de tratamiento

En este apartado también se explica el método de control de proceso que se ha elegido para la planta, el manual de laboratorio, la forma y periodicidad de toma de muestras

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

En el apartado de las condiciones de operación se deben incluir las condiciones normales de operación, los parámetros de operación, y de emergencia.

Se deben describir los pasos de arranque normal de la planta, con el protocolo de arranque y, las indicaciones de paro normal de los equipos por razones de mantenimiento

Operación en emergencia: La operación en emergencia en una planta se puede dar por 2 motivos: Uno es por falla de los equipos y la otra es por desastres naturales, así que en los Manuales de Operación y Mantenimiento se hace en primer lugar un análisis de las posibles situaciones y después se hace un programa de operación bajo estas emergencias

En toda planta de tratamiento es fundamental establecer un programa de respuesta ante situaciones de emergencia con el fin de mantener seguro al personal y al equipo, para que el sistema opere lo más eficientemente posible para prevenir daños en el cuerpo receptor del efluente. Para prevenir una operación de emergencia, el personal que trabaja en la planta debe elaborar un plan de contingencia detallado, en el cual se recomienda tratar los siguientes puntos

- Fallas del proceso y/o del equipo.
- Desastres naturales

Independientemente de la causa, al presentarse una situación de emergencia como primer paso se debe obtener la información esencial, luego debe analizarse la situación, y por último debe determinarse el curso de las acciones a tomar para esto es necesario contar con equipo de emergencia en condiciones de operación siempre disponible, tener un plan de respuesta predeterminado, todo el personal debe estar familiarizado con los procedimientos y localización de los servicios de emergencia

Fallas del proceso y/o del equipo

Cuando ocurre una falla de consideración en una planta, mas de una unidad del proceso se ve afectada por lo que es necesario establecer prioridades en los modos de operación alternativos o emergentes, ya que ciertos componentes son más importantes que otros. La prioridad de cada unidad se define en función de un análisis de vulnerabilidad del proceso de tratamiento, que consiste en seleccionar situaciones de alto riesgo y estimar el efecto que cada una tiene en los componentes individuales y en el sistema global. Los elementos que puedan quedar fuera de servicio durante las emergencias y que son vitales para la correcta operación del sistema se

consideran como vulnerables y deberán ser reparados en primer término. A continuación se presenta una lista de las unidades del proceso, en función de la importancia que tienen en la depuración del agua residual; sin embargo, se recomienda que para cada planta de tratamiento se realice un análisis de vulnerabilidad.

- 1 tratamiento primario
- 2 tratamiento secundario
- 3 Recirculación de lodos.
- 4 desinfección.
- 5 Tratamiento de subproductos.

La vulnerabilidad de los componentes y del sistema de tratamiento se reduce con: la prueba del equipo de proceso, de reserva y de emergencia; la integración y ejecución de un programa de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal para trabajar bajo el modo alternativo de operación del sistema

Es importante que en el plan de emergencia también se incluya una descripción de la forma en que se debe mantener el tratamiento del agua residual durante un mal funcionamiento del equipo, mientras que este es desconectado, derivado y se repara o se pone otra unidad en operación. Además, se deben establecer las actividades a realizar durante y después de una falta de suministro de energía

Desastres naturales y accidentes

Todas las plantas de tratamiento están sujetas a la amenaza de desastres naturales o accidentes como sismos, incendios e inundaciones, por lo que se debe preparar un plan de contingencia detallado para cada posible situación. El plan de contingencia debe identificar los posibles efectos del desastre y las acciones inmediatas que pueden minimizar su efecto. La tabla 4.1 Muestra una base general para desarrollar un plan de contingencia ante los desastres naturales y accidentes mas comunes

En el plan de emergencia se debe incluir un organigrama, en el cual se nombran responsables que estarán capacitados de acuerdo al protocolo del plan de emergencia para afrontar ciertas emergencias. el objetivo de este organigrama es garantizar el cumplimiento del plan y programa de emergencia

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Una vez que se haya controlado la situación, en el programa de respuesta a emergencia se debe plantear la forma de evaluar objetivamente los daños que este incidente ocasionó, recomendándose el uso de inventarios y pruebas de eficiencia de operación.

TABLA 4.1 PROGRAMA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS DURANTE DESASTRES Y ACCIDENTES.

