



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CAUSAS Y SOLUCIONES DEL PROBLEMA
DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES”**

**T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

RAFAEL DÍAZ RUIZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ



**CIUDAD UNIVERSITARIA
2013**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/052/13

Señor
RAFAEL DÍAZ RUIZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

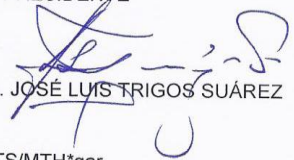
"CAUSAS Y SOLUCIONES DEL PROBLEMA DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ANTECEDENTES
- III. PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- IV. GENERACIÓN DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- V. CONTROL DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- VI. APLICACIÓN
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 4 de septiembre del 2013.
EL PRESIDENTE


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH*gar.



DEDICATORIA

A Dios.

A dios por guiarme en mi camino a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de experiencias y felicidad.

A mis Padres.

A mis padres Susana y Rafael. Por su apoyo brindado y su eterno agradecimiento por mi existencia, por los valores morales y formación profesional. Porque gracias a su amor logré mis objetivos y una excelente educación.

A mis Hermanas.

A mis hermanas Susy e Imelda. Por ser parte importante en mi vida por ser un ejemplo a seguir por su comprensión y amor brindado para la realización de este proyecto

Cuando quieres algo, todo el universo conspira para que realices tu deseo.

Paulo Coelho



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por haberme dado aprendizaje confianza y formación en sus lecciones que aprendí en ella, asimismo, por haberme dado su voto de confianza y por todo el apoyo otorgado a mi persona.

A mi Director de Tesis

A mi director de tesis Dr. Enrique César Valdéz por su apoyo y confianza brindada en mi persona. Gracias por compartir su conocimiento y tiempo en la realización de esta tesis.

A los sinodales de Tesis

A los Sinodales que me han acompañado en esta tesis, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación. Gracias por su tiempo invertido en la revisión de esta tesis.

A mi Maestro

A mi maestro Ing. Carlos Chavarri Maldonado (QEPD). Por su apoyo y formación para la terminación de mi carrera.

A mis Familiares

A todos mis familiares y amigos por su apoyo y tiempo brindado para la realización de esta tesis.

A mi Novia

A mi novia Lilia por estar a mi lado por su confianza y por llenar mi vida de felicidad, amor y alegrías.

Rafael Díaz Ruiz

Gracias, eternamente gracias, a todos.



CAUSAS Y SOLUCIONES DEL PROBLEMA DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

CONTENIDO

Justificación y Objetivos3

Introducción4

CAPÍTULO 1

1.1 Antecedentes6

CAPÍTULO 2

PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 12

2.1. Criterios para la selección de procesos de tratamiento12

2.2. Clasificación de las aguas residuales13

2.3. Composición de las aguas residuales16

2.4. Características físicas de las aguas residuales18

2.4.1. Color18

2.4.2. Olores19

2.4.3. Temperatura20

2.5. Clasificación del tratamiento de aguas residuales21

2.6. Tratamiento preliminar21

2.6.1. Rejas o Tamices22

2.6.2. Desarenadores27

2.6.3. Preaireación29

2.7. Tratamiento primario31

2.7.1. Remoción de sólidos32

2.7.2. Sedimentación primaria33

2.8. Tratamiento secundario34

2.8.1. Filtros de desbaste35

2.8.2. Lodos activados36

2.8.3. Lagunas de estabilización (anaerobia y facultativa)38

2.9. Tratamiento Terciario40

2.9.1. Desinfección43

2.9.2. Remoción de nutrientes45

CAPÍTULO 3

GENERACION DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES47



3.1 .Causas generales (lodos activados y degradación de materia orgánica)	47
3.2 .Generación de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales.....	48
3.3 .Olores generados	51
3.4 .Compuestos que los originan	51
3.5 .Efectos.....	52
3.6 .Detección	53
3.7 .Compuestos olorosos asociados al agua residual	54
3.8 .Caracterización y medición de los olores	55

CAPÍTULO 4

CONTROL DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....56

4.1 .Importancia del control de olores en plantas de tratamiento de agua residual	56
4.2 .Sistemas alternativos para el control de olores.....	56
4.3 .Sistemas de control físico-químico	57
4.3.1 Absorción	57
4.3.2 Adsorción	60
4.3.3 Incineración	62
4.3.4 Condensación	63
4.3.5 Torres de lavado de gases húmedo.....	64
4.3.6 Oxidación química.....	65
4.3.7 Oxidación con ozono en vía húmeda.....	66
4.3.8 Medidas de prevención y mitigación a aplicar para reducir los olores	68
4.4 Tratamiento biológico	70
4.4.1 Biofiltración.....	70
4.4.2 Tipos de biofiltros.....	73
4.4.3 Biofiltro de lecho fijo	73
4.4.4 Biolavadores	74
4.4.5 Biofiltros percoladores o de lecho escurrido	75
4.4.6 Comparación entre sistemas biológicos	76
4.4.7 Reactor biológico.....	78
4.4.8 Filtros percoladores o Tanques de aireación de lodos activados.....	79
5 APLICACIÓN	80
5.1 Situación sobre los malos olores en la planta de pre tratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U).....	80
5.2 Sistema de manejo del agua residual en la zona GEOS.....	81
5.3 Sistema de control de olores por (Biofiltración)	82
6 CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88



Justificación

Esta tesis tiene como finalidad el estudio de las causas y soluciones para el control de olores generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales. El conocimiento de las fuentes de olores y de las tecnologías existentes para su control es necesario para la operación adecuada de las plantas de tratamiento, con el fin de lograr la aceptación de la comunidad.

En este trabajo se presenta una revisión bibliográfica sobre el tratamiento de gases asociados con malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales a través de procesos físico-químicos y biológicos. Además, se describen las características técnicas más importantes de los procesos para el control de olores en plantas de tratamiento de agua residual.

Objetivos

Objetivo general

Conocer las causas que originan los olores en plantas de tratamiento de aguas residuales, así como las medidas de mitigación y prevención.

Objetivo específicos

- a) Describir los procesos físico-químicos y biológicos del tratamiento de las aguas residuales
- b) Identificar el impacto ambiental de la planta, tanto en sus instalaciones como en sus alrededores.
- c) Proponer un conjunto de medidas para mantener la calidad ambiental de tal forma que se eviten y/o mitiguen los malos olores en plantas de tratamiento de agua residual.



INTRODUCCIÓN

Actualmente, la ingeniería sanitaria se encuentra en un franco proceso de desarrollo, en el que antiguas ideas vuelven a valorarse y se formulan nuevos conceptos. Implantación de sistemas de saneamiento, son factores importantes en la conservación del bienestar de los pueblos. (Rojas 2,002)

En lo que compete a saneamiento y específicamente al tratamiento de aguas residuales, el agua recolectada de los pueblos y ciudades, debe devolverse al ambiente en condiciones tales que no lo deteriore. Durante las últimas décadas el mundo ha venido observando con inquietud una serie de problemas relacionados con la disposición de desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

Las aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas, son consideradas como aguas residuales. Las labores domésticas contaminan el agua, sobre todo, con residuos fecales y detergentes. Los trabajos agrícolas y ganaderos pueden producir contaminación grave de las aguas de los ríos y los acuíferos.

Los principales causantes son los vertidos de aguas con residuos orgánicos, procedentes de las labores de transformación de productos vegetales, o de los excrementos de los animales. Otra fuente de contaminación de las aguas son las industrias. Muchas de ellas, como la papelera, textil y siderúrgica, necesitan agua para desarrollar su actividad. La consecuencia es el vertido de aguas residuales con materia orgánica, metales, aceites industriales e incluso radiactividad. (Rojas 2,002).

El tratamiento de aguas residuales consiste en la aplicación de los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. El tratamiento cobró importancia progresivamente desde principios de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación del ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los residuos domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

En muchos casos los cuerpos receptores de estos residuos líquidos son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante. Por este motivo, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores, deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal.



Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales municipales están típicamente sujetos a las normas oficiales mexicana. A menudo, ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

La composición de las aguas residuales es muy variable entre los diversos factores que la afectan. Se puede mencionar el consumo promedio de agua por habitante y por día que influye su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios de la población que caracterizan su composición química (calidad). En general, las aguas residuales contienen aproximadamente un 99.9% de agua y el resto está constituido por materia sólida. (Rojas, 2002).

Los sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento. La materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir un efluente tratado o reutilizable y un residuo sólido (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso.

Con los tratamientos de aguas se pretende disminuir, controlar o eliminar aquellos elementos que alteran las condiciones originales del agua.

El tratamiento de aguas residuales permite la eliminación de olores y sabores desagradables para aprovechamiento y aprovisionamiento del agua.



1.1 Antecedentes

El tratamiento de las aguas residuales es relativamente reciente. Su inicio data de fines de 1800 y principios del actual siglo y coincide con la época de la higiene. Esto se desarrolló como consecuencia de la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico. En un principio, el tratamiento se hacía mediante el vertido de las aguas residuales al suelo, pero prontamente la superficie de los terrenos no fue suficiente para absorber el cada vez mayor volumen de aguas residuales. (Rojas, 2002).

En Inglaterra, después de la epidemia del cólera de mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los sistemas de alcantarillado, pero el tratamiento de aguas residuales recibió poca atención. Debido a lo pequeño de sus ríos en longitud y caudal, la contaminación del agua se convirtió en un problema. Al principio, el tratamiento estuvo dirigido a evitar problemas con la industria y agricultura más que a los problemas de salud.

Con estos problemas se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres. Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de tuberías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. No obstante que existían reservas respecto a éstos por el desperdicio de recursos que suponían, por los riesgos para la salud que planteaban y por su elevado costo, fueron muchas las ciudades que los construyeron. A fin de evitar estos problemas se idearon y llevaron a la práctica nuevos métodos de tratamiento intensivo. De este modo, se estudió la precipitación química, digestión de lodos, filtración intermitente en arena, filtración en lechos de contacto, aeración de aguas residuales y finalmente, en 1912, se desarrolló el proceso de lodos activados. A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de tratamiento. Por aquellos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones públicas se adoptó primero la técnica del filtro de goteo. Durante la segunda década del siglo, el proceso de lodos activados, desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico

En el cuadro 1.1. Se presenta un resumen del desarrollo histórico del tratamiento de las aguas residuales. (Rojas, 2002).



Cuadro 1.1

Desarrollo histórico del tratamiento de las aguas residuales.

Fecha	Desarrollo
A.C.	Irrigación con aguas residuales- Atenas
1550	Uso de aguas residuales en agricultura- Alemania
1700	Uso de aguas residuales en agricultura- Reino Unido
1762	Precipitación química de aguas residuales- Reino Unido
1860	Dispositivo de mouras- Tratamiento anaerobio de sólidos de aguas residuales
1865	Experimentos sobre microbiología de digestión de lodos- Reino Unido
1868	Investigaciones sobre filtración intermitente de aguas residuales- Reino Unido
1870	Filtración de arena en aguas residuales- Reino Unido
1876	Primeras fosas sépticas- USA
1882	Experimentos sobre aeración de alcantarillas- Reino Unido
1884	Introducción de las rejillas de desbaste-USA
1887	Estación experimental de Lawrence para el estudio de agua y aguas residuales Massachusetts-USA
1887	Primera planta de precipitación química-USA
1889	Filtración en lechos de contacto Massachusetts-USA
1891	Digestión de lodos- Alemania
1895	Recolección de metano de fosas sépticas y su empleo en alumbrado-Reino Unido
1898	Molinete hidráulico para filtros percoladores-Reino Unido
1904	Empleo de desarenadores-USA
1904	Fosa séptica traviesa de dos pisos-Reino Unido
1904	Cloración de aguas residuales-USA
1906	Ley de Chick-USA
1908	Aplicación de tanques Imhoff-USA
1911	Digestión separada de lodos-USA
1914	Tratamiento de aguas residuales por lodos activados-USA
1916	Primera planta municipal de lodos activados-USA
1925	Aeración por contacto

Fuente. Cepis/OMS (2002)



Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs), surgieron en la ciudad de México en los años 50s con la construcción de la planta Chapultepec (1956), Coyoacán (antes Xochimilco, 1958) y Ciudad Deportiva (1959), con capacidad de diseño de 1,190 L/s, siendo su principal objetivo mantener los niveles de los lagos, canales y riego de áreas verdes. La primera está ubicada en Lomas de Chapultepec, D.F. Esta planta de tratamiento de aguas residuales, trabaja con el agua que sale de las casas del alrededor, por lo tanto son aguas domésticas. Son utilizadas ya procesadas para regar áreas verdes, en las fuentes, pipas, para el lago de Chapultepec, entre otras. Trabaja a 160 Lt. por segundo. (SACMEX, 2007)

En el período de 1960 a 1979, se construyeron seis plantas de tratamiento más: San Juan de Aragón (1964), Tlaltelolco (1965), Cerro de la Estrella e Iztacalco (1971), Bosques de las Lomas (1973) y Acueducto de Guadalupe (1975), con el objeto del regado de áreas verdes, riego agrícola de los ejidos de Tláhuac y mantener el nivel del Lago de Aragón, con capacidad conjunta de diseño de 4,667 L/s. En los años 1980 al 2000 se construyeron 12 plantas de tratamiento en diferentes zonas de la ciudad: H. Colegio Militar, Reclusorio Sur y el Rosario (1981), San Luis Tlaxialtemalco (1989), Abasolo y Parres (1993), Campo Militar 1, La Lupita, PEMEX, y San Miguel Xicalco (1994), San Andrés Mixquic y San Pedro Actopan (1997), con tan solo 413 L/s., de capacidad de diseño conjunta. En el mismo periodo también se construyó la planta Santa Fe y Tetelco para el riego de áreas verdes e infiltración y para el saneamiento de los cauces de la zona Oriente respectivamente. En el año 2005, con recursos del Fondo de Seguridad del Gobierno del Distrito Federal (FOSEGDF), se construyó la PTAR Santa Martha Acatitla con una capacidad de 14 L/s para el servicio del Complejo Penitenciario de Santa Martha Acatitla, siendo la primer planta a nivel gobierno local para reusó en mingitorios, muebles sanitarios, además del riego de áreas verdes y el lavado de aceras. Actualmente el Sistema de Aguas de la Ciudad de México cuenta con una infraestructura de tratamiento de 24 PTARs con capacidad de diseño instalada de 6,640 L/s, sin embargo solo se producen 2,500 L/s, que representan el 38% de la capacidad conjunta. En el cuadro 1.2. Se muestra la infraestructura de tratamiento de las PTARs en el (D.F) señalando su ubicación, el nivel de tratamiento y proceso implementado, así como los caudales de diseño. Debido a la insuficiencia de las fuentes de abastecimiento locales, y la consecuente importación de agua de cuencas cada vez más lejanas, se hace necesario pensar en la rehabilitación de las PTARs para que trabajen de acuerdo con su capacidad de diseño, y en paralelo fomentar el reúso del agua residual tratada en sistemas que no requieran de agua potable.

Es necesario iniciar la acumulación de reservas de agua mediante la recarga por inyección o infiltración de agua tratada al acuífero, dando cumplimiento a la normatividad aplicable en la materia. (SACMEX, 2007)



Cuadro 1.2.

Infraestructura de tratamiento de las PTARs en el (D.F)

Nombre	Delegación	Tipo de proceso	Nivel de tratamiento	Caudal Diseño (L/s)
El rosario	Azcapotzalco	Biológico	Terciario	25
Coyoacán	Coyoacán	Biológico	Secundario	400
Tlatelolco	Cuauhtémoc	Biológico	Secundario	22
Ciudad Deportiva	Iztacalco	Biológico	Secundario	230
Iztacalco	Iztacalco	Biológico	Secundario	13
Cerro de la estrella	Iztapalapa	Biológico	Terciario	4,000
Acueducto de Guadalupe	Gustavo A. Madero	Biológico	Secundario	87
San Juan de Aragon	Gustavo A. Madero	Biológico	Secundario	500
Bosques de Las Lomas	Miguel Hidalgo	Biológico	Secundario	55
Chapultepec	Miguel Hidalgo	Biológico	Secundario	160
San Pedro Atocpan	Milpa Alta	Fisicoquímico	Primario Avanzado	60
La Lupita	Tláhuac	Biológico	Secundario	15
El Llano	Tláhuac	Fisicoquímico-Biológico	Terciario	250
Mixquic	Tláhuac	Biológico	Primario Avanzado	30
San Nicolas Tetelco	Tláhuac	Biológico	Secundario	30
San Lorenzo Tezonco	Tláhuac	Biológico	Terciario	225
Abasolo	Tlalpan	Biológico	Secundario	15
Parres	Tlalpan	Biológico	Secundario	15
Pemex Picacho	Tlalpan	Biológico	Secundario	26
San Miguel Xicalco	Tlalpan	Biológico	Secundario	7.5
Reclusorio Sur	Xochimilco	Biológico	Secundario	30
San Luis Tlaxialtemalco	Xochimilco	Biológico		150
Santa Fé	Cuajimalpa	Biológico	Terciario	280
Santa Martha Acatitla	Iztapalapa	Biológico Avanzado	Terciario Avanzado	14
				Total 6,639.5

Fuente. SACMEX (2007)



Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la estrella D.F

La Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Cerro de la Estrella comienza a construirse en 1968, iniciando su operación en 1970, con una capacidad de carga de $2\text{m}^3/\text{s}$, estaba formada por 2 secciones, cada una con 4 vasos, empezando cada tren con un sedimentador primario dividido en 2 secciones, cada uno de ellos conectado a su reactor biológico, teniendo un cárcamo de recirculación de lodos por bombeo, que mantienen el alimento y los microorganismos en constante recirculación, un sedimentador secundario dividido en 2 secciones cada uno, pasando finalmente a un cárcamo de cloración y después a un cárcamo de bombeo, donde se reparte a las demás plantas y/o centros en los que se requiere, (Xochimilco, Zaragoza, Aculco, entre otros), contando también con un sistema de sopladores que bastaba para las dos secciones, estos sopladores son de gran potencia, la necesaria para tener una buena aireación a estas dos secciones primarias, se mantuvo así durante 13 años. (D.G.C.O.H)

En 1983 – 1984 se hacen cambios y una gran ampliación en la planta, se construyó una tercera sección, con capacidad de $1\text{m}^3/\text{s}$, esta sección se distingue de las demás por no tener un sistema de sedimentación primaria, sino un sistema de aireación extendida el cual resultó más eficiente que la sedimentación primaria, además de tener en lugar de sedimentadores secundarios convencionales, un sistema que incluye una recirculación de lodo interna, la cual se maneja por bombeo, que era una mejor opción en ese momento, para esta tercera sección se construye una nueva estación de sopladores ya que es independiente de las anteriores, se incluyen 4 sopladores tipo Hoffman, para mantener la aireación necesaria en esta área, teniendo una mayor capacidad de agua tratada y manteniéndose así durante 10 años más.

En 1993 -1994 se construye la cuarta sección de la planta con $1\text{m}^3/\text{s}$ más, teniendo ésta el sistema convencional de sedimentación primaria, al igual que las primeras dos secciones, solo que esta no cuenta con ai-libs, sino que tiene una recirculación de lodo por bombeo, y quedando más alejada del sistema de aireación por lo que se ve un poco afectada al recibir aire, esta sección vino acompañada de varios cambios y una serie de ampliaciones en diversas secciones; se implementa un sistema de filtros que se adaptó para todas las unidades en función las tres anteriores y la que está en proceso de construcción, estos filtros son de antracita, siendo muy eficiente durante algunos años, ya que tiempo después salieron de funcionamiento, también se crea un sistema laberinto que va desde la salida de sedimentadores secundarios hasta el sistema de cloración que hace más eficiente el proceso de cloro ya que le da suficiente tiempo a la cisterna para inyectar la cantidad de cloro necesaria para la cantidad de agua tratada. (D.G.C.O.H)

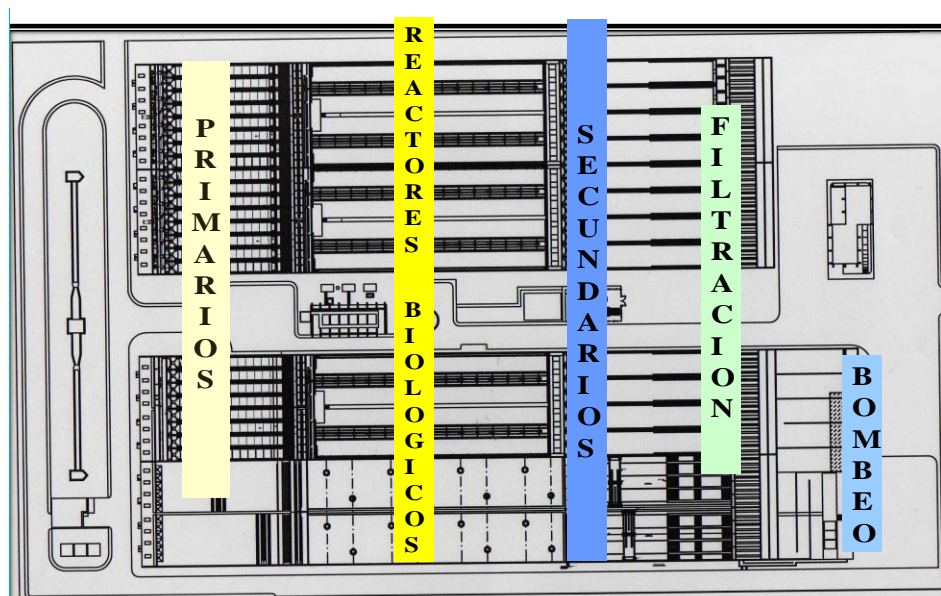


Los procesos empleados en las plantas depuradoras municipales suelen clasificarse como parte del tratamiento primario, secundario o terciario. El tren de tratamiento que se describirá a continuación es empleado en la planta “Cerro de la Estrella” ubicada en la Delegación Iztapalapa, Ciudad de México, siendo una de las más grandes en Latinoamérica a un nivel de tratamiento de tercer nivel.