DESASTRE	EFEECTO	RESPUESTA
Inundacion	a) líneas electricas o equipos sumergidos b) acceso a la planta bloqueado c) riesgo de enfermedad por contacto con agua residual	1 Notificar al responsable de la planta de tratamiento 2 cortar la corriente de todas las lineas o equipos sumergidos 3 Desaquar el area (se puede usar una bomba portatil) 4 No entrar solo a areas inundadas y sin revisar la presencia de gases o deficiencia de oxigeno 5 Ventilar los lugares que se necesiten y usar equipo de seguridad 6 Limpiar el area 7 Evaluar los daños e iniciar su reparación
Huracanes	a) Puertas, ventanas y cubiertas derribadas b) Daño a los equipos exteriores c) Acumulación de arena	1 Notificar al responsable del la planta de tratamiento 2 Dar atencion medica a los heridos 3 Mantener al personal alejado de las areas dañadas 4 Interrumpir la corriente electrica del equipo dañado 5 Asegurar puertas, ventanas y objetos que pudieran caerse 6 Proteger todos los equipos expuestos
Incendio	a) personal herido b) Daño a las instalaciones	1 Llamar al departamento de bomberos y notificar al responsable de la planta de tratamiento 2 Evacuar al personal y equipo movible 3 Usar extinguidotes, hidrantes y mangueras para el control del fuego 4 No usar agua en incendios electricos o por aceites 5 Dar atencion medica a los heridos
Explosion	a) Incendio b) Inundaciones c) Perdida de energia d) Liberacion de gas toxico e) Personal herido f) Derrumbes	1 Notificar al responsable de la planta de tratamiento 2 Evacuar a todo el personal del area 3 Poner fuera de servicio todos los equipos electricos de la planta 4 Ventilar el area 5 Dar atencion medica a los heridos
Quemado	a) Incendio b) Perdida de energia c) Liberacion de gas toxico d) Personal herido	1 Notificar al superintendente de planta 2 Evacuar a todo el personal del area 3 Poner fuera de servicio todos los equipos electricos del area

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

TABLA 4.1 PROGRAMA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS DURANTE DESASTRES Y ACCIDENTES.

DESASTRE	EFEECTO	RESPUESTA
		4 Ventilar el área
		5 Alejarse de las áreas de posible derrumbe
		6 Dar los primeros auxilios y asegurar atención médica a los heridos

Fuente: Leyva, Campos Adriana, 1998

4.3 Elaboración

Se recomienda la elaboración del manual de operación y mantenimiento junto con el diseño de la planta ya que la elaboración de este es una gran herramienta para detectar algunos errores en el diseño o distribución de las instalaciones. Después de construida la planta se entrega al equipo encargado de la elaboración del manual de Operación y Mantenimiento todas las correcciones y modificaciones al diseño original de la planta de tratamiento.

El manual de operación y mantenimiento debe estar listo antes de poner en operación la planta de tratamiento, puesto que es una herramienta muy importante y necesaria en la capacitación del personal que laborara en la planta. Un aspecto muy importante dentro de la elaboración del manual de operación y mantenimiento es el protocolo de arranque de la planta, la buena capacitación del personal y la elaboración de una manual de operación y mantenimiento, ordenado, eficaz, accesible y entendible garantizará la buena operación de la planta de tratamiento.

Es muy importante que el manual de operación y mantenimiento pueda consultarlo y comprenderlo de igual manera todo el personal que labora en la misma, por tal razón es necesario que el lenguaje empleado sea lo más sencillo posible, también es importante que cuente con fotografías, ilustraciones y esquemas ya que estos son un gran apoyo para el entendimiento y para lograr una mejor interpretación.

4.4 Actualización

La actualización y revisión de los manuales de mantenimiento debe hacerse por lo menos anualmente o cuando haya cambios en los procesos, equipos etc

4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Todos los cambios tanto de rutina de mantenimiento, operación, cambio de equipos etc, se deben poner en la bitácora de mantenimiento diario, como hacer los cambios en el manual.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Las conclusiones del trabajo de acuerdo a su objetivo, sobre los contenidos y elaboración de manuales de operación y mantenimiento son las siguientes:

- Las actividades de preparación y arranque de la planta son primordiales para el buen funcionamiento de la planta
- Un buen diseño de la planta es primordial para la óptima operación y en algunos casos un mal diseño es causa de las fallas en el proceso encareciendo la operación de esta.
- Los manuales de operación y mantenimiento son una herramienta indispensable para la buena operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como herramienta para asegurar la calidad del agua tratada en la planta
- Los manuales de Operación y mantenimiento son una herramienta muy útil en el aseguramiento de la calidad dentro de la planta
- Los principales puntos que debe contener un manual de operación y mantenimiento son:

Descripción de la planta

Protocolo de arranque de la planta

Descripción de los equipos

Operación de la planta

Mantenimiento preventivo y correctivo de la planta (equipos y estructuras)

Operación en emergencia

Legislación

Seguridad e Higiene

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Estos puntos son fundamentales para que el manual sirva como herramienta y guía para todo el personal de la planta

- Los manuales de operación y mantenimiento deben ser entendibles y de fácil acceso, deben permanecer dentro de la planta por lo menos una copia en la que se detallen todas las actualizaciones y cambios.
- Los problemas que afrontan la mayoría de las plantas de tratamiento en México, se han dado por un mal diseño, mala operación, y falta de capacitación del personal de operación y mantenimiento.
- Para solucionar los problemas de operación en una planta, primero se debe de identificar completamente que es lo que causa el problema para posteriormente darle una solución adecuada, ya que de no hacerlo se puede empeorar el problema
- Los manuales de operación y mantenimiento deben de estar elaborados por personal especializado y con experiencia en el campo ya que son de vital importancia, al igual que deben de estar completamente elaborados antes del arranque de la planta de tratamiento, para que sirvan como guía en la capacitación del personal que laborará en estas.
- Es imprescindible que se de la importancia debida a los manuales sobre todo en México, ya que en muchas plantas son muy superficiales o en algunos casos no existen, porque no se han elaborado o se han perdido en el cambio de administraciones

5.2 RECOMENDACIONES

- El control de los registros de mantenimiento y operación diaria, así como el aseguramiento de la calidad dentro de la planta son de vital importancia por lo que se debe prestar atención y deben ser guardados y resguardados dentro de la planta
- Se debe dar importancia al mantenimiento preventivo de equipos y estructuras para evitar posteriormente mayores gastos y que los problemas que se puedan presentar no se agraven y se tenga que llegar al cierre definitivo de la planta
- Los manuales de operación y mantenimiento se deben actualizar por lo menos una vez al año como mínimo

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Las asociaciones gremiales realicen encuentros y simposios donde se discutan los problemas operativos.
- En los cursos profesionales se abarquen aspectos operacionales.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo Flores Armando et al (2001). *"Diagnostico y rehabilitación para la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima México"*, Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM, 267 pp

Aguirre Tello Mario (2000). *"Diseño de sistemas de desinfección a base de gas cloro en plantas de tratamiento de aguas residuales"*, Tesis Licenciatura (Ingeniero Civil)-UNAM, Facultad de Ingeniería 241pp

American Society of Civil Engineers, American Water works Asociation (1990), *"Water Treatment Plant Design"*, 2nd ed. McGraw-hill, USA 574 pp

Castellanos Rosas Maria Cristina (1997). *"Funciones administrativas aplicadas a la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales procesos aerobio"*, Tesis para obtener el Título de Ingeniero Químico, Facultad de Química 150 pp

Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. (1987) *"Módulos de formación y de perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales Lima, Perú Programa de Salud Ambiental"* Coedición: Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud, 284 pp

Culp. Wasner, Culp. (1986). *"Handbook of public water systems"*, Van Notron Reinhold Environmental Engineering Series 1113 pp

Daigger Glenn, et al. (1998) *"Upgrading wastewater treatment plants" V 2, 2nd ed.*, Water Quality Management Library. Lancaster Pennsylvania Technomic, 243 pp

Departamento de Salud de Nueva York (1984). *"Manual de Tratamiento de Aguas"*, Ed. Limusa, Octava reimpresion 205 pp

Dominguez Muñoz Carlos Alberto (2000) *"Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ciudad Acuña, Coahuila"*, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM 97 pp

Edward Boyajian, Lee J Glueckstein. (1987). *"Activated sludge manual of practice no Om-9"*, ed. Water Pollution Control Federation USA, 182 p

EPA, Handbook (1982). *"Identification and correction of Typical Design Deficiencies at Municipal Wastewater Treatment Facilites"*, Office of Research and Development Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati Ohio, 409 pp

Fuentes Gundi Vicente (2001). *"Evaluación técnico económica del tratamiento de las aguas residuales Municipales-México"*, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UNAM 84 pp

Godínez Mora Tovar Sergio (1994) *Programa de Seguridad e higiene para la planta de Tratamiento de aguas residuales de CU* Tesis de licenciatura para obtener el título de Ingeniero químico Facultad de Química UNAM 147 pp

Hernandez Muñoz Aurelio (1995) *Manual de Depuración (calidad Sistemas para Depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 30.000 habitantes)*, ed Uralita, Paranaño Madrid 429 pp

James M. Montgomery Consulting Engineers inc. (1985), "*Water Treatment Principles and Design*", New York, J. Wiley, 696 pp.