Las aguas residuales que recibe la planta del Cerro de la Estrella, provienen de la estación de bombeo de Aculco situada en las avenidas de Río Churubusco y Apatlaco en la Delegación Iztacalco, de donde se conducen hasta la planta de tratamiento, a través de una tubería de 1.83 metros de diámetro y una longitud de 8 mil metros. En el sistema de rejillas de la planta de bombeo se efectúa un pretratamiento para eliminar el material sólido más grueso.

El tratamiento de las aguas residuales, en la planta Cerro de la Estrella, se efectúa mediante proceso biológico convencional de lodos activados y filtración con arena, grava y antracita, más desinfección con cloro.

Actualmente la PTAR Cerro de la Estrella tiene una capacidad de $4\text{m}^3/\text{s}$ pero solo se trata hasta $3\text{m}^3/\text{s}$, manteniendo su proceso normal de degradación de materia ya que no se le suministra ninguna sustancia química para la aceleración del proceso.



Fuente. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX
Tren de tratamiento de la PTAR. Cerro de la estrella D.F



CAPÍTULO 2

PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el capítulo 2 se desarrollan los procesos y criterios para la selección de los principales tratamientos de aguas residuales (preliminar, primario, secundario y terciario) así como la clasificación, composición y características de las aguas residuales.

2.1. Criterios para la selección de procesos de tratamiento

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales es uno de los aspectos más desafiantes de la ingeniería sanitaria y ambiental. Los conocimientos técnicos y las experiencias prácticas son necesarios en la selección y análisis de los procesos de tratamiento (Rojas, 2002). Los principales elementos que intervienen en la selección de los procesos de tratamiento son:

- Necesidad del cliente.
- Experiencias previas.
- Requerimientos de la calidad del agua residual tratada por parte de la autoridad competente
- Selección y análisis de las operaciones y procesos unitarios.
- Compatibilidad con las obras existentes.
- Costo:
 - Capital.
 - Operación y mantenimiento.
 - Evaluación económica.
- Consideraciones ambientales:
 - Impacto de la instalación:
- Pérdida del terreno
- Calidad del agua subterránea
- Flora y fauna



- Impacto operacional
 - Emisión de gases.
 - Ruidos.
 - Averías.

- Generación de residuos:
 - Efluentes:
 - Aprovechamiento
 - Disposición en lagos y lagunas
 - Disposición en curso de agua
 - Lodos

- Calidad de las aguas residuales:
 - Sólidos suspendidos y disueltos.
 - Materia orgánica e inorgánica.
 - Nutrientes.
 - Aceites y grasas.
 - Microorganismos patógenos.

- Otras consideraciones:
 - Tecnología adecuada.
 - Disponibilidad de equipos y repuestos.
 - Requerimientos de personal.
 - Requerimientos de energía.

2.2. Clasificación de las aguas residuales

De no existir las redes de recolección de las aguas residuales, se pondría en peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales. (Rojas, 2002).

Las aguas residuales pueden tener varios orígenes:

Aguas residuales domésticas: son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos,(Tekch, 2010).Esta agua está compuesta por sólidos suspendidos, generalmente (materia orgánica biodegradable),como se muestra en la Figura 1.



Fuente. . <http://osiatis.es>

Figura 1. Aguas Residuales Domésticas

Aguas residuales industriales: Se originan de los desechos de proceso industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.(Rojas 2002). La fábrica "Youngor International Garments City" descarga grandes cantidades de agua residual en el río como se muestra en la Figura 2.



Fuente. <http://osiatis.es>

Figura 2. Agua Residual Industrial



Aguas residuales de lluvia: proveniente de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos como se muestra en la Figura 3.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 3. Agua Residual de lluvia



2.3. Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99.9% de agua en su estado conocido como de agua potable y de un 0.1% por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0.1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido.

El agua residual contiene componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos de alimentos, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos (Rojas, 2002).

Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales.

El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del azufre de las proteínas. Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez.

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción.

Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. (Rojas, 2002).

El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento.



En el Cuadro 2.1 aparecen la composición de las aguas residuales.

Cuadro 2.1
Composición de las aguas residuales.

Constituyente	Concentración mg/l		
	Alto	Medio	Bajo
Sólidos totales	1200	700	350
Disueltos	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
En suspensión	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentables ml/l-h	20	10	5
DBO (5 días, 20°C)	300	200	100
DQO	570	380	190
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Orgánico (como N)	35	15	8
Amoniacal (como N)	50	25	12
Fósforo total (como P)	20	10	6
Cloruros (Cl)	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50
Calcio (como Ca)	110	50	10
Magnesio (como Mg)	10	9	8
Sodio (como Na)	100	50	23

Fuente. Cepis/OMS (2002)

2.4. Características físicas de las aguas residuales

Las principales características físicas de un agua residual, tal y como quedan reflejadas en el Cuadro 2.2 son: contenido de sólidos, color, olor y temperatura (Rojas, 2002).

Cuadro 2.2

Características físicas de las aguas residuales

Características	Procedencia
Propiedades físicas:	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Sólidos totales	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales

Fuente. Cepis/OMS (2002)

2.4.1. Color

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo, sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro como se muestra en la Figura 4, y finalmente adquiere un color negro; llegado a este punto se suele clasificar el agua como séptica. Tanto el agua gris, como la gris oscuro o la negra deben su color a los sulfuros metálicos, éstos sulfuros metálicos se generan por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.(UPC EUETIB)



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX.

Figura 4. Color del agua residual en el efluente.

2.4.2. Olores

Se suelen producir por los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica como se muestra en la Figura 5. El agua residual séptica tiene un olor más desagradable que el agua residual reciente, eso es debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno ya que al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de los microorganismos anaerobios se liberan los malos olores.

El problema que deriva de los malos olores se considera como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales, y es por este motivo que en los últimos años los malos olores han pasado a ser un factor de gran importancia en el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales; en consecuencia resulta de vital importancia estudiar los efectos que producen las malos olores, cómo se detectan y cómo caracterizarlos y medirlos. (UPC EUETIB)

En el Capítulo 3 se ampliará este tema al referirse a las causas de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales.



Fuente. . Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 5. Tanque de sedimentación secundaria



2.4.3. Temperatura

La temperatura de las A.R. (aguas residuales). oscila entre 10-20°C (15 °C). Además de las cargas contaminantes en materias en suspensión y materias orgánicas, las A.R. contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes, etc; cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:

- N amoniacal: 3-10 g/hab/d
- N total: 6.5-13 g/hab/d
- P (PO_4^{3-}) ; 4-8 g/hab/d
- Detergentes : 7-12 g/hab/d

En lugares donde existen trituradoras de residuos sólidos las A.R. (aguas residuales) urbanas están mucho más cargadas (100 % más). (UPC EUETIB)

En la Figura 6 se muestran dispositivos para la medición de temperatura, pH y caudal del agua residual.



Fuente. Aqua-med.blogspot.mx

Figura 6. Medición del caudal y temperatura



2.5. Clasificación del tratamiento de aguas residuales

Actualmente existe la tendencia de agrupar los métodos de tratamiento en dos grandes grupos, independientemente de la eficiencia de remoción de la carga orgánica: operaciones unitarias y procesos unitarios. En el primer caso predomina la aplicación de principios físicos y en el segundo la actividad química o biológica. En el pasado, los procesos y las operaciones unitarias se agrupaban bajo la denominación de tratamiento primario, secundario y terciario. En el tratamiento primario se agrupaban las operaciones del tipo físico, en el secundario los procesos biológicos de asimilación de la materia orgánica y el término terciario o tratamiento avanzado se ha aplicado a las operaciones y procesos utilizados para eliminar contaminantes no removidos por el tratamiento primario o secundario (Rojas, 2002). Por motivos de practicidad y por la costumbre existente en Latinoamérica y el Caribe, en el presente documento se definirá las etapas de tratamiento de la manera siguiente: Tratamiento preliminar, Tratamiento primario, Tratamiento secundario, Tratamiento avanzado o terciario.

La selección del proceso de tratamiento depende del uso al cual se le destinará al efluente tratado, la naturaleza del agua residual, la compatibilidad de las distintas operaciones y procesos, los medios disponibles de evacuación de los contaminantes finales y la posibilidad económica de las distintas combinaciones.

2.6. Tratamiento preliminar

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento. Los objetivos de tratamiento de las unidades preliminares se muestran en el Cuadro 2.3 (Rojas, 2002).

Cuadro 2.3

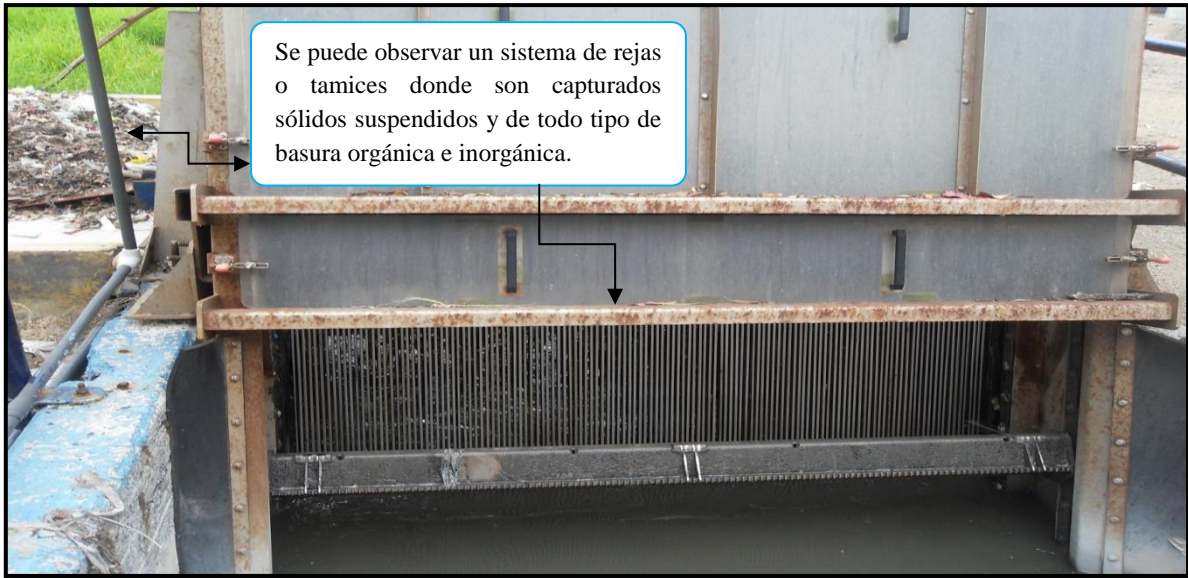
Objetivos de tratamiento de unidades preliminares

PROCESOS	OBJETIVOS
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente. Cepis/OMS (2002)

2.6.1. Rejas o tamices

El primer paso en el tratamiento de un agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos presentes en la misma. A este proceso se le conoce como desbaste y consiste en hacer pasar el agua bruta a través de un sistema de barras, alambres o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas deflectoras (tamices), aunque los más habituales son las rejas de barras y los tamices, como se muestra en la Figura 7 (Metcalf y eddy, 1995)



Fuente Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 7. Rejas o tamices

En el Cuadro 2.4 aparecen las características de los elementos de uso más frecuente en las operaciones de desbaste.



Cuadro 2.4

Descripción de los dispositivos de desbaste

Dispositivo		Tamaño	Intervalo de paso (cm)	Material	Aplicación
<u>Rejas de barras</u>		Grueso	1.5-3.75	Acero, acero inoxidable	Pretratamiento
<u>Tamices</u>	Inclinado (fijo)	Medio	0.025-0.25	Malla de cuña de acero inoxidable	Tratamiento primario
	Inclinado (giratorio)	Grueso	0.075 x 0.025 x 5.0	Placas de bronce o de cobre pulido	Pretratamiento
	Tambor (giratorio)	Grueso	0.25-0.50	Malla de cuña de acero inoxidable	Pretratamiento
		Medio	0.025-0.25	Malla de cuña de acero inoxidable	Tratamiento primario
		Fino	6-35 micrómetros	Mallas de poliéster y de acero inoxidable	Eliminación de sólidos en suspensión residuales secundarios
	Disco giratorio	Medio	0.025-0.1	Acero inoxidable	Tratamiento primario
		Fino	0.0025-0.05	Acero inoxidable	Tratamiento primario
	Centrífugo	Fino	0.005-0.05	Acero inoxidable, poliéster y diversos tipos de telas	Tratamiento primario, tratamiento secundario con tanque de sedimentación, eliminación de sólidos en suspensión residuales secundarios

Fuente. SACMEX.

Tipos de rejas de barras

Existen dos tipos de rejas de barras en función del sistema de limpieza de las mismas, que puede ser manual o mecánico (automático).

En el Cuadro 1.5 se comparan las características de ambos tipos:

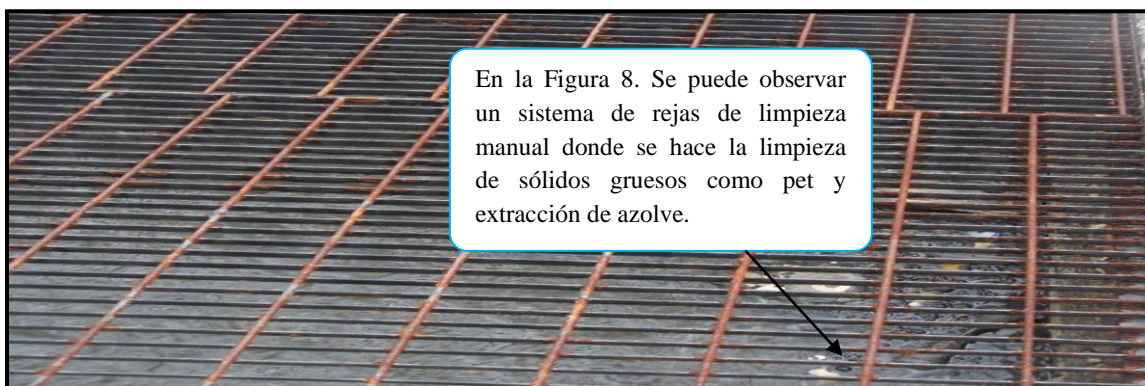
Cuadro 2.5

Tipos de rejas de barras

Característica		Limpieza manual	Limpieza automática
Tamaño de la barra	Anchura (mm)	5-15	5-15
	Profundidad (mm)	25-37.5	25-37.5
Separación entre barras (mm)		25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical (°)		30-45	0-30
Velocidad de aproximación (m/s)		0.3-0.6	0.6-1.1
Pérdida de carga admisible (mm)		150	150

Fuente. SACMEX

Rejas de limpieza manual: se emplean frecuentemente en instalaciones de pequeño tamaño y actualmente se tiende a instalar equipos de limpieza automática para facilitar las operaciones y reducir al máximo los trabajos manuales. En los casos en los que se utilicen, su longitud no deberá exceder de la que permita su correcta limpieza, es decir, aproximadamente de 2.0-3.0 metros. Las barras que conforman la reja no suelen exceder de los 10 mm de espesor por 50 mm de profundidad. Los sólidos recogidos suelen depositarse en una cesta de chapa perforada para separar los escurridos. La Figura 8 muestra una reja de limpieza manual



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 8. Rejas de limpieza manual

Rejas de limpieza automática: incorporan un peine rascador que periódicamente y de manera automática limpia la reja por la cara anterior (aguas arriba) o posterior (aguas abajo). El peine rascador puede funcionar de manera continua o se puede activar al superarse cierto valor establecido de pérdida de carga o mediante temporizador. El canal de las rejas se debe proyectar de forma que se evite la acumulación y sedimentación de arenas y otros sólidos de gran tamaño, y para ello se recomiendan velocidades de aproximación superiores a 0.4 m/s. A caudales punta, la velocidad de paso a través de las barras no deberá ser superior a 0.9 m/s para evitar el arrastre de basuras a través de las rejas. Los residuos se suelen descargar a una cinta transportadora o a un sistema de evacuación neumático para su transporte a una tolva de almacenamiento, compactador o incinerador.

En la Figura 9 se muestra el funcionamiento de una reja de limpieza automática.



Fuente. Elaboración Propia. SACMEX

Figura 9. Reja de limpieza automática



Tamices

Los tamices se caracterizan por disponer de aberturas libres inferiores a los 15 mm y normalmente se emplean en plantas de pequeño tamaño, en las que se eliminan del agua residual entrante los sólidos de menor tamaño, aunque también tiene aplicaciones dentro del tratamiento primario y del tratamiento secundario como se ha indicado en el Cuadro 2.4.

Los primeros tamices eran de tipo circular o de disco y se empleaban como medio para proporcionar un tratamiento primario, en lugar del actual tanque de sedimentación. Los tamices modernos son de tipo estático (fijos) o de tambor giratorio, provistos de una malla fina de acero inoxidable o de un material no férreo (Metcalf y Eddy, 1995)

Los tamices van a retener sólidos suspendidos afluentes que contienen o están compuestos por materia putrescible (incluida la materia fecal patógena) y cantidades sustanciales de grasas y espumas, por lo que el manejo de estos residuos requiere especial atención.

En la Figura 10. Se muestra el funcionamiento de un tamiz autolimpiable.



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 10. Tamiz autolimpiable

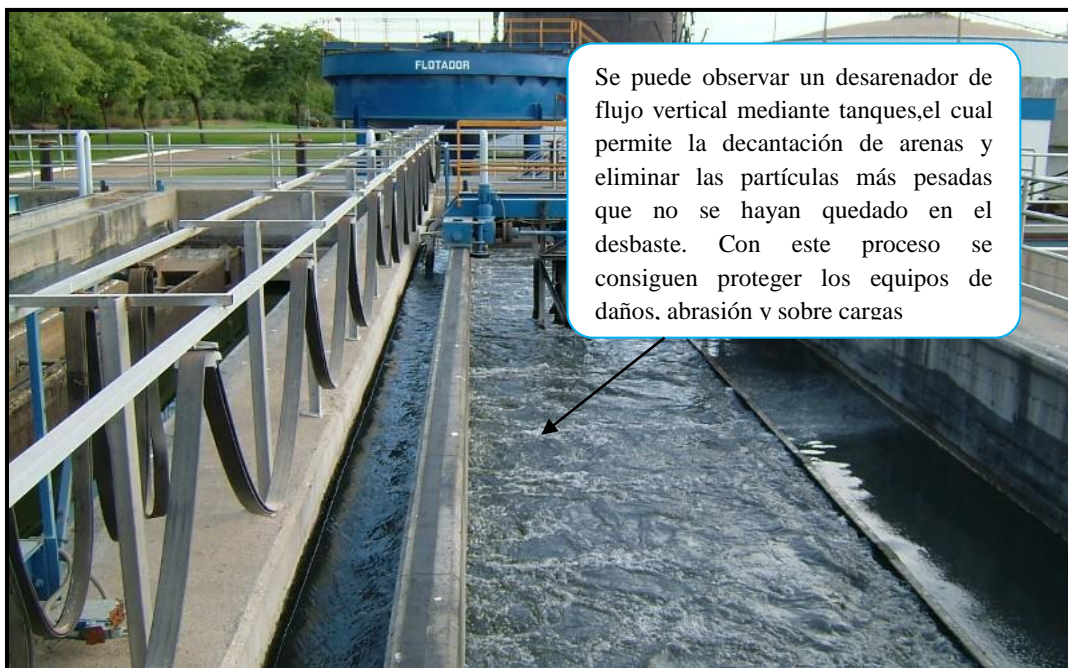
2.6.2. Desarenadores

Los desarenadores son estructuras hidráulicas para remover la arena del agua captada para un sistema de aprovechamiento. El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, como gravas y arenas, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente. En caso de que sea necesario un bombeo, desbaste y desarenado deben ir antes de éste. Pero hay veces que es conveniente situar el bombeo previo al desarenado aun a costa de un mayor mantenimiento de las bombas (Oms, 1989). Esto ocurre cuando los colectores de llegada están situados a mucha profundidad, cuando el nivel freático está alto.

Existen tres tipos de desarenadores fundamentales: desarenadores de flujo vertical y desarenadores de flujo inducido.

Desarenadores de Flujo Vertical

Los desarenadores de flujo vertical se diseñan mediante tanques que tienen una velocidad ascensional del agua tal que permite la decantación de las arenas pero no caen las partículas orgánicas. Suelen ser depósitos tronco-cilíndricos con alimentación tangencial, como el que se muestra en la Figura 11.



Fuente. prueba2.aguapedia.org

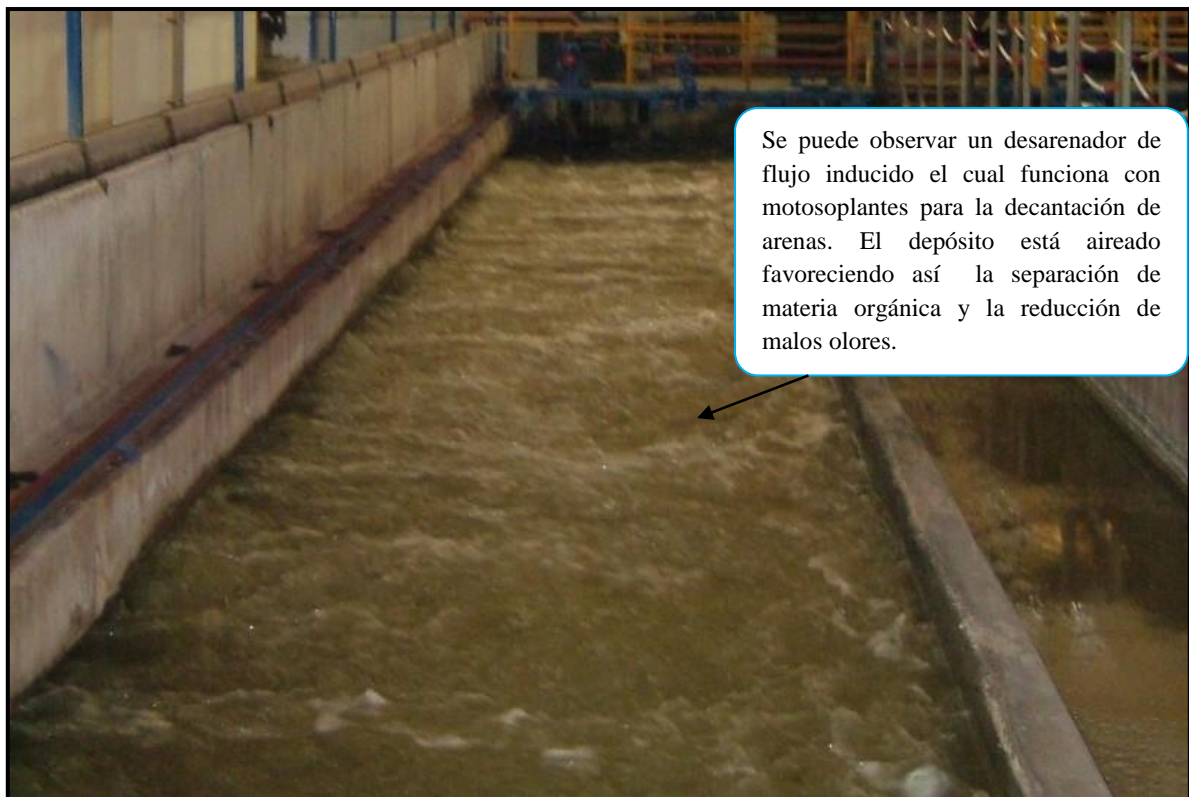
Figura 11. Desarenador de flujo vertical



Desarenadores de flujo inducido

Los desarenadores de flujo inducido son de tipo rectangulares aireados. En estos equipos se inyecta aire por medio de grupos motosoplantes creando una corriente en espiral de manera que permite la decantación de las arenas y genera una corriente de fondo. Además, el aire provoca la separación de las materias orgánicas. De esta forma, dado que el depósito está aireado y se favorece la separación de la materia orgánica, se reduce la producción de malos olores. (Oms, 1989). La separación de las arenas puede ser manual o por medio de hidrociclón, en plantas de pequeño tamaño.

Estos dos últimos lavan las arenas y vuelven a disminuir su contenido en materia orgánica, (Figura12)



Fuente. prueba2.aguapedia.org

Figura 12. Desarenador de flujo inducido

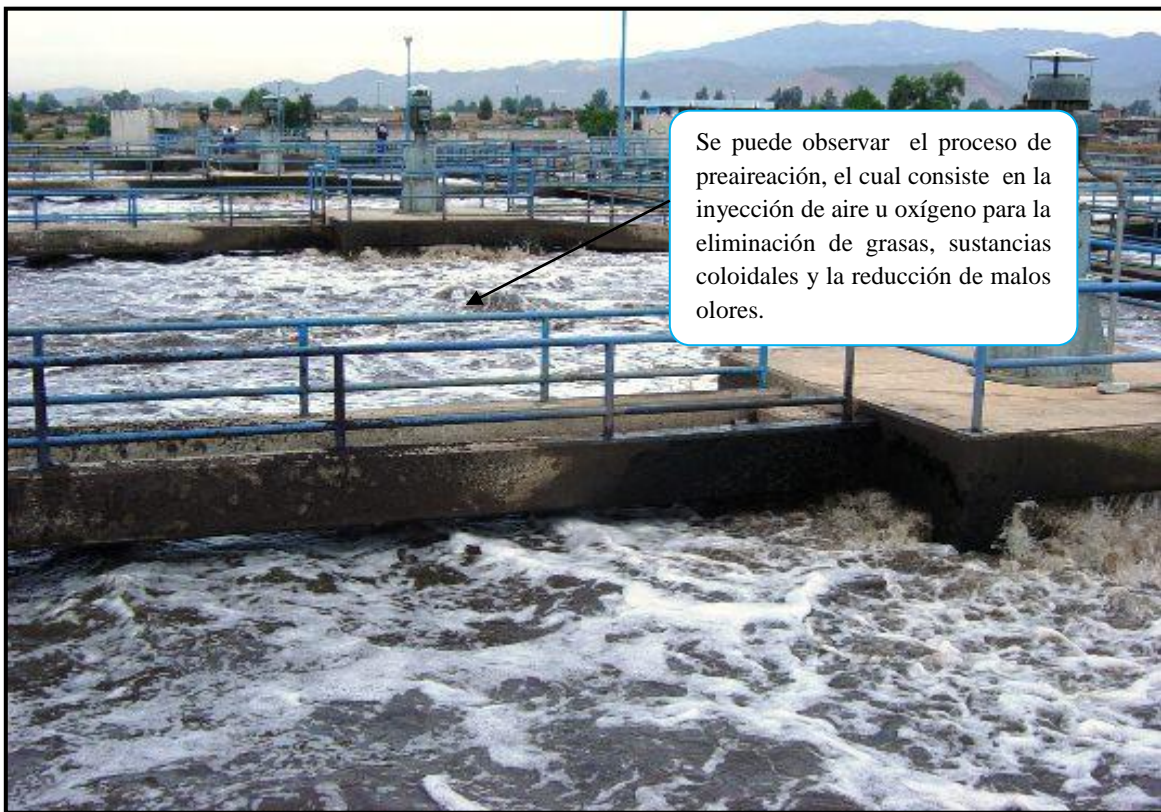
2.6.3. Preaireación

Es un término que se usa en el tratamiento de aguas servidas y que indica la inyección de aire u oxígeno en este fluido en la etapa preliminar o de pre-tratamiento.

Tiene como objetivo fundamental el reducir los malos olores que se generan en esta etapa producto de las condiciones anaerobias (es decir, libres de oxígeno) que se presentan en estas aguas al ingreso a la planta de tratamiento.

Estas condiciones anaerobias favorecen la multiplicación de bacterias que crecen en este medio y las que producen, como consecuencia de su metabolismo, gases que son muy malolientes (por lo general este producto corresponde a Sulfidrilos). Estas emanaciones malolientes pueden causar serios problemas con la comunidad circundante cuando son transportadas por los vientos. (Metcalf y Eddy, 1995)

En la Figura 13 se muestra el proceso de preaireación en una planta de tratamiento de agua residual.



Fuente Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX .

Figura 13. Proceso de preaireación



Sus objetivos son varios:

- Mejorar la tratabilidad del agua, en cuanto que esta llega séptica, contaminada, a la depuración.
- Control de olores.
- Mejorar la separación de las grasas.
- Favorecer la floculación de sólidos.
- Mantener el oxígeno en la decantación aún a bajos caudales.
- Incrementar la eliminación de DBO5.
- Evitar los depósitos en las cámaras húmedas.

La preaireación se utiliza en:

- Cabecera de instalación
- En los desarenadores, incrementando el tiempo de retención y la capacidad de aireación.
- En los canales de distribución a los decantadores primarios.

Los principales parámetros de diseño son:

- El tiempo de retención varía según el objetivo que se pretenda
- La disminución de los olores y la prevención de la septicidad implican un tiempo mínimo de 10-15 minutos.
- La floculación efectiva de los sólidos necesita, aparte de la adición de ciertos productos químicos, un tiempo de retención de 30 minutos.
- Para la reducción de DBO será de 45 minutos.
- Los caudales de aire necesarios para los distintos objetivos son difícilmente calculables, y se basan tanto en, la calidad del agua residual.

2.7. Tratamiento primario

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos (Rojas, 2002).

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

Entre los tipos de tratamiento primario, como el que se muestra en la Figura 14 se citan: remoción de sólidos, y sedimentación primaria.



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. San Luis Tlaxialtemalco SACMEX.

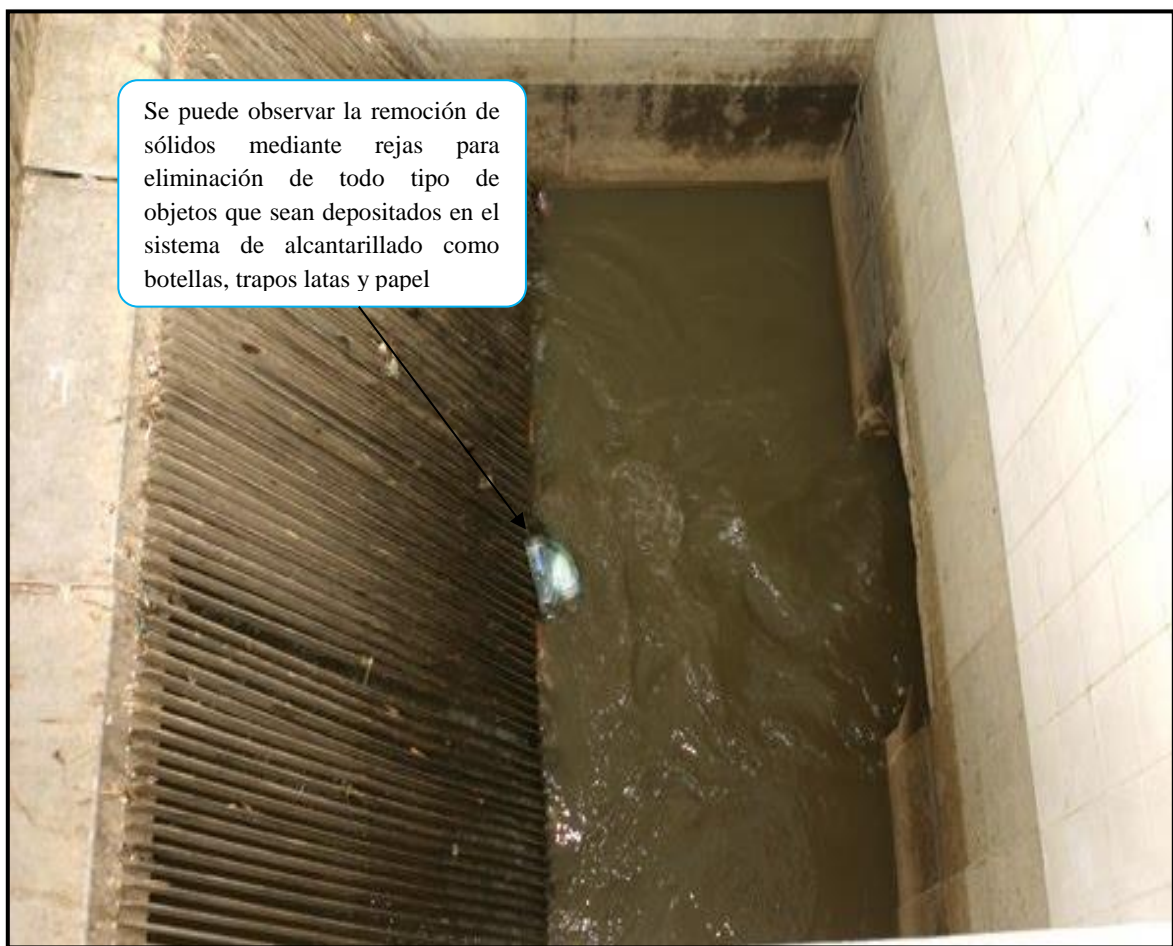
Figura 14. Tratamiento Primario



2.7.1. Remoción de sólidos

En el tratamiento mecánico o remoción de sólidos, el afluente es filtrado en cámaras de rejas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, botellas, bolsas, compresas, tapones, latas, frutas, papel higiénico (Rojas, 2002) como se muestra en la Figura 15.

Es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.



Fuente. Elaboración Propia SACMEX.

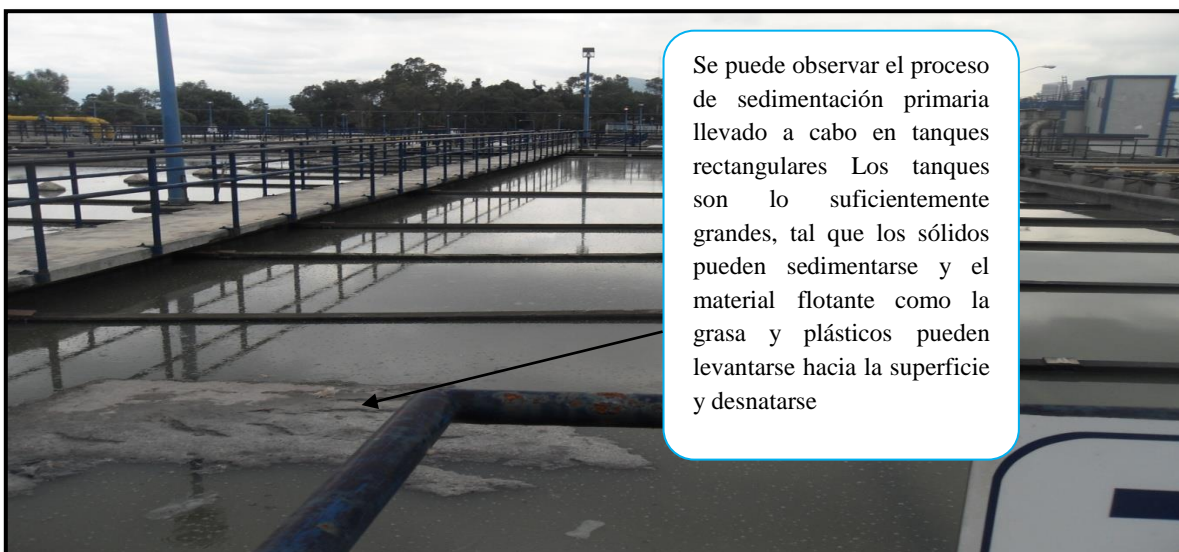
Figura 15. Remoción de sólidos

2.7.2. Sedimentación primaria

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos lodos que pueden ser tratados separadamente. Los tanques primarios se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente lodos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede conducirlos hacia otras etapas del tratamiento. (OMS ,1989)

Descripción de los tanques de sedimentación

La sedimentación primaria puede llevarse a cabo en tanques rectangulares alargados o en tanques circulares. En los tanques rectangulares, como el mostrado en la Figura 11 la espuma se retira utilizando unas rastras de lodo que, de manera alternada, después de recorrer el tanque por el fondo, regresan a su punto de partida recorriendo la superficie del agua, lo que se aprovecha, como se dijo, para remover la espuma. El material flotante se desplaza de esta manera hasta un sitio donde se colecta, ubicado a cierta distancia hacia atrás del vertedor del efluente, y allí es retirado al pasar sobre un vertedor de espuma o por medio de una rastra transversal. En la Figura 16 se muestra el proceso de sedimentación primaria (Metcalf y Eddy 1995).



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 16. Sedimentación primaria

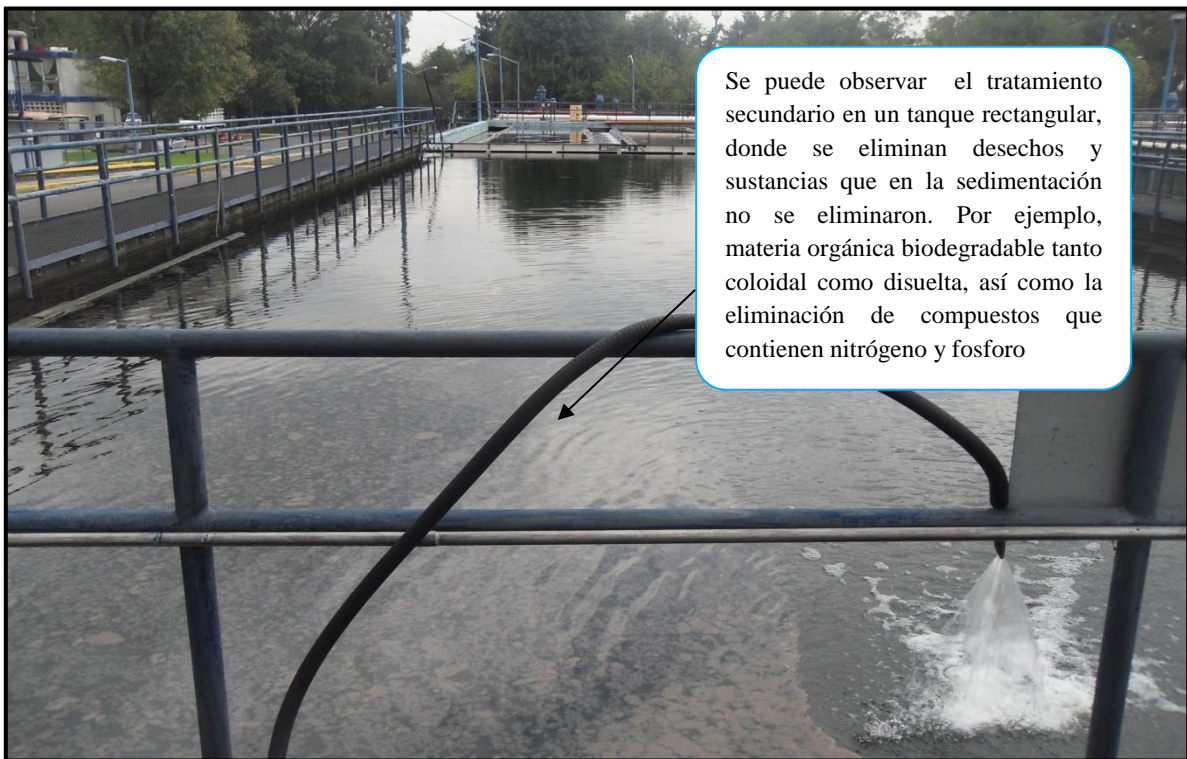


2.8. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Rojas, 2002).

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

Entre los tipos de tratamiento secundario como el que se muestra en la Figura 17 se citan: los procesos aerobios que se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, CO_2 y H_2O ; y los procesos anaerobios, que transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y CO_2 , (dióxido de carbono)



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

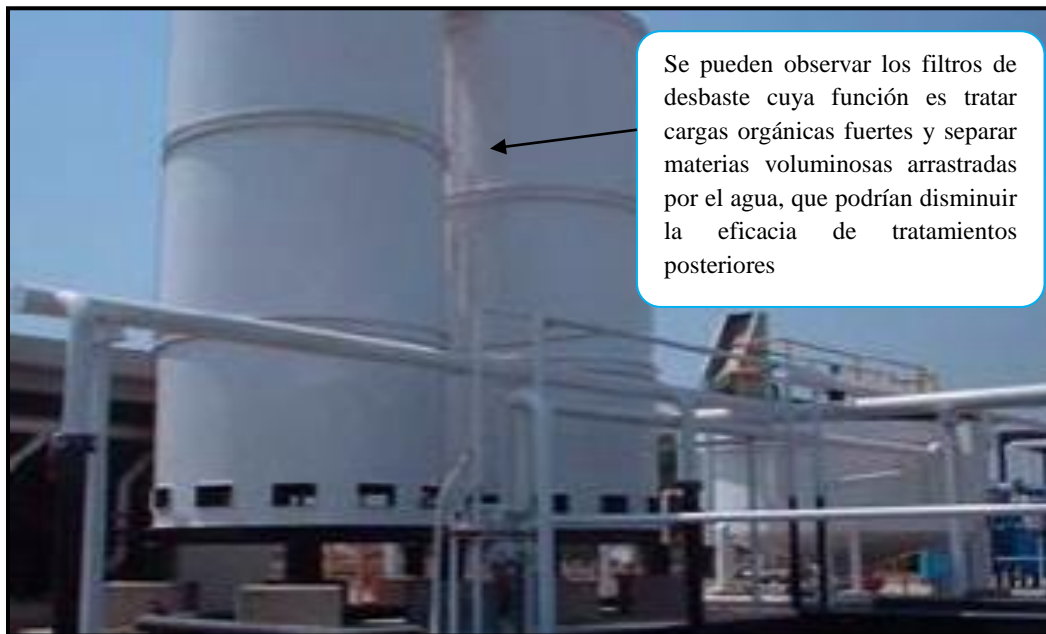
Figura 17. Tratamiento secundario

2.8.1. Filtros de desbaste

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario (Figura 18). Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento (Ramalho,1996).