Leyva Campos, Vella Adriana. (1998). "*Aspectos De Ingeniería Civil En Las Plantas De Tratamiento De Agua Residual*", Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UNAM 200 pp.

Louis Urista (1994). "*ISO 9000 El estándar de Calidad mundial resumen ejecutivo*", Perry Johnson Inc. USA, segunda edición

Marquez Moreno Martín (1996), "*Propuesta Para La Operación Y Arranque De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Basada En Zanjas De Oxidación*", Tesis para obtener el Título de Ingeniero Químico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II. UNAM

Merrit, Fredenck S (1990) "*Enciclopedia De La Construcción : Arquitectura E Ingeniería*" 6 Vol. Océano Centrum.,

Metcalf & Eddy, (1985) "*Ingeniería Sanitaria, Tratamiento Evacuación Y Reutilización De Aguas Residuales*" Ed. Labor, 2da. Edición

Metcalf & Eddy, (1985a), "*Ingeniería De Aguas Residuales: Redes De Alcantarillado Y Bombo*", Ed. Labor 1ra Edición

Murillo Fernández Rodrigo (1991) "*Obra Civil De Plantas De Tratamiento Factores Que Afectan El Funcionamiento*", Revista de Ingeniería Ambiental, Enero 1991, año 4, No. 9 Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A. C. Sección Mexicana de la AIDES, Págs. 6-18

Pérez Quiroz Antonio, (2000), "*Puesta En Operación De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En CU*", Tesis Para Obtener El Título De Ingeniero Químico, Facultad De Química UNAM 88p

Qasim, Syed R, (1985) "*Wastewater Treatment Plants Planning, Design, And Operation*", Lancaster: Technomic, 726 pp

Ramallo R S (1993), "*Tratamiento de Aguas Residuales*", Ed. Reverte, España 705 pp.

Romero Álvarez H. García J y Janetti J. (1996) "*Las Vicisitudes De Las Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales En México*". Revista Ingeniería Civil (3) p 12-18

Romero Uriostegui Luis (2002). "*Reuso Del Agua Tratada Análisis De Financiamiento Y Comercialización*", Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. UNAM, 206 pp

Sanks L Robert, et al (1978). "*Water Treatment Plant Design*". Butherworth-Heinemann, USA, 831 pp

SF-DUE, (1985). "*Elementos para operación de Plantas de Tratamiento*". Programa de Capacitación para operadores de plantas de tratamiento Segundo Nivel No 1., 141 pp

SEDUE, (1985), "*Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Lodos Activados*". Programa de capacitación para operadores de plantas de tratamiento Segundo nivel. No. 6. 82 pp

Soto Estrada Engelberth, (2000), "*Rehabilitación De La Planta Para Tratamiento De Aguas Residuales De Tepic, Nayarit*". Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UNAM, 156 pp.

Tchobanoglous, George (1991), "*Wastewater Engineering Treatment, Disposal, And Reuse*" 3ed. New york ; Mexico : McGraw-Hill, 1334 p

UNAM (1994), "*Guía Técnica Para La Elaboración De Manuales De Procedimientos, Secretaria Administrativa*", Dirección General de Personal,

Valdez, Enrique Cesar,(1994-1999), "*Abastecimiento De Agua Potable*". México: UNAM, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Sanitaria: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Vol III

WPCF, (1990) "*Operation of municipal wastewater treatment plants MOP-11 Vol 1, Vol. 2, Vol. 3*", Alexandria, Virginia: Water Pollution Control Federation.

Normas Oficiales Mexicanas

Norma Mexicana IMNC. Directrices para desarrollar manuales de calidad, NMX-CC-018: 1996 INMC

Norma Oficial Mexicana, NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Norma Oficial Mexicana, NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal

Norma Oficial Mexicana, NOM 003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público

Publicaciones Electrónicas

CNA. Compendio Básico del Agua en México.
<http://www.cna.gob.mx/portal/switch.asp?param=4010>

CNA. Situación del Subsector, Agua potable, alcantarillado y saneamiento 2000.
<http://www.cna.gob.mx/portal/switch.asp?param=4017>

CNA. Ley de aguas nacionales y su reglamento.
<http://www.cna.gob.mx/portal/switch.asp?param=4013>

CNA. Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento de Aguas Residuales a Diciembre del 2001 (Plantas de tratamiento resumen)
http://www.cna.gob.mx/portal/publica/estadisticas/inv/inv_aguaresidua01.pdf

CNA, Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento de Aguas Residuales a Diciembre del 2001 (Plantas de tratamiento general)
http://www.cna.gob.mx/portal/publica/estaticas/inv/pt_general01.PDF

Aguamarket, Diccionario del Agua
<http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?id=1738>

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**