Características de los filtros de desbaste

- Proteger a la estación depuradora de aguas residuales de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones distintas.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.
- Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en: desbaste fino, desbaste grueso, reja de gruesos, reja de finos.



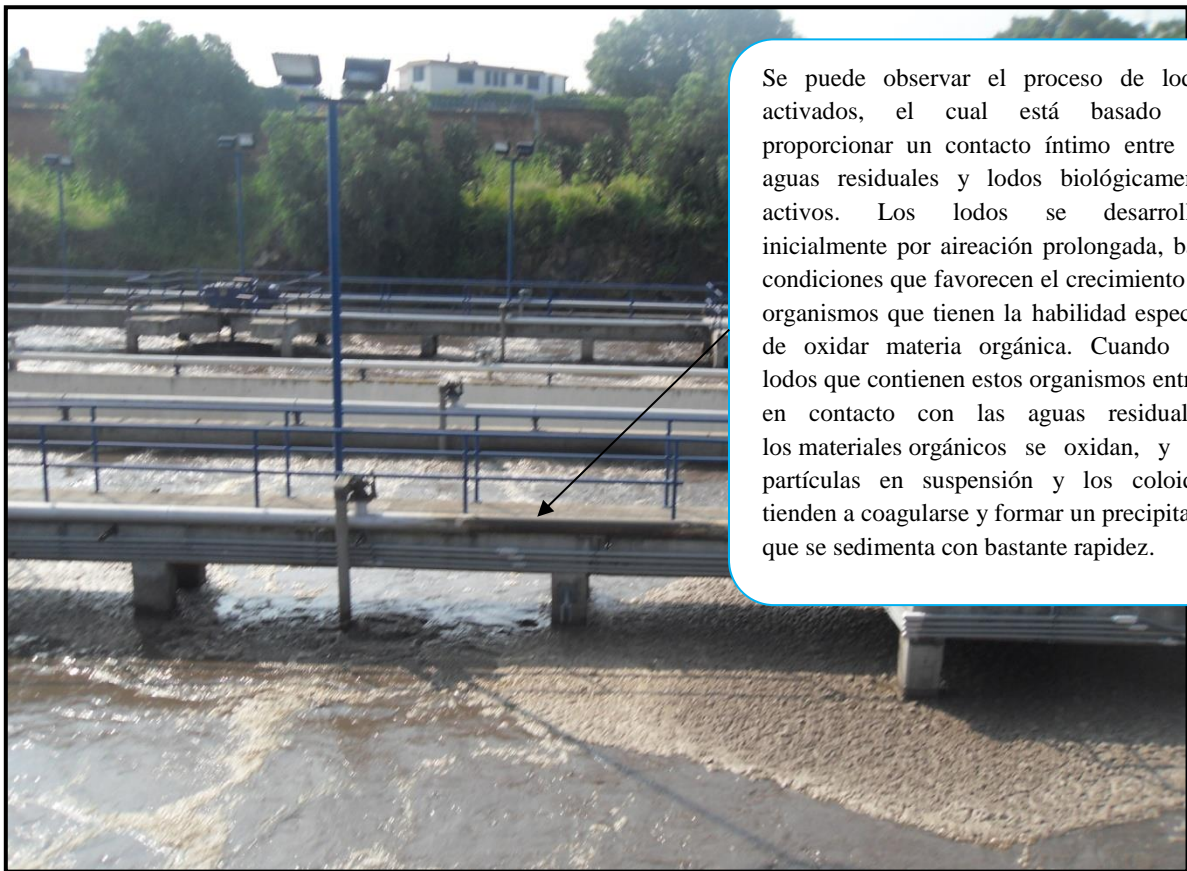
Fuente. SACMEX.

Figura 18. Filtros de desbaste

2.8.2. Lodos activados

El proceso de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales está basado en proporcionar un contacto íntimo entre las aguas residuales y lodos biológicamente activos. Los lodos se desarrollan inicialmente por aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la habilidad especial de oxidar materia orgánica. Cuando los lodos que contienen estos organismos entran en contacto con las aguas residuales, los materiales orgánicos se oxidan, y las partículas en suspensión y los coloides tienden a coagularse y formar un precipitado que se sedimenta con bastante rapidez (JARR,1999).

En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de alimento para su producción. En la Figura 19 se muestra el proceso de lodos activados.



Fuente. Elaboración Propia PTAR. San Luis Tlaxialtemalco .SACMEX.

Figura 19. Lodos activados



Elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activados:

Tanque de aireación. Estructura donde el desagüe y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados.

Tanque sedimentador. El desagüe mezclado procedente del tanque es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.

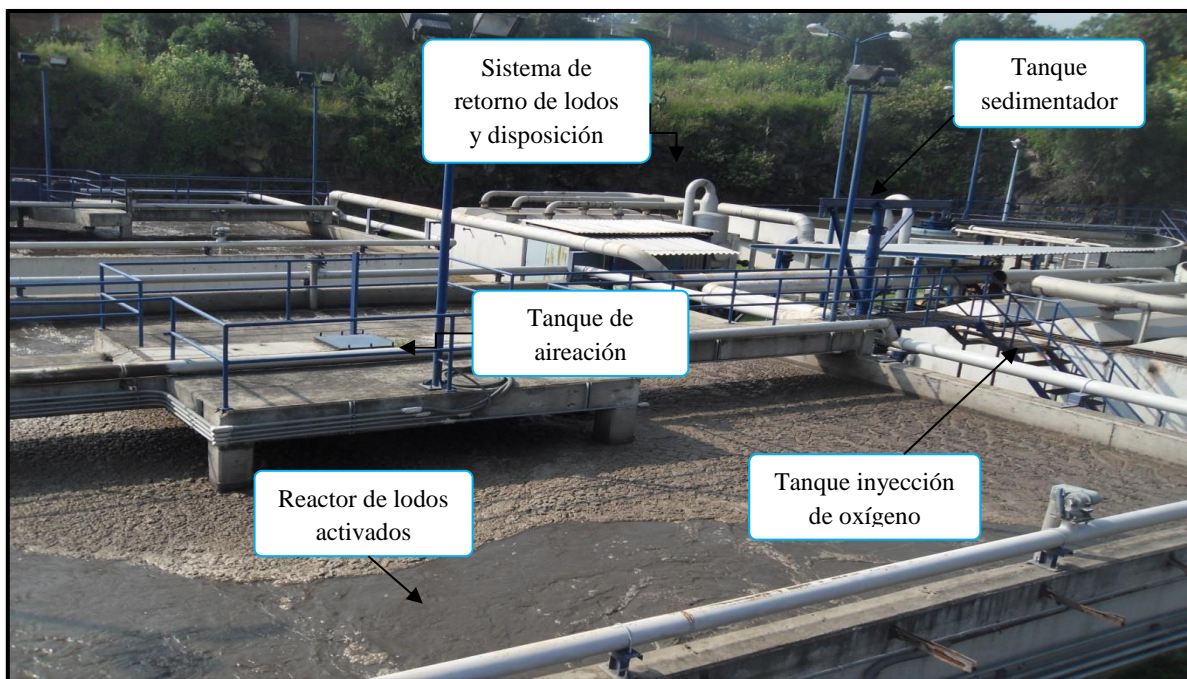
Equipo de inyección de oxígeno. Para activar las bacterias heterotróficas.

Sistema de retorno de lodos. El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aireación.

Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables son retornados al tanque de aireación.

Exceso de lodos y su disposición. El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación, es eliminado, tratado y dispuesto.

En la Figura 20 se muestran las instalaciones del proceso de lodos activados.



Fuente. PTAR. San Luis Tlaxialtemalco Xochimilco SACMEX.

Figura 20. Elementos básicos de lodos activados



Operación básica

Pretratamiento/ajuste de aguas residuales

En algunos casos las aguas residuales deben ser acondicionadas antes del proceso de lodos activados, esto se debe a que ciertas condiciones inhiben el proceso biológico, por ejemplo, (grandes cantidades de sólidos, y aguas residuales con valores anormales de pH).

Remoción de DBO en un tanque de aireación

Las aguas residuales crudas mezcladas con el lodo activado retornado del tanque de sedimentador final son aireadas hasta obtener 2mg/L de oxígeno disuelto o más, en donde una parte de materia orgánica contenida en los desagües es mineralizada y gasificada, y la otra parte, es asimilada como nuevas bacterias.

Operación sólido-líquido en el tanque de sedimentación

Los lodos activados deben ser separados del licor mezclado provenientes del tanque de aeración, proceso que se realiza en el tanque de sedimentación, concentrándolos por gravedad. La finalidad de este proceso es conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos y asegurar el lodo de retorno.

Descarga del exceso de lodos

Con la finalidad de mantener la concentración de los lodos activados en el licor mezclado alrededor de un determinado valor, una parte de los lodos son eliminados del sistema a lechos de secado o a espesadores seguidos de filtros mecánicos (filtros prensa, de cinta,) para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido.

2.8.3. Lagunas estabilización

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días) (JARR,1999).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realiza en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico.

Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales, que caracteriza la contaminación microbiológica.

Generalmente, cuando la carga orgánica aplicada a las lagunas es baja (<300 kg de DBO/ha/día), y la temperatura ambiente varía entre 15 y 30°C en el estrato superior de la



laguna suelen desarrollarse poblaciones de algas microscópicas (clorelas, euglenas) que, en presencia de la luz solar, producen grandes cantidades de oxígeno, haciendo que haya una alta concentración de oxígeno disuelto, que en muchos casos llega a valores de sobresaturación. La parte inferior de estas lagunas suele estar en condiciones anaerobias.

Estas lagunas con cargas orgánicas bajas reciben el nombre de facultativas. Conviene que las lagunas de estabilización trabajen bajo condiciones definidamente facultativas o definidamente anaerobias ya que el oxígeno es tóxico para las bacterias anaerobias que realizan el proceso de degradación de la materia orgánica; y la falta de oxígeno hace que desaparezcan las bacterias aerobias que realizan este proceso.

Por consiguiente, se recomienda diseñar las lagunas facultativas (a 20°C) para cargas orgánicas menores de 300 kg DBO/ha/día y las lagunas anaerobias para cargas orgánica mayores de 1000 kg de DBO/ha/día.

Cuando la carga orgánica aplicada se encuentra entre los dos límites antes mencionados se pueden presentar problemas con malos olores y la presencia de bacterias formadoras de sulfuros.

El objetivo primordial de estas lagunas es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual, y no la obtención de un efluente de alta calidad. En la Figura 21 se muestra una laguna anaerobia.

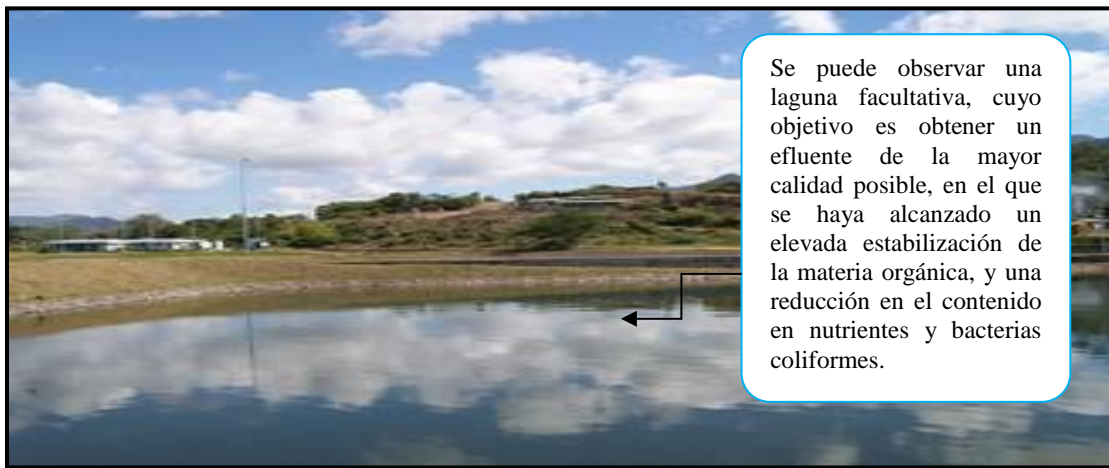


Fuente. plusformacion.com/Recursos/r/Diseño-Tratamiento

Figura 21. Laguna anaerobia

Laguna facultativa

Las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, situadas respectivamente en superficie y fondo. En la Figura 22 se muestra una laguna de este tipo. En estas lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismo, desde anaerobios estrictos en el lodo del fondo hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Sin embargo, los seres vivos más adaptados al medio serán los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típicas de estas lagunas a lo largo del día y del año. Además de las bacterias y protozoos, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto (JARR,1999).



Fuente. plusformacion.com/Recursos/r/Diseño-Tratamiento

Figura 22. *Laguna facultativa*

2.9. Tratamiento terciario o avanzado

Tiene el objetivo de remover contaminantes específicos, usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables o aún la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario (Rojas, 2002). En la Figura 23 se muestra una instalación de tratamiento avanzado.

Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- (a) Fosfatos y nitratos.
- (b) Huevos y quistes de parásitos.
- (c) Sustancias tenso activas.
- (d) Algas.

- (e) Bacterias y virus (desinfección).
- (g) Sólidos totales y disueltos.



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX.

Figura 23. Tratamiento terciario

Los procesos de tratamiento de esta categoría están conformados por procesos físicos, químicos y biológicos. Los procesos de tratamiento más comunes se indican en el Cuadro 2.6



Cuadro 2.6
Procesos de tratamiento

PROCESO	EFICIENCIA REMOCIONAL							
	SS	DBO	DQO	NH ₃	Norg	NO ₃	PO ₄	STD
Precipitación química	60-80	75-90	60-70	5-15	60-50		90-95	20
Precipitación química en lodo activado	80-95	90-95	85-90	30-40	30-40	30-40	30-40	10
Intercambio iónico		40-60	30-50	85-98	80-95	80-90	85-98	
Electroquímico	80-90	50-60	40-50	80-85	80-85		80-85	
Electrodialisis				30-50		30-50	30-50	40
Oxidación química		80-90	65-70	50-80				
Reducción						NO ₃ -NH ₃		
Asimilación bacteriana	80-5	75-95	60-80	30-40	30-40	30-40	10-20	
Desnitrificación						60-95		
Lagunas		50-75	40-60	50-90	50-90	50-90	50	
Nitrificación – desnitrificación						60-95		
Arrastre de amoníaco				85-98				
Filtración								
Múltiple	80-90	50-70	40-60		20-40			
Diatomea	95-99							
Microfiltro	50-80	40-70	30-60		20-40			
Destilación	99	98-99	95-98		90-98	99	99	95-99
Flotación	60-80				20-30			
Congelación	95-98	95-99	90-99		90-99	99	99	95-99
Separación fase gas				50-70				
Ampliación en suelo	95-98	90-98	80-90	60-80	80-95	5-15	60-90	
Ósmosis inversa	95-98	95-99	90-95	95-99	95-99	95-99	95-99	95-99

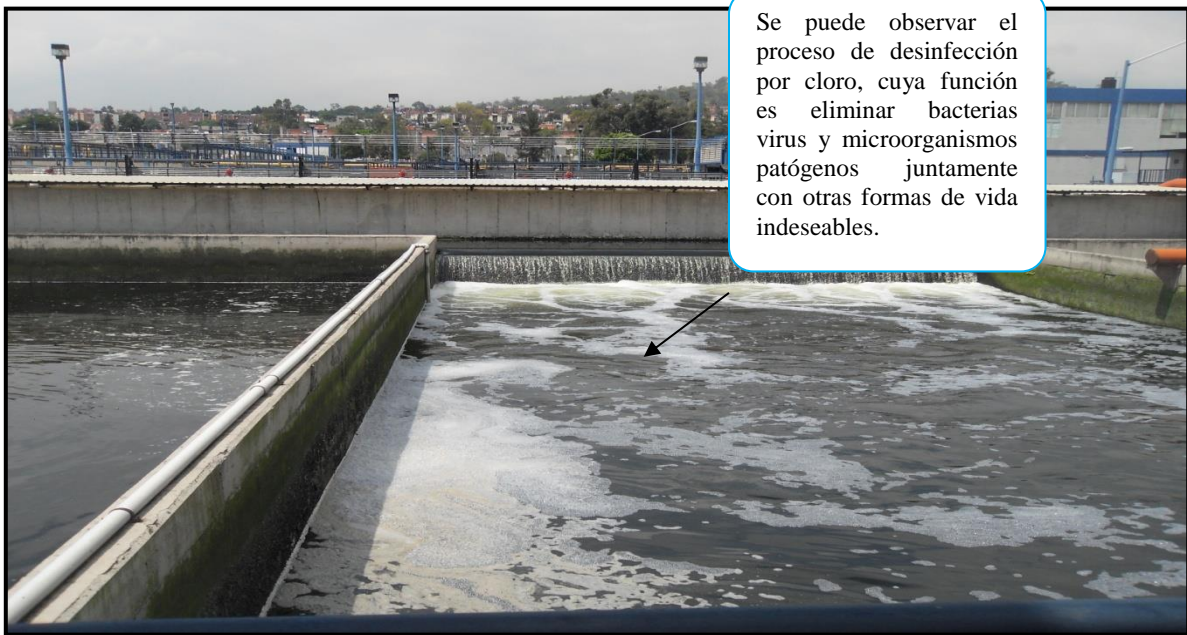
Fuente. Cepis/OMS (2002)

2.9.1. Desinfección

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se reintegrará al ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz (Ramalho,1996).

Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la cloración, o la luz UV.

Desinfección por cloración. La desinfección del agua residual se logra mediante la adición de hipoclorito de sodio al 5% (conocido comúnmente como cloro) al agua, el cual elimina la mayoría de bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. Los resultados permitirán hipotéticamente mejorar la calidad del efluente, permitiendo el uso de agua con otros fines (Figura 24).



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX.

Figura 24. Proceso de Desinfección por cloro



La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la cloración en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuente de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos no están blindados de la radiación UV; es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV.

En la Figura 25 se muestra el proceso de luz ultravioleta.



Fuente. stsglobal.es

Figura 25. Luz ultravioleta

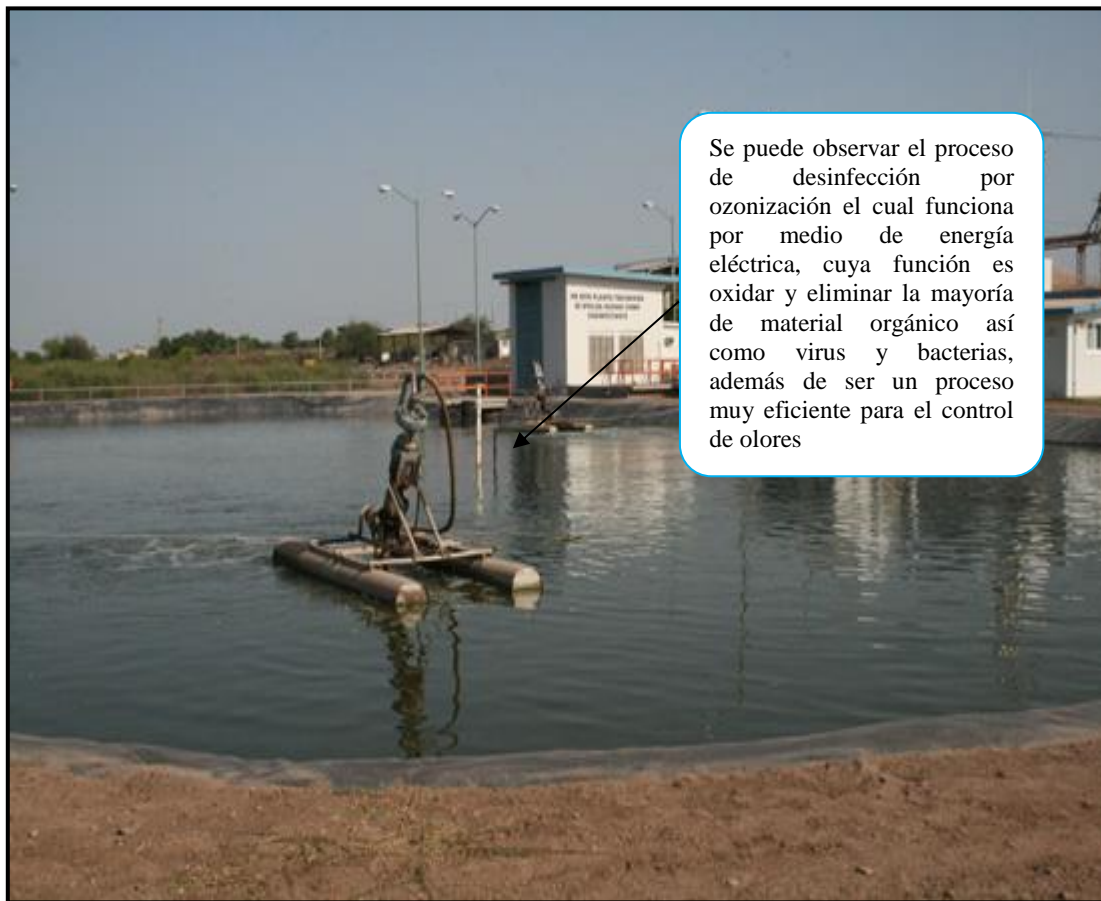
El ozono O_3 es generado pasando el O_2 del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O_3 . El ozono es muy inestable y



reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades.

La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección en comparación con la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono y que la calificación de los operadores debe ser elevada.

En la Figura 26 se muestra el proceso de ozonización.



Fuente. Agua.org.mx

Figura 26 Proceso de ozonización

2.9.3. Remoción de nutrientes

Las aguas residuales pueden también contener nutrientes (nitrógeno y fósforo) que causan eutroficación en los ecosistemas acuáticos. Las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los peces y a otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los



lagos o a los mares, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas severas perdiendo muchos peces sensibles a la contaminación en el agua (JARR, 1999).

Los dos mecanismos principales que intervienen en proceso de remoción de nutrientes son la nitrificación-desnitrificación.

Los microorganismos presentes en el agua residual tienden a asimilar el nitrógeno amoniacal y a incorporarlo a su masa celular. Con la muerte de las células una parte de este nitrógeno amoniacal retornará al agua residual. En el proceso de nitrificación-desnitrificación, la eliminación de nitrógeno se consigue en dos etapas de conversión. En la primera; la nitrificación, se reduce la demanda de oxígeno del amoniaco mediante su conversión a nitrato. No obstante, en este paso, el nitrógeno apenas ha cambiado de forma y no se ha eliminado. En el segundo paso; la desnitrificación, el nitrato se convierte en un producto gaseoso eliminado.

Con los procesos de nitrificación-desnitrificación tenemos amplias ventajas:

- Reduce la acumulación de lodos
- Degrada grasas y aceites
- Eliminación de malos olores

En la Figura 27 se muestra una sección rectangular, donde se aplica el proceso de remoción de nutrientes.



Fuente. Tiempoonline.com.mx

Figura 27. Proceso de remoción de nutrientes



CAPÍTULO 3

GENERACION DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el capítulo 3 se definen las causas que describen la generación de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales. Así mismo los compuestos que originan los olores asociados al agua residual, así como la caracterización y medición de los olores.

3.1. Causas generales

Sin duda alguna, las plantas de tratamiento de aguas residuales son herramientas tecnológicas muy importantes para coadyuvar en la preservación del medio ambiente, en el reúso del agua y control de enfermedades, particularmente las gastrointestinales, por lo que favorecer su construcción en todo el territorio nacional es altamente conveniente como parte de acciones de saneamiento básico en la población. (JMMS, SRM, ANR)

Sin embargo, uno de los principales problemas asociados con las plantas de tratamiento de aguas residuales y que en algunos casos ha sido determinante para clausurar o evitar su instalación, es la generación de malos olores. La fuente de malos olores en plantas de tratamiento está asociada con la generación y tratamiento de residuos sólidos como el lodo biológico o químico así como con el manejo del agua residual misma y con la degradación de la materia orgánica, como se muestra en la Figura 28. El manejo y control de olores en las plantas de tratamiento de aguas residuales ha adquirido gran importancia debido al crecimiento de la población, a la multiplicación de las plantas de tratamiento en el ámbito nacional y a su cercanía con residencias y centros de población.

Una de los compuestos que contribuye en gran medida a la generación de malos olores es el sulfuro de hidrógeno (H_2S) que es un producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, muy frecuentemente encontrado en drenajes y en plantas de tratamiento de aguas residuales y lodos de desecho.

Para el tratamiento de malos olores existen tecnologías de tipo fisicoquímico y biotecnológico. Sin embargo, es claro que si se sigue y favorece una política nacional para proteger el medio ambiente basada en principios de sustentabilidad, se verán favorecidos los procesos biotecnológicos sobre los fisicoquímicos debido a su bajo costo de operación, al bajo requerimiento de insumos (energía y reactivos), a la baja producción de desechos y a su alta eficacia de tratamiento.



Fuente. Elaboración Propia.PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura. 28. Lodos activados y degradación de materia orgánica

3.2. Generación de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales

Toda planta de tratamiento mal diseñada y/o mal operada, sea de tipo fisicoquímico o biológico, de tipo aerobio o anaerobio, es susceptible de generar malos olores. Sin embargo, debido al metabolismo de ciertas bacterias anaerobias (sulfato reductoras), el medio anaerobio es el más propenso a presentar malos olores, sobre todo cuando en el agua residual existen altas concentraciones de sulfatos y sulfuros. Como causas generales de la generación de olores en plantas de tratamiento se pueden enumerar las siguientes:

- Mal diseño de la planta de tratamiento como por ejemplo la especificación de un tamaño de planta no adecuado al caudal y carga orgánica manejada, turbulencias de las aguas en las estructuras de entrada, áreas descubiertas. (JMMS, SRM, ANR)



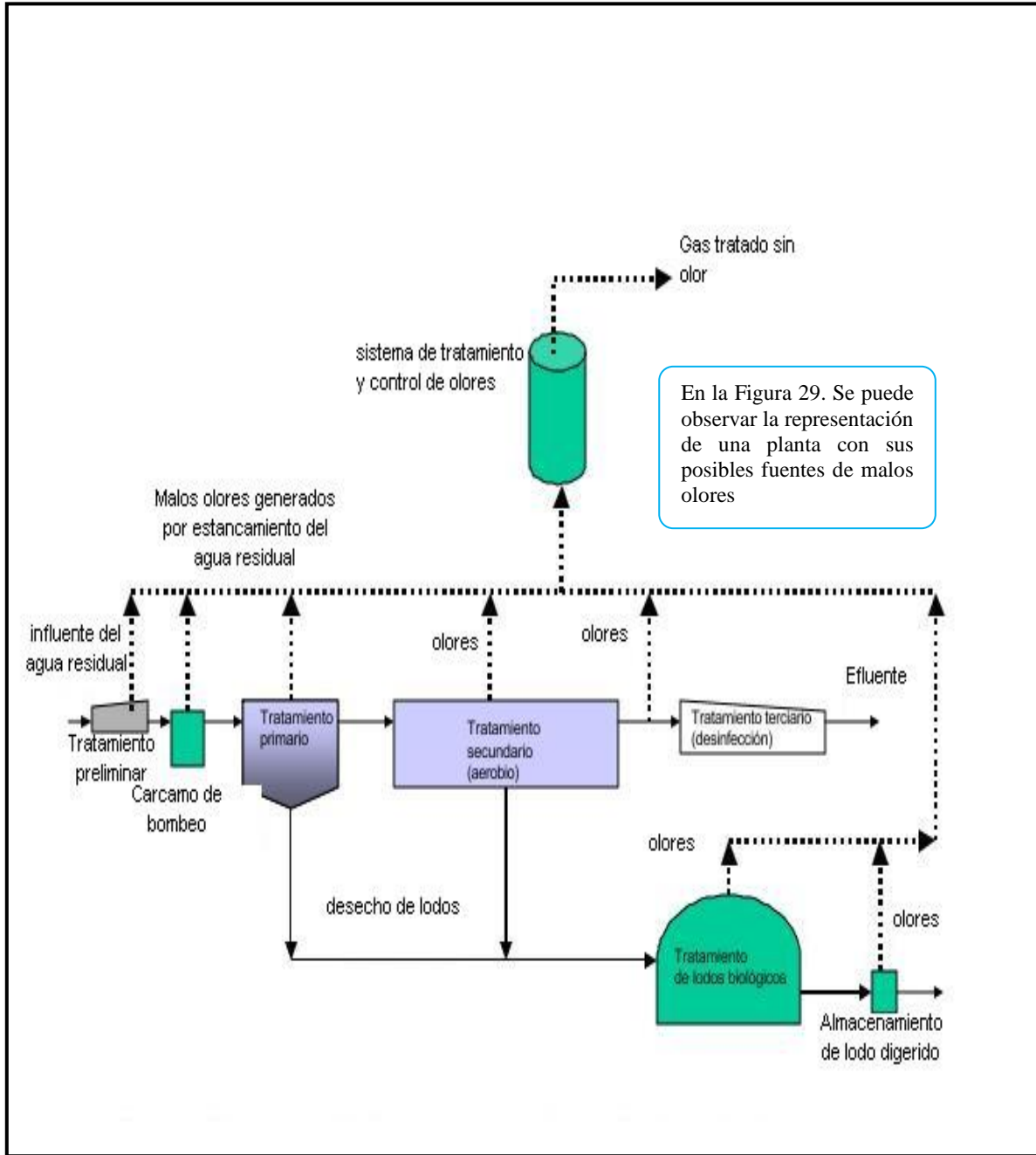
- Deficiencias en la operación de la planta de tratamiento como por ejemplo acumulación de materia orgánica fresca en el tratamiento preliminar de la planta, almacenamiento de lodos en forma inadecuada, acidificación de reactores en el caso de sistemas anaerobios,
- En el caso del efluente de una planta de tratamiento anaerobia, por sus condiciones de pH y posible turbulencia generada en el momento de ser descargado el efluente, es posible el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno (H_2S) disuelto en el agua tratada.

Aunque algunas causas de la generación de malos olores pueden ser evitadas en el diseño, otras por la naturaleza misma del tratamiento y del agua residual, son difícilmente controlables si no se considera un sistema de control de malos olores. El control de malos olores en una planta de tratamiento de aguas residuales hace viable su instalación prácticamente en cualquier lugar pues es esto, junto con el ruido y la contaminación visual en menor grado, uno de los problemas más importantes asociados con el rechazo de la población a estos sistemas de saneamiento básico. En la Figura 30 se muestra el diagrama de flujo de una planta de tratamiento de agua donde se señalan las posibles fuentes de mal olor y su tratamiento. (JMMS, SRM, ANR)

En el caso particular de las plantas de tratamiento anaerobias que tratan aguas residuales con compuestos de azufre oxidados como el tiosulfato, sulfito o sulfatos, tienden a reducirlos a sulfuro.

Estos tipos de aguas residuales son producidos por la industria petroquímica, la del procesamiento fotográfico, la del papel y la de los ingenios azucareros. Hay una gran necesidad de desarrollar tecnologías para remover el H_2S del agua tratada debido a su alta toxicidad, propiedades corrosivas, mal olor y demanda de oxígeno (Janssen et al.,1995)

En la Figura 29 se hace la representación de una planta de tratamiento con sus posibles fuentes de malos olores.



Fuente. Metcalf & eddy, inc. *Ingeniería de aguas residuales*

Figura 29. Representación de una planta de tratamiento con sus posibles fuentes de malos olores.



3.3. Olores generados

Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia. (JMMS, SRM, ANR). Principales tipos de olores:

Olor a moho: razonablemente soportable: típico de agua residual fresca.

Olor a huevo podrido: “insoportable”; típico del agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación de sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos.

Olores variados: de productos descompuestos, como en México es col, legumbres, pescado, de materia fecal, de productos rancios, de acuerdo con el predominio de productos sulfurados, nitrogenados ácidos orgánicos.

3.4. Compuestos que los originan

Los compuestos volátiles responsables de los malos olores en drenajes y plantas de tratamiento son resultado de la descomposición microbológica de la materia orgánica contenida en el agua residual, como se muestra en la Figura 30. Muchos de los compuestos responsables de los malos olores son perceptibles a muy bajas concentraciones, del orden de partes por billón. (JMMS, SRM, ANR)

Carlson y Leiser (1966) clasificaron los malos olores según las siguientes categorías:

- a) Gases inorgánicos que incluyen al sulfuro de hidrógeno (H_2S) y al amoníaco (NH_3).
- b) Los ácidos como el acético, láctico y butírico
- c) Los altamente tóxicos como el indol, eskatol, fenoles y mercaptanos
- d) Las aminas como la cadaverina y la putrescina.

Sin embargo, el H_2S es el constituyente más característico de los gases producidos en los sistemas anaerobios y uno de los principales compuestos responsables de la generación de malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales (Carlson y Leiser, 1966; Metcalf y Eddy, 1991; Cho et al., 1992; Allen y Phatak, 1993; Fdz-Polanco et al., 1996; Martínez y Zamorano, 1996).

Es por ello que gran cantidad de trabajos de investigación para el control de olores en el mundo se refieren al tratamiento de sulfuro de hidrógeno (H_2S). Otros compuestos importantes presentes en plantas de tratamiento y que contribuyen a la generación de malos olores son el sulfuro de carbonilo (COS), el disulfuro de carbono (CS_2), mercaptanos de bajo peso molecular (R-SH), tiofenos (C_4H_4S), sulfuro de dimetilo ($(CH_3)_2S$), disulfuro



de dimetilo ((CH₃)₂S₂) y disulfuro de trimetilo ((CH₃)₂S₃) (Williams y Miller, 1992; Allen y Phatak, 1993).

El H₂S posee un olor tal que generalmente enmascara el olor de los compuestos orgánico sulfurados (Bhatia, 1978). Las fuentes más importantes de H₂S en las plantas de tratamiento son el rompimiento de aminoácidos y de otros compuestos orgánicos sulfurados así como la reducción de sulfatos y sulfitos.



Fuente. Elaboración Propia. PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura. 30. Compuestos que originan malos olores

3.5. Efectos

Si se detectan bajas concentraciones, los olores no son perjudiciales para la salud pero afectan sobre el normal desarrollo de la vida humana, generando:

- a) Tensión psicológica,
- b) Reducción del apetito, inducción a un menor consumo de agua.
- c) Así como generar náuseas y vómitos.

Si se hallan en una concentración elevada (condiciones extremas), los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria,

interferir en las relaciones humanas y como consecuencia desanima a las inversiones de capital en la zona, hacen descender el nivel socioeconómico y el crecimiento. (UPC,EUETIB)

Como se muestra en la Figura 31, Laura Martínez asegura que el olor que emiten las plantas de tratamiento de aguas residuales es bastante desagradable para la vida humana y el ambiente.



Fuente. Comunidad D.f

Figura. 31. Olor Desagradable

3.6. Detección

Los compuestos que generan mal olor se detectan mediante el olfato, pero aún hoy en día se desconoce exactamente el mecanismo involucrado en dicha detección ya que todavía se desconoce el por qué compuestos de estructuras muy similares producen olores diferentes y compuestos de estructuras completamente diferentes pueden producir olores parecidos. Durante años se ha diseñado una tabla en donde se intentan clasificar los malos olores y los compuestos que intervienen en su generación, todos estos compuestos pueden estar presentes en las aguas residuales o generarse a partir de ellas, dependiendo de las condiciones. (UPC, EUETIB) .Actualmente se tiene una amplia aceptación a la premisa de que el olor de una molécula está relacionado con su estructura global y los contaminantes existentes en el agua residual como se muestra en el cuadro 3.1.



Cuadro 3.1

Contaminantes existentes en el agua residual

Contaminante	Fuente	Importancia Ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red	Causa depósito de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables
Microorganismos patógenos	Desechos domésticos	Causan enfermedades transmisibles
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutroficación
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor, pueden ser tóxicos o carcinogénicos
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente
Sólidos inorgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Pueden interferir con el reúso del efluente

Fuente. Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales (ICA)

3.7. Compuestos olorosos asociados al agua residual

En los cuadros 3.2 y 3.3 se citan los compuestos olorosos asociados al agua residual así como los umbrales de olor. Con base en el cuadro 2.3 los umbrales de olor se miden con la inspección en sitio tomando muestras de los compuestos olorosos en bolsas. se llevan a un laboratorio donde se evaluarán e identificarán los umbrales de olor con un olfatómetro de butanol. Este aparato permite crear una serie calibrada de diluciones mezclando el olor ambiental con el (aire libre) de olor (filtrado con carbón tratado químicamente) y medir cuantitativamente y a tiempo real la concentración de olor ambiental. (UPC, EUETIB)

Cuadro 3.2

Compuestos olorosos asociados al agua residual

Compuestos olorosos	Formula química	Calidad del olor
Aminas	$CH_3NH_2, (CH_3)_3H$	A pescado
Amoníaco	NH_3	Amoniacal
Diaminas		Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	Huevos podridos
Mercaptanos (por ejemplo metilo y etilo)	$CH_3SH, CH_3 (CH_2) SH$	Coles descompuestas
Mercaptanos (por ejemplo butilo y crotilo)	$(CH_3)_3CSH, CH_3 (CH_2)_3SH$	Mofeta
Sulfuros orgánicos	$(CH_3)_2S, (C_6H_5)_2S$	Coles podridas
Eskatol	C_9H_9N	Materia fecal

Fuente. (Modificado de Batlle et al, 1996).



Cuadro 3.3

Compuestos olorosos asociados al agua residual

Compuestos olorosos	Formula química	Umbral de olor.ppm V ¹	
		Detección	Identificación
Amoníaco	NH ₃	17	37
Cloro	Cl ₂	0.08	0.314
Sulfuro de dimetilo	(CH ₃) ₂ S	0.001	0.001
Sulfuro de difenilo	(C ₆ H ₅) ₂ S	0.0001	0.0021
Mercaptano de etilo	CH ₃ CH ₂ SH	0.0003	0.001
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	<0.00021	0.00047
Cíclicos fecales	C ₉ H ₈ NH	0.0006	-
Dimetalamina	CH ₂ NH	0.047	0.16
Mercaptano de metilo	CH ₃ SH	0.0005	0.0001
Eskatol	C ₉ H ₉ N	0.001	0.019

Fuente. upcommons.upc.edu

3.8. Caracterización y medición de los olores

La caracterización del mal olor se suele hacer mediante cuatro parámetros independientes como se muestra en el Cuadro 3.4. El carácter, la detectabilidad, la sensación y la intensidad. (UPC, EUETIB) Sin embargo, hoy día solo se tiene en cuenta el factor de detectabilidad en el desarrollo de las normas reguladoras de los malos olores.

Cuadro 3.4

Caracterización y medición de los olores

Factor	Descripción
Carácter	Se refiere a asociaciones mentales hechas por el sujeto al percibir el olor. La determinación suele ser muy subjetiva
Detectabilidad	Número de diluciones que requieren un olor a su concentración de olor umbral mínimo detectable
Sensación	La sensación de agrado o desagrado relativo del olor sentido por un sujeto
Intensidad	La fuerza en la percepción del olor; se suele medir con el olfatómetro de butanol o se calcula según el número de diluciones hasta el umbral de detección cuando la relación es conocida



CAPÍTULO 4

CONTROL DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el capítulo 4 se presenta la importancia del control de olores en plantas de tratamiento de agua residual. Así como los sistemas alternativos físico-químico, y biológicos, para el control de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales

4.1. Importancia del control de olores en plantas de tratamiento de agua residual.

Las emisiones de gases generadas en los procesos industriales son, hoy en día, una de las principales causas del deterioro ambiental además de ser generadoras de malos olores que afectan a la calidad del aire. Estas emisiones, en combinación con ciertas condiciones topográficas y meteorológicas que agravan su impacto, generan un efecto negativo muy importante sobre el medio ambiente y el bienestar de las localidades cercanas a los centros de emisión. Los contaminantes del aire que se encuentran presentes en estas emisiones, se clasifican de varias maneras. Dependiendo de su composición química, de acuerdo a su modo de generación o de acuerdo a su estado físico. (Organización Mundial de la Salud, 2002)

4.2. Sistemas alternativos para el control de olores

Son varios los sistemas existentes hoy en día para el tratamiento de los gases procedentes de los procesos de tratamiento de aguas residuales y en general, para todos los procesos industriales generadores de malos olores. (Organización Mundial de la Salud, 2002)

Los métodos se clasifican en dos grandes grupos: sistemas de control de olores basados en las propiedades físico-químicas de los gases en plantas de tratamiento de agua residual y en segundo lugar sistemas de tratamiento de tipo biológico. La mayoría de instalaciones construidas para el control de emisiones olorosas están basadas en tecnologías pertenecientes al primero de los grupos al haber sido las más desarrolladas.

Los sistemas de control presentan altos niveles de eficiencia en la eliminación de olores, pero no en la eliminación de las sustancias causantes de esos olores, ya que su funcionamiento se basa en la transferencia del contaminante de una fase a otra, generando una segunda corriente que igualmente ha de ser tratada.

Esta característica, junto con el alto costo de instalación y mantenimiento de los equipos, además del alto requerimiento energético de los mismos, hacen que las tecnologías perteneciente a los sistema de tratamiento convencionales sean tecnologías



con costos muy elevados. Frente a las técnicas convencionales surgieron las técnicas de tipo biológico que se presentan, hoy en día, como una alternativa muy fiable. El principio en el que se basan estas técnicas es en el empleo de microorganismos de tipo aerobio para la degradación de las sustancias responsables de los malos olores. Frente a los métodos convencionales, las técnicas biológicas no sólo hacen que desaparezcan los olores, sino, que degradan las sustancias que los provocan.

4.3. Sistemas de control físico-químico

Para el control y tratamiento de emisiones contaminantes y malolientes de origen industrial existen distintas alternativas posibles. Hasta ahora, los procedimientos más habituales se basaban en las propiedades físico químicas del contaminante emitido.

Dentro de este grupo se encuentran distintos métodos de tratamiento como son absorción , adsorción, la oxidación térmica y catalítica, filtración, centrifugación.

Existen en la actualidad diversas instalaciones industriales, que aunque tienen como finalidad la mejora de la calidad medioambiental, durante su funcionamiento provocan una serie de molestias a las poblaciones de su entorno. Estas industrias son de distintos tipos: estaciones depuradoras de aguas residuales, plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos, etc; siendo las emisiones causantes de malos olores el mayor perjuicio causado. Ante esta situación, se hace cada vez más necesario el control y tratamiento de dichas emisiones mediante la adopción de medidas minimizadoras de las mismas y métodos de tratamiento.

4.3.1. Absorción

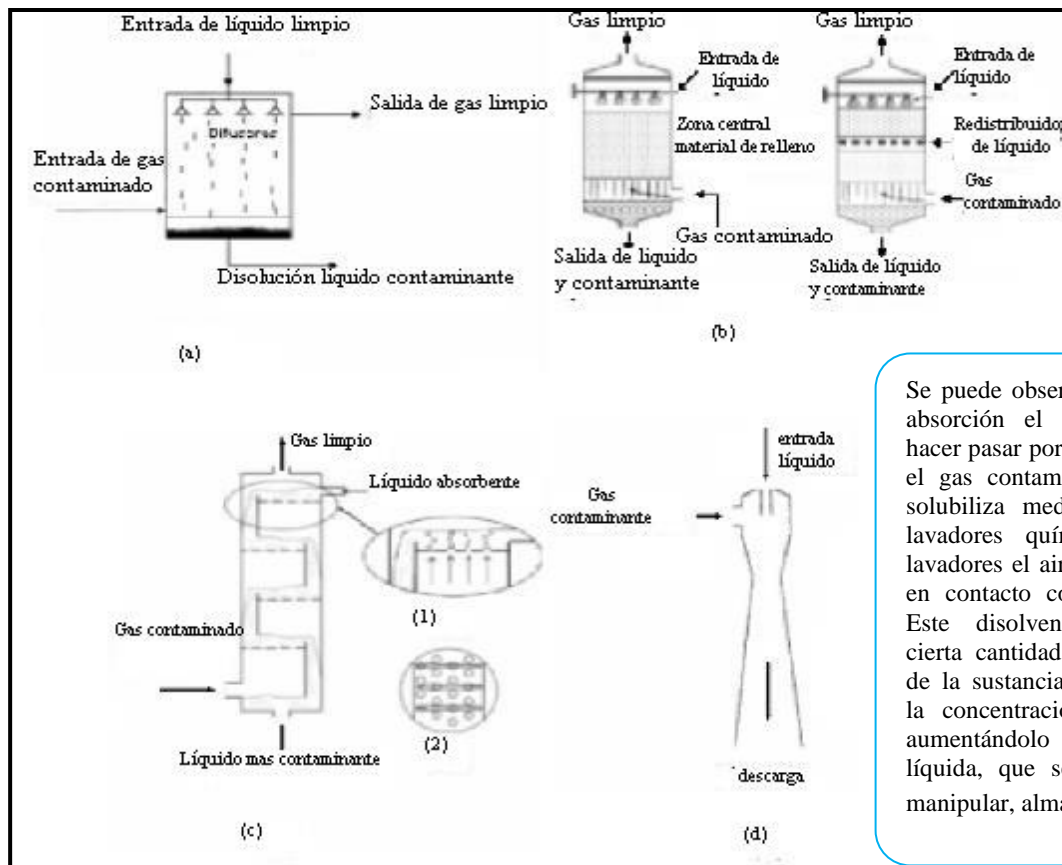
La absorción es un proceso de transferencia de materia en el que el gas contaminante pasa al interior de un líquido en el cual se solubiliza, mediante el empleo de lavadores químicos. En estos lavadores el aire a tratar se pone en contacto con un disolvente. Este disolvente absorbe una cierta cantidad de contaminante de la sustancia olorosa, bajando la concentración en el aire y aumentándolo en la fase líquida, que será más fácil de manipular, almacenar y tratar. Estos sistemas están diseñados para operar en un amplio rango de eficiencias de remoción entre 70 y 99 %. El factor más importante que afecta la eficiencia de remoción es la solubilidad del contaminante en el líquido, seguido por la temperatura y el pH. (Cárdenas et al. 2003.)

La absorción sólo será aplicable en aquellos contaminantes altamente solubles en agua, de hecho, su utilización en plantas de compostaje está ampliamente extendida. Sin embargo, implica varios inconvenientes para las plantas de compostaje de lodos:

- Su efectividad se limita a compuestos altamente solubles en agua, y la mayoría de los compuestos orgánicos volátiles (C.O.V. s) no lo son, lo que hace que nunca pueda ser considerado como un tratamiento único.
- El contaminante no es eliminado, sino transferido a otra fase, que posteriormente tendrá que ser tratada. (Moreno et al, 2.008). Existe la posibilidad de emisión de compuestos clorados y partículas por la chimenea, que provoquen igualmente perjuicio al aire ambiente además de olores.
- Los disolventes químicos, la energía, el mantenimiento y el agua empleada encarecen en gran medida el proceso. Una vez utilizados, los disolventes deben ser desechados de manera correcta. (E.P.A. 2000).

A continuación se hace la descripción del proceso de absorción y los equipos utilizados como se muestra en la Figura 32.

Descripción del proceso de absorción



Se puede observar el proceso de absorción el cual consiste en hacer pasar por un tanque difusor el gas contaminante el cual se solubiliza mediante empleo de lavadores químicos. En estos lavadores el aire a tratar se pone en contacto con un disolvente. Este disolvente absorbe una cierta cantidad de contaminante de la sustancia olorosa, bajando la concentración en el aire y aumentándolo en la fase líquida, que será más fácil de manipular, almacenar y tratar.

Fuente. (Tècniques de Tractament y Depuració d'Emissions. UAB. Citado por Fernández, 2007).

Figura 32. Descripción del proceso de absorción.



(a) Torre de difusores. El disolvente es introducido como micro gotas por la parte superior mediante el empleo de difusores, lo que aumenta el área de absorción del gas contaminante.

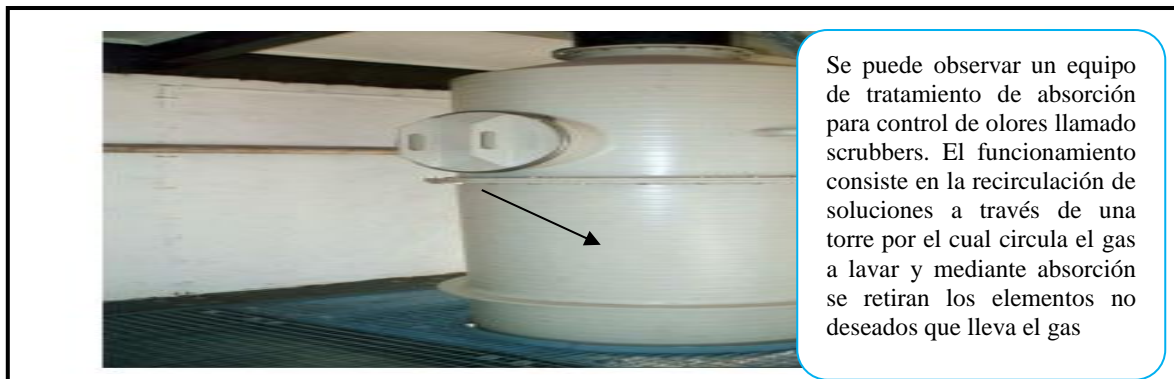
(b) Torres de relleno. Similares a las torres de difusores. La diferencia reside en que en que las torres de relleno poseen en su interior material de relleno que aumenta el tiempo de contacto gas-líquido consiguiendo un mayor grado de absorción.

(c) Torre de platos. El líquido absorbente desciende pasando por unos platos perforados (1), (2) en forma de zigzag. El gas a tratar asciende por la torre atravesando los orificios que provocan que el gas adquiera forma de burbuja optimizando así su absorción por parte del disolvente.

(d) Lavador de Venturi. Gas y líquido entran perpendicularmente desde un extremo del tubo.

Equipos de tratamiento de gases por absorción

En general, los equipos para el tratamiento de olores por absorción se denominan scrubbers, como se muestra en la Figura 33. Si bien ésta denominación hace referencia actualmente a las torre de relleno, es la instalación más ampliamente utilizada. El principio de funcionamiento consiste en la recirculación de soluciones a través de una torre generalmente empacada por la que en contracorriente circula el gas a lavar y mediante absorción o reacción se retiran los elementos no deseados que lleva el gas. Son equipos que remueven partículas o gases por impacto o intercepción con un líquido lavador, remueve partículas entre 0.2 y 10 micras.



Fuente. (www.sta-at.com)

Figura 33. Ejemplo de scrubber



4.3.2. Adsorción

La adsorción es el proceso de depuración de gases en el que un sólido llamado adsorbente retiene cierto número de moléculas de un fluido (adsorbato) en su superficie. Se distinguen, a su vez, dos tipos de procesos de adsorción: la adsorción física y la química.

La primera de ellas es debida a las Fuerzas de Van der Waals que se establecen entre las moléculas del gas contaminante y la superficie del sólido. Este tipo de unión es débil lo que permite que el sólido empleado como filtro sea fácilmente regenerado para volver a ser utilizado. (Moreno, 2008)

La adsorción química tiene lugar al interactuar las moléculas del gas contaminante con las moléculas del sólido. El tipo de unión que se establece es de gran intensidad, impidiendo que el sólido empleado pueda ser reutilizado.

El hecho de que la adsorción sea de tipo físico o químico adquiere gran importancia al ser un factor a tener en cuenta la posibilidad de poder recuperar el sólido, ya que de no poder hacerse, el proceso se encarece en gran medida.

El carbón activo es uno de los materiales adsorbentes más utilizados al poseer una estructura altamente porosa, ser moderadamente fácil recuperarlo y alcanzar eficiencias de entre un 95 y 98 %. Este tipo de filtro es el más simple y barato pudiéndose instalar desde equipos de pequeño tamaño hasta instalaciones para el tratamiento de grandes caudales.

Descripción de la adsorción

Las moléculas en fase de gas o de líquido serán unidas físicamente a una superficie, en este caso la superficie es de carbón activo. El proceso de la adsorción ocurre en tres pasos:

- Macro transporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de macroporos del carbón activo (macro-poros $> 50\text{nm}$)
- Micro transporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de microporos del carbón activo (microporo $< 2\text{nm}$; meso-poro $2-50\text{nm}$)
- Adsorción: Adhesión física del material orgánico a la superficie del carbón activo en los meso-poros y micro-poros del carbón activo

El nivel de actividad de la adsorción depende de la concentración de la sustancia en el agua, la temperatura y la polaridad de la sustancia. Una sustancia polar (= soluble en agua) no puede ser eliminada o es malamente eliminada por el carbón activo, una sustancia no polar puede ser totalmente eliminada por el carbón activo.

Factores que influyen en la adsorción de compuestos presentes en el agua:

- El tipo de compuesto que desee ser eliminado. Los compuestos con elevado peso molecular y baja solubilidad se adsorben más fácilmente.
- La concentración del compuesto que desea ser eliminado. Cuanta más alta sea la concentración, más carbón se necesitará.
- Presencia de otros compuestos orgánicos que competirán con otros compuestos por los lugares de adsorción disponibles.
- El pH del agua. Por ejemplo, los compuestos ácidos se eliminan más fácilmente a pH bajos.

Descripción del proceso

El agua es bombeada dentro de una columna que contiene el carbón activo, esta agua deja la columna a través de un sistema de drenaje La actividad del carbón activo de la columna depende de la temperatura y de la naturaleza de las sustancias. El agua pasa a través de la columna constantemente, con lo que produce una acumulación de sustancias en el filtro, como se muestra en la Figura 34.



Se puede observar el proceso de adsorción. Su funcionamiento consiste en un tanque con carbón activo por donde se hace pasar gas contaminado y agua, la cual pasa a través de la columna constantemente, con lo que produce una acumulación de sustancias en el filtro el cual será un adsorbente muy eficiente para el control de olores en un 95-98%

Fuente. Enquiol

Figura 34. Proceso de adsorción



4.3.3. Incineración

El proceso de incineración es un método físico, el cual permite eliminar los gases mal olientes por incineración a temperaturas variables entre 650 y 760 ° C, la temperatura puede reducirse utilizando catalizadores (Metcalf Eddy ,1995)

Existe una combustión de los gases olorosos, los cuales pueden ser combustibles dependiendo de la concentración en compuestos que sí lo sean y que posean un poder calorífico suficiente. Cuando los gases no tienen el suficiente poder calorífico para mantener la combustión se debe emplear un combustible adicional y aire.

Tipos de incineración

Térmica: se realiza a temperaturas entre 800 y 900°C con cámara de combustión y postcombustión y tiempos de residencia de 1-2 segundos. Su aplicación en control de olores es limitada por su alto costo energético.

Catalítica: tiene lugar a temperaturas que oscilan entre 200 y 400°C y consiste en un reactor de acero con dos o más lechos de relleno adsorbente y cada uno dispone de un catalizador.

Ventajas de la incineración

Bajo costo inicial.

Posibilidad de recuperación de energía para otros fines.

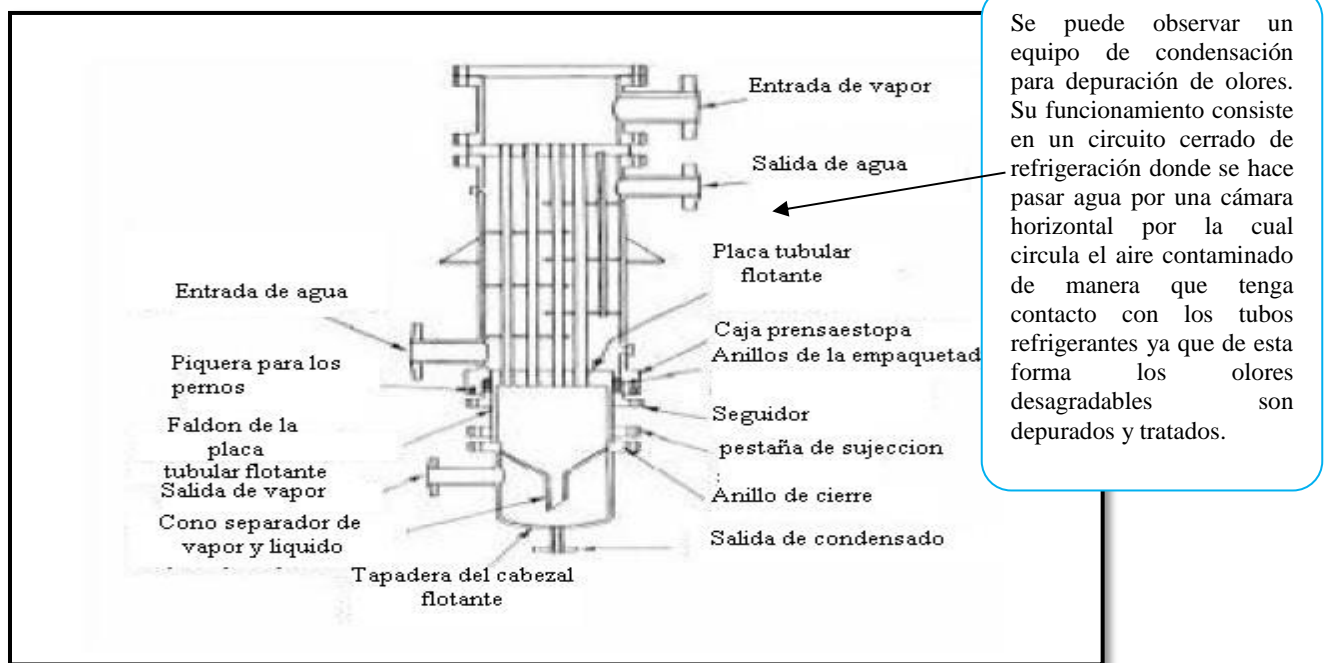
Los residuos sólidos que resultan de los procesos de tratamiento de aguas residuales son sobre todo orgánicos y combustibles. Los materiales no combustibles presentes, tales como metales y vidrios, pueden ser recuperados y reciclados.

Es típica la incineración de los subproductos finales inorgánicos para ser usados como fuente de energía en la producción de vapor. Los sólidos orgánicos también reciclados a través de un secado térmico para ser utilizados como fertilizantes.

4.3.4. Condensación

Proceso en el cual las sustancias que provocan olores desagradables o son consideradas contaminantes, son extraídas de la corriente gaseosa mediante el cambio de fase desde el estado gaseoso a líquido. Esto se logra incrementando la presión del gas o reduciendo su temperatura, (en algunos casos la combinación de ambos).

En general, se recurre al descenso de la temperatura del gas a tratar ya que el incremento de la presión convierte a la condensación en un proceso de descontaminación de gases poco económico. Al enfriar una corriente de aire que contenga gases contaminantes, los gases con un punto de condensación bajo se condensarán antes y podrán separarse del resto. Este método se suele aplicar utilizando agua como refrigerante. Normalmente se establece un circuito cerrado de refrigeración en tubos en un largo recorrido dentro de una cámara horizontal, por la que de forma independiente, se hace circular la corriente de aire contaminado, de manera que tenga el contacto más íntimo posible con los tubos refrigerantes. De esta forma, el aire contaminado que al entrar por la parte de arriba de un extremo de la cámara está a una temperatura, sale por la parte superior del otro extremo depurado, habiéndose condensado a lo largo del trayecto, por enfriamiento, los gases que se haya previsto separar, se extraen en forma líquida por la parte inferior de la instalación. (Seoáñez, 2002). La eficacia que puede llegar a alcanzar un condensador para el tratamiento de gases es como mucho de un 90%. Se muestra en la Figura 35 un equipo de condensación para depuración de gases. El líquido refrigerante circula a través de las tuberías interiores en la superficie de las cuales condensa el contaminante que es extraído del condensador por la parte inferior.



Fuente. Tècniques de Tractament Depuración de emisiones.UAB. Citado por Fernández, 2007).

Figura 35. Equipo de condensación para depuración de gases.



4.3.5. Torres de lavado de gases húmedo

Los gases mal olientes pueden hacerse pasar a través de torres de lavado especialmente diseñados para eliminar olores es un método clásico de tratamiento de olores y, en general, de emisiones químicas. Se fundamenta en la reacción química de un reactivo disuelto en el agua de lavado con las moléculas malolientes. (Metcalf Eddy ,1995)

Las torres básicamente contienen una gran superficie de contacto y éstas están diseñadas básicamente para absorción de gases. Con esta configuración el gas que debe ser lavado entra por la parte inferior de la torre y sale por la parte superior. La solución limpiadora es atomizada sobre la superficie de contacto y drenada por gravedad para luego ser recirculada. La superficie de contacto típicamente es una superficie plástica de especial diseño, lo cual genera una extraordinaria superficie de contacto y propicia una mezcla más íntima entre el gas y la solución limpiadora. Entre más alta la profundidad de la superficie de contacto, más largo es el tiempo de contacto entre el gas y el líquido, lo cual eleva los porcentajes de eficiencia

Se muestra en la Figura 36 un equipo de torre de lavado de gases.



Se puede observar un equipo de torre de lavado de gases. El cual tiene la función de lavar y absorber los gases malolientes.

Fuente. Interazono

Figura 36. Equipo de torre de lavado de gases.



4.3.6. Oxidación química

La oxidación de los compuestos del olor presentes en el agua residual es uno de los métodos más comúnmente utilizados para llevar a cabo el control de olores

El proceso de oxidación química involucra la transferencia de electrones de un donador hacia un oxidante químico. La reducción de olor por oxidación química implica la remoción selectiva de electrones desde el compuesto causante del olor, por el agente oxidante y al hacerlo convierte al compuesto causante del olor a su forma no detectable. Los agentes oxidantes son químicos con energía latente, la cual solo es reducida a niveles más bajos cuando adquieren uno a más electrones. (Metcalf Eddy ,1995)

La oxidación química ocupa un lugar especial en la reducción de olores. En un ambiente donde la producción de olor es en forma continua, el costo puede limitar el uso de un agente oxidante, para tales casos se puede optar por métodos biológicos, térmicos o físicos, si alguno de estos métodos es efectivo, la oxidación química puede ser usada como “pulidor”. La oxidación química es la más adecuada para tratar volúmenes moderados de aguas residuales y/o contaminantes presentes en moderadas a altas concentraciones, aguas residuales con olores nocivos, tóxicos, compuestos que pasan sin cambios por tratamientos primarios

El cloro, el oxígeno, el ozono y el peróxido de hidrógeno se cuentan entre la mayoría de oxidantes que se han utilizado en las aguas residuales para el control de olores.

Solo dos agentes oxidantes los podemos encontrar en la naturaleza: Oxígeno y Ozono. Su energía latente, es inducida cuando son producidos a través de la influencia de la energía del sol. El oxígeno es el producto de la fotosíntesis y el ozono resulta de la reacción del oxígeno con los rayos ultravioleta de la luz solar.

El peróxido de hidrógeno es el producto de un proceso cíclico que involucra la reacción de un compuesto orgánico aromático con la energía contenida en el oxígeno. El permanganato de potasio es producido por la oxidación electromecánica de aleaciones de manganeso.

El cloro es producido mediante un proceso de electrólisis con altas concentraciones de sal disuelta y el hipoclorito de sodio resulta de la reacción de cloro con sosa cáustica.



4.3.7. Oxidación con ozono en vía húmeda

Es una técnica poco aplicada en nuestro país debido al desconocimiento de la aplicación del ozono en el tratamiento de los gases del aire y su alto costo de inversión.

La obtención del ozono se realiza mediante una descarga eléctrica a alto voltaje en presencia de aire seco u oxígeno, siendo la forma más activa del oxígeno.

Método de funcionamiento de la oxidación con ozono en vía húmeda

El principio de funcionamiento del tratamiento de oxidación con ozono en vía húmeda es el lavado de los gases mediante un elevado caudal de agua en recirculación que retiene los contaminantes, principalmente restos parcialmente quemados que provocan opacidad y olores (MPC,2005)

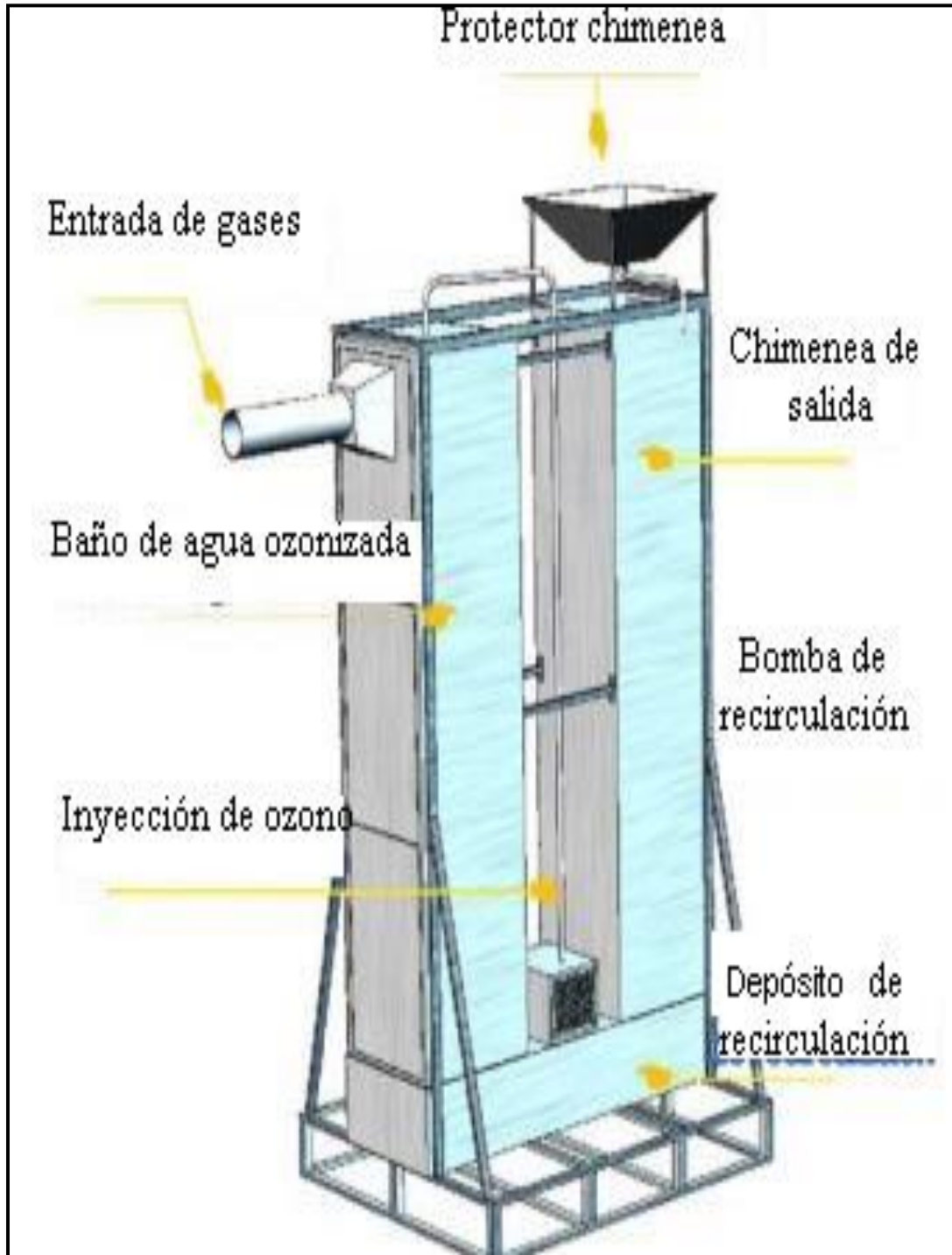
A la hora de diseñar un sistema de lavado de gases se debe actuar en primer lugar aislando los gases productores de olores y conduciéndolos hasta la zona de tratamiento.

Para ello se extrae el aire de las instalaciones mediante turbinas o extractores adecuados; los gases, dirigidos por tuberías, ingresan en la torre de lavado a través de una tolva de entrada.

A partir de ahí, se hace pasar el gas por una columna de agua ozonizada propulsada por una bomba de acero inoxidable auto aspirante, que recircula el agua del depósito inferior. La inyección de ozono se realiza a la salida de la bomba de extracción, en la tubería encargada de llevar el agua aspirada por la bomba hasta la parte superior de la torre. Desde ahí, el agua ozonizada es expulsada mediante una tubería llena de toberas; estas toberas generan chorros entrecruzados que aumentan el tiempo y superficie de contacto, creando así una densa columna que deja el gas libre de residuos.

El agua, una vez terminado el lavado, cae por gravedad al depósito de recirculación situado en la parte inferior de la torre. Finalmente el aire, ya libre de partículas, pasa por este depósito inferior, de agua ozonizada, y sale al exterior por la chimenea de escape.

Se muestra en la Figura 37 un esquema de oxidación con ozono en vía húmeda



Fuente. Cosemarozono

Figura 37. Esquema de oxidación con ozono en vía húmeda



4.3.8. Medidas de prevención y mitigación a aplicar para reducir olores en plantas de tratamiento de agua residual.

- Agentes enmascarantes pueden añadirse productos perfumados al agua residual para eliminar o enmascarar los olores desagradables de los gases.
- Medidas para estabilizar, condicionar y manejar correctamente los biosólidos en las instalaciones de tratamiento para reducir al mínimo los olores.
- Medidas para emplazamientos remotos y campos que se encuentren alejados de vecinos.
- Medidas para aplicar material bien estabilizado.
- Medidas para limpiar diariamente los tanques, camiones y los equipos.
- Siempre que sea posible, el inyectar los biosólidos debajo de la superficie o incorporarlos en el terreno.
- Medidas para minimizar el tiempo durante el cual los biosólidos son almacenados.
- El reducir la visibilidad de la instalación y aumentar al máximo la distancia entre el área de almacenaje y las viviendas habitadas (USEPA and USDA, 2000).
- Medidas para planificar el almacenaje de los biosólidos en el campo considerando la estabilidad, la cantidad, y el tiempo durante el cual los biosólidos van a ser almacenados, además de considerar la ubicación del lugar con respecto a la proximidad a vecinos y a las condiciones meteorológicas.
- Medidas para evitar la aplicación al terreno cuando se estén organizando actividades al aire libre en áreas residenciales próximas, o alrededor de días festivos
- Medidas y acciones para desarrollar un plan para el control del olor y capacitar a todo el personal para poder identificar y mitigar los olores.
- Medidas para una alternativa de manejo de los biosólidos incluyendo el uso de rellenos sanitarios, especialmente para cargas malolientes de biosólidos.

El grado de control de olores que se debe tener en las instalaciones de procesamiento de biosólidos se determina mediante criterios específicos del lugar tales como:

- La proximidad actual y futura del sitio a áreas residenciales o comerciales.
- Los patrones locales de viento, de mezcla de aire y los factores de dispersión (estabilidad del aire).
- La temperatura y la humedad.



- La variabilidad diaria y estacional de los factores anteriormente mencionados.
- La cantidad de biosólidos procesados.

Un modelo automatizado de dispersión del aire que considere las características de magnitud, frecuencia, y duración de los eventos, y esté calibrado y verificado con datos de monitoreo en el sitio, puede ser una herramienta eficaz para predecir el impacto de las emisiones de olor. Este tipo de modelo puede determinar la cantidad y el tipo de control que sean necesarios Para prevenir o minimizar el impacto. Para lograr esta tarea con alguna certeza de éxito, se debe llevar a cabo un estudio formal del olor.

Durante la planificación o el diseño preliminar de una instalación propuesta para el procesamiento de biosólidos, se debe realizar un estudio del olor para poder obtener un mejor conocimiento y aplicar las experiencias obtenidas de las operaciones exitosas en instalaciones similares. Para las instalaciones existentes que presentan problemas con el olor, el estudio debe determinar el grado en el cual los procesos unitarios específicos o fuentes dispersas contribuyen al impacto fuera de los límites del sitio. Se debe realizar un programa detallado de muestreo y de monitoreo para determinar niveles máximos permisibles de olores molestos.

Las muestras líquidas y de gases pueden ser analizadas con métodos químicos para identificar los compuestos específicos del olor. Tanto las mediciones sensoriales directas de la intensidad del olor como de la fuerza del olor son también útiles para identificar las fuentes de la mezcla compleja de compuestos que típicamente son responsables de quejas debidas a los olores. Las mediciones sensoriales directas son realizadas por un panel de observadores muy capacitados ("narices expertas") quienes analizan y clasifican las muestras de aire en cuanto a la intensidad del olor (escala n-n-butanol) y la fuerza del olor (dilución al límite o escala D/T).

Un estudio comprensivo del olor debe proporcionar un entendimiento completo de las fuentes y la naturaleza de las emisiones del olor, identificar los métodos disponibles para su control, y establecer los criterios para medir la eficacia de la tecnología de control.

Las normas locales pueden establecer el grado requerido de control del olor. Generalmente las normas se establecen para prevenir las condiciones molestas fuera de los límites de propiedad de la instalación. Los límites numéricos de concentraciones permisibles de compuestos olorosos se especifican en algunas localidades, mientras que en otras se especifica la frecuencia y/o duración de la detección de los olores fuera de los límites de la instalación como los criterios de violación de las normas.



4.4. Tratamiento Biológico

Los sistemas de tratamiento para la eliminación de H_2S y en general para compuestos que generen malos olores pueden ser clasificados como tratamientos fisicoquímicos o biológicos. Dentro de los sistemas de tratamiento biológicos más importantes orientados al control de olores se encuentran la biofiltración, biolavadores y biofiltros.(Utkin, 1992)

Eventualmente, se han utilizado agentes enmascaradores como son las fragancias de perfumes para ocultar un olor desagradable, pero obviamente, esto tiene una aplicación muy limitada como sistema de tratamiento de gases. Muchos investigadores coinciden en afirmar que los tratamientos fisicoquímicos son más costosos que los biológicos y cuando se trata de gases con bajas concentraciones de compuestos que producen mal olor y altos flujos de gas, esta diferencia se ve incrementada.

Es por ello, básicamente que se favorecen los procesos biológicos sobre los procesos fisicoquímicos.

Una de las ventajas más importantes de los tratamientos biológicos para el aire sobre los procesos fisicoquímicos es que pueden llevarse a cabo a temperaturas del medio ambiente (10-40°C) y a presiones atmosféricas. En general, las ventajas de los procesos biotecnológicos son que transforman los contaminantes a sustancias no peligrosas sin acumulación de subproductos o desechos de difícil manejo, tienen costos de operación bajos debido principalmente a las condiciones suaves de operación (T, pH) Además de poseer un balance energético adecuado (Revah y Noyola, 1996).

4.4.1. Biofiltración

Uno de los procesos biotecnológicos más importantes aplicado para el tratamiento y control de malos olores es la biofiltración. Este sistema se basa en la interacción del gas con un medio orgánico cuya actividad de degradación proviene de los microorganismos que viven y se desarrollan en él. La suma de ambos se denomina medio biológico filtrante, constituyente esencial del biofiltro. Este sistema fue propuesto desde 1920 para tratar malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales (Van Groenestijn y Hesselink, 1993), sin embargo, una propuesta más formal fue hecha por Prues en 1940, según afirman Utkin et al., (1992).

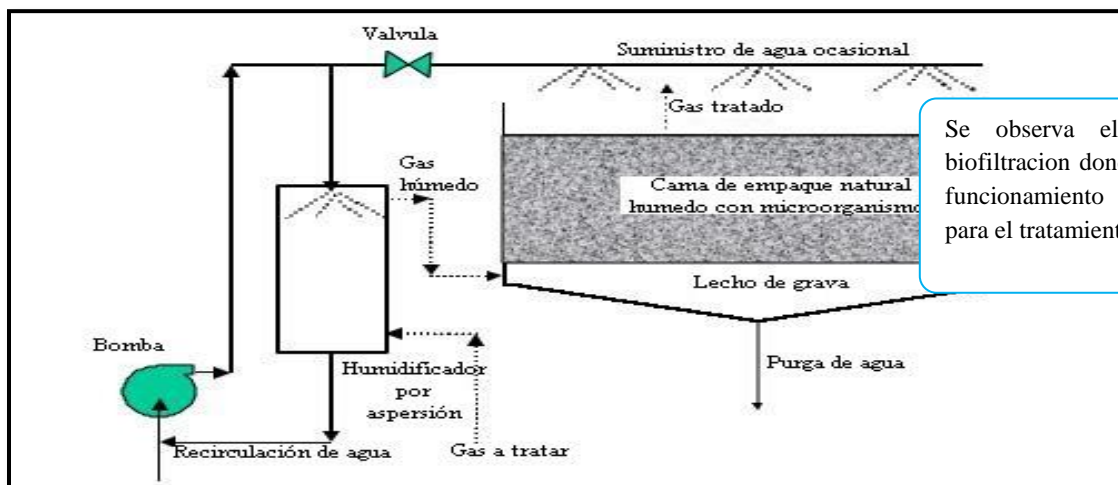
El principal componente del biofiltro es el medio biológico filtrante, donde los compuestos indeseables en el aire, en primera instancia, son absorbidos y adsorbidos para poder ser degradados posteriormente por microorganismos. El gas es introducido a la cama a través de equipo rotatorio. El material de empaque del medio biológico filtrante es una mezcla de materiales naturales con un área específica y espacios vacíos grandes. Este puede ser composta, tierra o turba mezclada con un material abultante (partículas de

poliestireno, madera, plumas, hojarasca, piedras, etc.). El medio posee la superficie y los nutrientes necesarios para que se desarrolle una biopelícula de microorganismos que serán los responsables de la degradación de los compuestos indeseables en el gas. Una fracción de espacios vacíos alto (producidos por el material abultante) favorece una baja caída de presión del gas en la cama así como una adecuada oxigenación del filtro y distribución del flujo de gas. En la Figura 38 se presenta un biofiltro para el tratamiento de olores con base en la biofiltración y en la Figura 39 un esquema de este proceso.



Fuente. Equiol

Figura 38. Biofiltro para el tratamiento de olores con base en la biofiltración



Fuente.*Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Li, UNAM.

Figura 39. Esquema proceso biofiltración.



Los biofiltros han sido aplicados con éxito en el tratamiento de malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales así como en plantas de compostaje eliminación de H₂S (ácido sulfhídrico). También han sido igualmente exitosos en el tratamiento de compuestos como Amoníaco, monóxido de carbono, acetona, benceno, butanol, acetato de butilo, dietilamina, disulfuro de dimetilo, etanol, hexano, etilbenceno, butilaldehido, metanol, metiletilcetona, estireno, isopropanol.

Muchos de estos compuestos se generan en la industria de la pulpa y el papel, de la química, petroquímica y farmacéutica, de la fabricación de pinturas, adhesivos y recubrimientos así como de la industria alimenticia entre las que se encuentran la de saborizantes y fragancias, café, cocoa y pescado.

Es decir, la biofiltración de gases posee un alto potencial de aplicación tanto en plantas de tratamiento de aguas residuales como en la industria.

En el cuadro 4.1 se reportan tasas de remoción de algunos compuestos utilizando biofiltros como proceso de tratamiento.

Cuadro 4.1

Tasas de remoción de algunos compuestos utilizando biofiltros como proceso de tratamiento

Compuesto	Tasa máxima de remoción
Formiato de metilo	35.0 g/kg lecho seco/d
Sulfuro de hidrógeno	5.0 g/kg turba seca/d
Acetato de butilo	2.41 g/kg turba seca/d
Butanol	2.41 g/kg turba seca/d
N-Butanol	2.40 g/kg composta seca/d
Acetato de etilo	2.03 g/kg turba seca/d
Tolueno	1.58 g/kg turba seca/d
Metanol	2.35 g/kg de lecho seco/d
Metanotiol	0.90 g S/kg turba seca/d
Disulfuro de dimetilo	0.68 g S/kg turba seca/d
Sulfuro de dimetilo	0.38 g S/kg turba seca/d

Fuente. Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Ii, UNAM.



La biofiltración es un proceso complejo que es afectado por varios factores como la oxigenación del medio, el contenido de humedad y nutrientes, el pH, la temperatura y los patrones de flujo en el medio.

Por otro lado existen distintos diseños de biofiltros que han sido utilizados para el tratamiento de malos olores y compuestos orgánicos volátiles

4.4.2. Tipos de biofiltros

Los equipos empleados para la purificación biológica de gases pueden subdividirse en tres tipos: biofiltro de lecho fijo (BLF), biofiltro de lecho escurrido (BLE) y biolavadores. Esta clasificación se basa en las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y del patrón de flujo de la fase líquida, tal y como se muestra en el cuadro 4.2

Cuadro 4.2

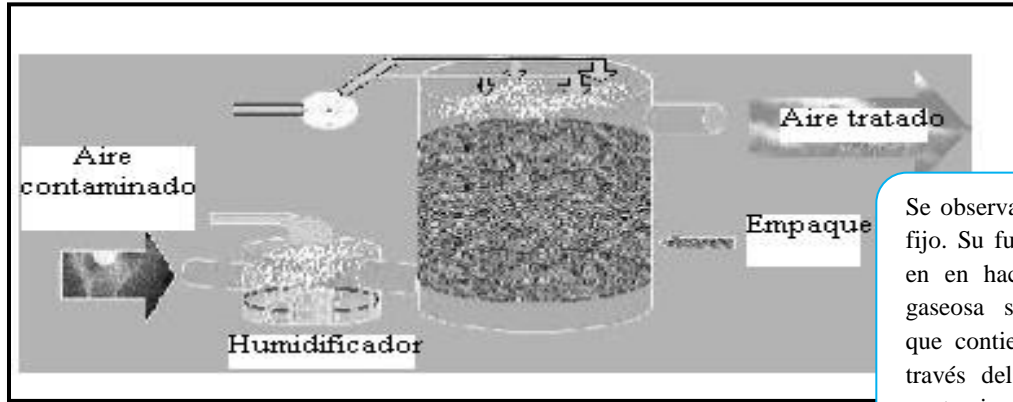
Tipos de biofiltros

Tipo de biofiltro	Fase biológica	Fase líquida
Biofiltro de lecho fijo	Dispersa	En movimiento
Biolavadores	Inmovilizada	En movimiento
Biofiltros percoladores o de lecho escurrido	Inmovilizada	Inmóvil

Fuente. Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles

4.4.3. Biofiltros de lecho fijo

Los biofiltros de lecho fijo (BLF) constan de un lecho empacado que se conoce como material filtrante y que puede ser sintético u orgánico, que sirve como soporte para los microorganismos y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Ejemplos de materiales filtrantes utilizados en este tipo de filtros son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos tales como cáscaras de cacahuate, de arroz o de coco, fibra de caña de azúcar, entre otros. El principio de los biofiltros de lecho fijo consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. En la figura 40 se muestra un esquema de un biofiltro de lecho fijo. Una característica importante de los BLF es la ausencia de la fase acuosa móvil que los hace convenientes para tratar contaminantes muy poco solubles en agua (Chou y Huang ,1997)



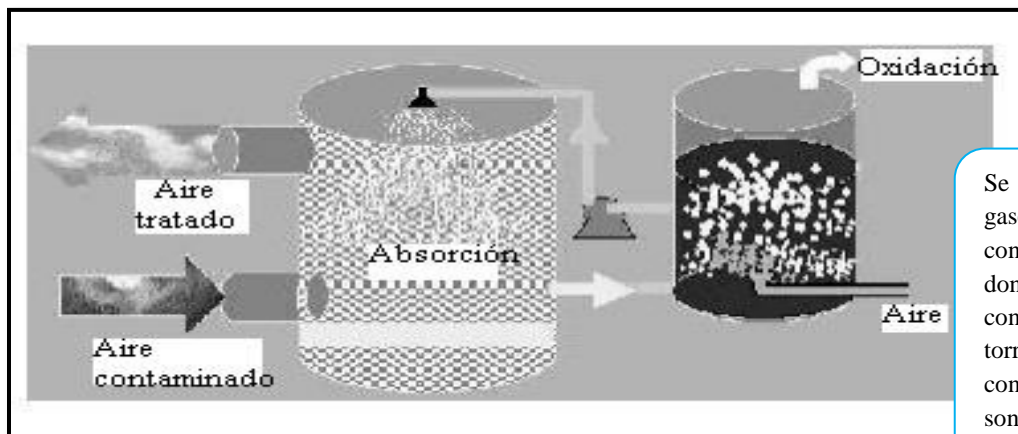
Se observa un biofiltro de lecho fijo. Su funcionamiento consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos.

Fuente. Tratamiento Biológico de COV

Figura 40. Esquema del sistema de biofiltros de lecho fijo

4.4.4. Biolavadores

A diferencia de los biofiltros, en los biolavadores el compuesto a degradar primero es absorbido en la fase líquida localizada en una torre de absorción llena de líquido. La operación consiste en hacer fluir el gas a contracorriente a través del líquido, donde los contaminantes y el óxido de azufre. Son absorbidos. Posteriormente el líquido es alimentado a un reactor empacado de un material inerte cubierto de la película biológica encargada de degradar al contaminante. Los BL son los sistemas más adecuados para el tratamiento de compuestos muy solubles en agua. Las principales ventajas de los biolavadores son: a) la recirculación del líquido que favorece la no acumulación de productos que pudieran tener efectos nocivos para los microorganismos, b) la facilidad de control del proceso biológico a través de la composición del medio líquido. En la figura 41 se presenta un esquema del sistema de biolavado de gases (Chou y Huang, 1997)



Se observa biolavado de gases. Su funcionamiento consiste en un biolavador donde el gas entra en contacto con agua en una torre de aspersión empacada con material inerte en donde son absorbidos o disueltos en el agua los compuestos indeseables del gas

Fuente. Tratamiento Biológico de COV

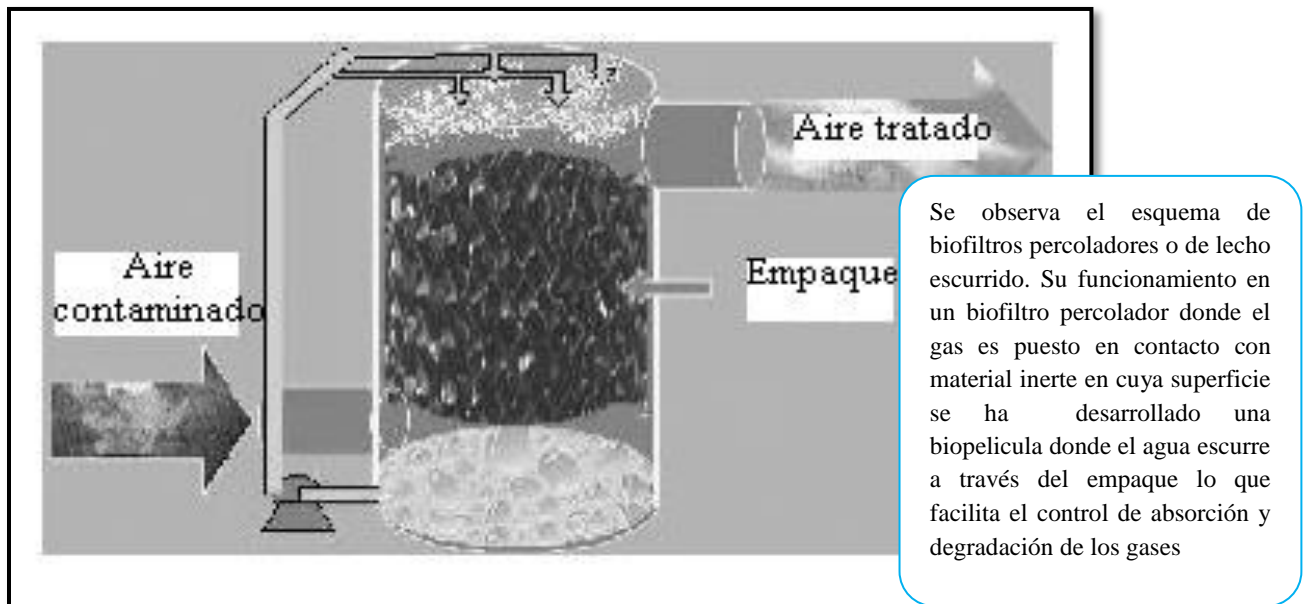
Figura 41. Esquema del sistema de biolavado de gases.



4.4.5. Biofiltros percoladores o de lecho escurrido

El biofiltro de lecho escurrido (BLE) consiste de una columna empacada con un soporte inerte (usualmente de material cerámico o plástico) donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene al sustrato por biodegradar y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como de remover los productos de degradación de los microorganismos. Estos sistemas se recomiendan para compuestos solubles en agua. (Chou y Huang ,1997)

El diagrama de operación de este sistema se muestra en la figura 42. Los BLE tienen similares ventajas que los biolavadores, ya que la recirculación del líquido facilita la eliminación de los productos de reacción así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido. La operación de absorción y biodegradación del contaminante en los BLE se lleva a cabo en un solo reactor, lo cual los pone en ventaja sobre los biolavadores respecto a la huella física y la operación del mismo. Se ha reportado que en ambos sistemas el principal problema de operación es la solubilización del gas en la fase acuosa.



Fuente. Tratamiento Biológico de COV

Figura 42. Biofiltros percoladores o de lecho escurrido



4.4.6. Comparación entre sistemas biológicos

En el Cuadro 4.4 se resumen las características más importantes de cada unidad de tratamiento así como sus ventajas y desventajas. En las plantas de composteo y en las de tratamiento de aguas residuales así como en la agricultura se prefiere el uso de los biofiltros y de los biofiltros percoladores mientras que en la industria se opta también por los biofiltros y los biolavadores (Ottengraf, 1987, Van Groenestijn y Hesselink, 1993). Por otra parte, Utkin et al., (1992) y Leson et al., (1991) afirman que el sistema de tratamiento más utilizado son los biofiltros (aunque se reportan experiencias con los otros dos sistemas) debido a sus bajos costos de operación, al bajo costo del material del medio filtrante y a los bajos consumos de agua además de poseer una alta eficacia en la remoción de distintos contaminantes y en particular el H_2S y no generar desechos como lodo y agua contaminada.



Cuadro 4.4

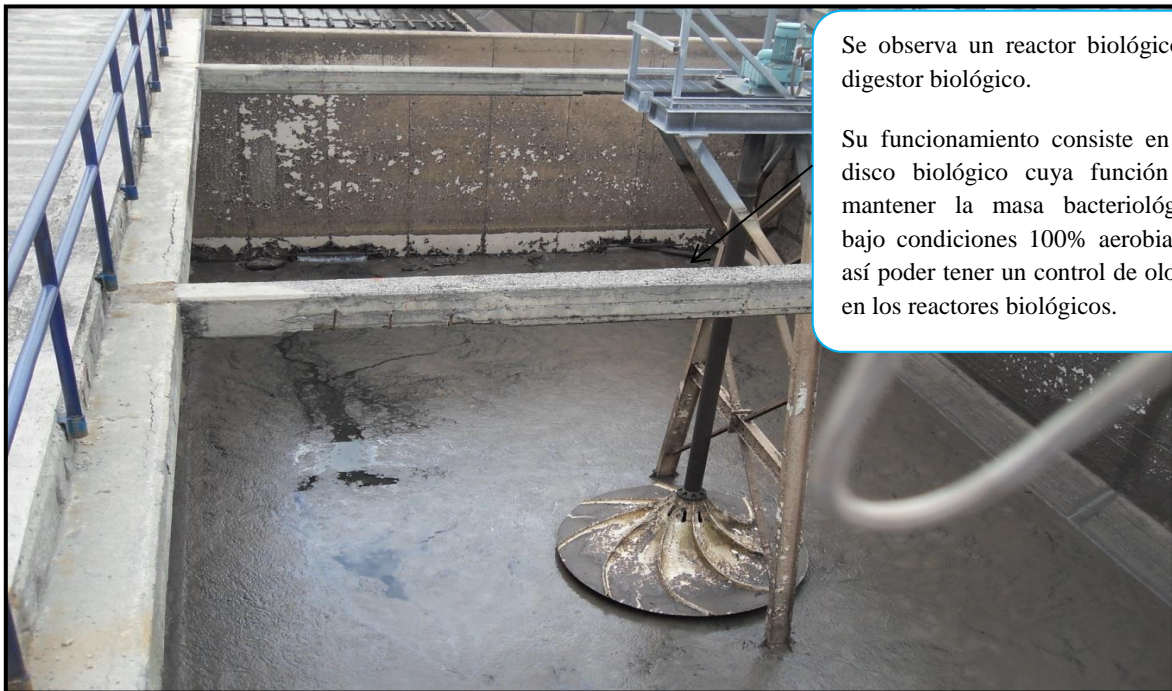
Comparación entre sistemas biológicos

Tipo de sistema	Composición del medio	Circulación de agua	Descripción	Área de aplicación	Ventajas	Desventajas
Biofiltro	Microorganismos inmovilizados en soportes naturales con fuente de nutrientes	No hay circulación de agua	Absorción del contaminante en la biopelícula soportada en un medio natural que provee nutrientes a los microorganismos. Se usa un sólo reactor	Compuestos con concentraciones menores a 1 mg/L	Alta superficie de contacto gas-líquido. Fácil arranque y operación. Bajos costos de inversión y operación. Soporta periodos sin alimentación.	Poco control sobre los fenómenos de reacción. Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas. Mayor requerimiento de área.
Biolavador	Empaque inerte	Agua en circulación constante	En una torre de aspersión se disuelven los contaminantes del gas que después son degradados biológicamente en un sistema de lodos activados. Se requieren dos sistemas, el absorbedor y el sistema de lodos activados	Compuestos con concentraciones menores a 5 mg/L y coeficientes de Henry menores a 0.01	Mejor control de la reacción Posibilidad de evitar acumulación de subproductos Equipos compactos Baja caída de presión	Baja superficie de contacto gas-líquido. No soporta periodos sin alimentación. Genera lodo residual Arranque complejo Necesidad de aireación extra. Altos costos de inversión operación y mantenimiento. Necesidad de suministrar nutrientes
Biofiltro percolador	Soporte inerte con biopelícula en su superficie	Circulación de agua continua	El gas se disuelve en la película de agua para entrar en contacto con los microorganismos. La absorción y la degradación se dan en un reactor	Concentraciones de compuestos menores a 0.5 mg/L con coeficientes de Henry menores a 1	Comparables a las del biovalador	Baja superficie de contacto gas-líquido Generación de lodos. No resiste periodos sin alimentación. Necesidad de suministrar nutrientes Arranque complejo. Altos costos de inversión operación y mantenimiento

Fuente. Utkin et al., (1992) y Van Groenestijn y Hesselink, (1993)

4.4.7. Reactor biológico

Este tipo de digestores biológicos, son también muy frecuentemente llamados discos biológicos rotatorios, aludiendo a su forma de discos. En este sistema la parte móvil es el medio biológico y la parte estática es el agua de tratamiento. El medio en el cual crecen y proliferan los microorganismos aeróbicos que se alimentan de la materia orgánica disuelta, consiste en unos discos fabricados en material plástico, acoplados varios de ellos en una sola flecha, a un mecanismo que los hace girar continuamente. (SACMEX, 2007). La mitad del disco está sumergida en el agua y la otra mitad se encuentra en el aire en forma alternativa y cíclica, ya que los discos están girando continuamente. De esta manera, cuando las bacterias están en el aire tienen la posibilidad de captar el oxígeno que requieren para su metabolismo, mientras que cuando están en el seno del fluido, pueden alimentarse con la materia orgánica disuelta y suspendida. Así podremos tener un control de olores en las bacterias que se originan en los reactores o digestores biológicos. También en este caso, ocasionalmente llegan a desprenderse conglomerados biológicos, los cuales deben separarse en un posterior sedimentador. Como se muestra en la Figura 43.



Se observa un reactor biológico o digestor biológico.

Su funcionamiento consiste en un disco biológico cuya función es mantener la masa bacteriológica bajo condiciones 100% aerobias y así poder tener un control de olores en los reactores biológicos.

Fuente. Elaboración Propia PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 43. Reactor biológico

4.4.8. Filtros percoladores o Tanques de aireación de lodos activados

Los gases mal olientes pueden hacerse pasar a través de lechos de filtros percoladores o inyectarse en los tanques de aireación de lodos activados para eliminar los compuestos olorosos. (Metcalf y Eddy, 1995).

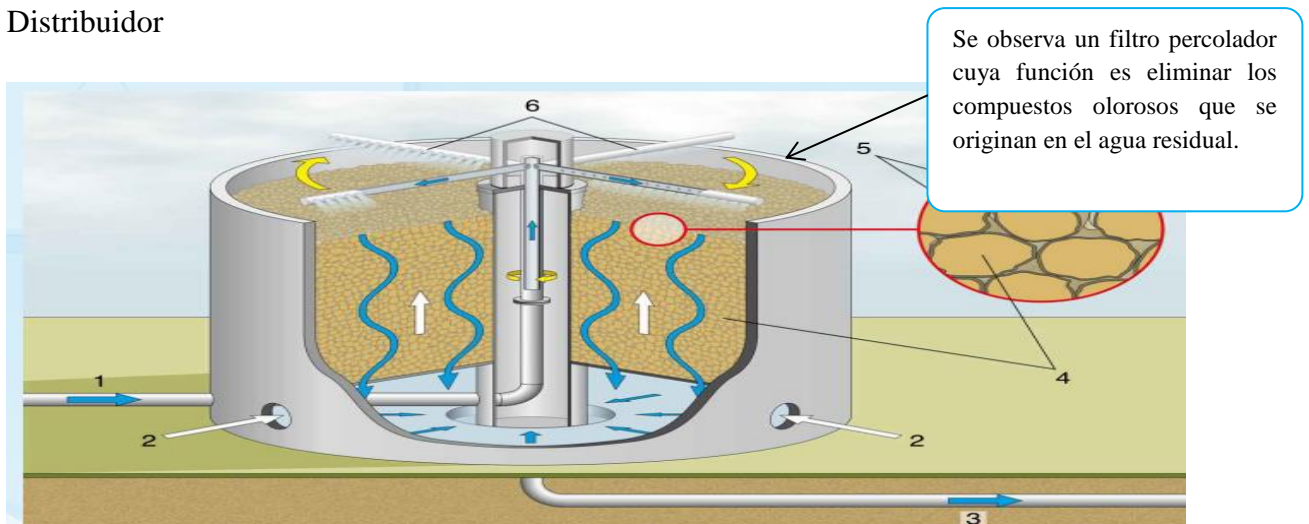
Proceso de los filtros percoladores

Los procesos consisten en una biopelícula que se forma en los filtros percoladores donde los microorganismos se asientan en las superficies de las sustancias sólidas. La capa formada por microorganismos recibe el nombre de biopelícula. Las sustancias sólidas empleadas se denominan materiales portadores. El agua residual debe ponerse en contacto con la biopelícula fijada sobre el material portador.

La variedad más importante son los filtros percoladores. En esta, el agua residual se riega con un distribuidor rotatorio sobre una capa de material portador (lecho fijo). Mientras el agua residual atraviesa el material portador, es depurada biológicamente por los microorganismos. La aireación del filtro percolador se realiza normalmente mediante convección natural. El fundamento para ello son las diferencias de temperatura entre el aire exterior y el interior del filtro biológico.

Los materiales portadores disponen de superficies muy específicas (aprox. $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$). Los materiales portadores pueden tener un origen natural (p. ej. roca volcánica) o artificial

En la Figura 44 se muestra el funcionamiento de un filtro percolador 1) agua residual, 2) aireación por convección natural, 3) agua depurada, 4) material portador, 5) biopelícula, 6) Distribuidor



Fuente. Elaboración Propia PTAR. Cerro de la Estrella. SACMEX

Figura 44. Filtro percolador o tanque de aireación de lodos activados



CAPÍTULO 5.

APLICACIÓN

En el capítulo 5 se presenta una aplicación muy útil para tener idea como es que se desarrolla un tratamiento biológico en este caso (biofiltración) ya que es un proceso estrechamente relacionado con la ingeniería sanitaria y ambiental para el control de olores en la planta de pretratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U)

5.1.1 Situación sobre los malos olores en la planta de pre tratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U)

En los últimos días, una queja constante en el fraccionamiento Copilco, son los malos olores que despiden la planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada junto a un gran número de viviendas y sector habitacional en la Delegación Coyoacán. Las familias en general se quejan de ese sistema, de que hay temporadas en las que esta infraestructura despiden unos olores insoportables y además, el agua que sale ya tratada, tiene además de mal olor, un aspecto que hace pensar en que hay fallas en el tratamiento.

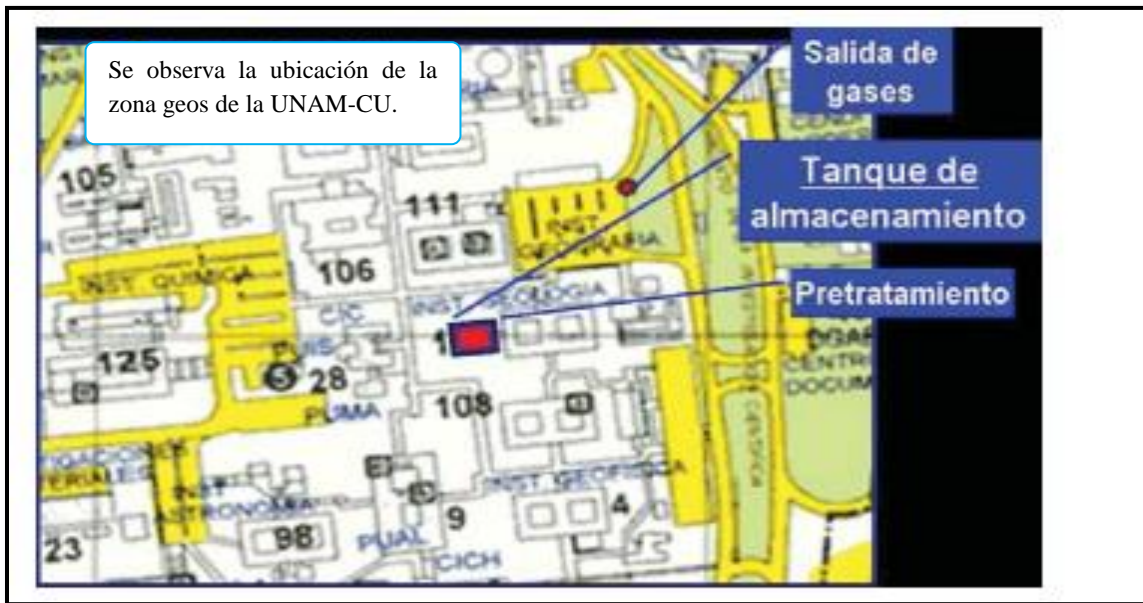
Un grupo de amas de casa solicitaron la presencia de autoridades de la planta de tratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U), para exponer sus quejas ante los fétidos olores que desde hace mucho tiempo despiden la planta de tratamiento de aguas residual. “Tenemos que aguantar estos malos olores todo el día, cuando comemos, dormimos o descansamos en nuestras casas”, dijo Gloria Elena Gutiérrez.

La planta está ubicada a un lado de las casas supuestamente de mayor plusvalía, las que se construyeron de dos plantas para gente con suficiente solvencia económica. “Supuestamente un sector exclusivo, proyectado por la empresa Desarrollos Residenciales, Turísticos del Sureste, sin embargo, la realidad es otra porque vivimos entre la pestilencia, y nada de la tranquilidad y buen ambiente que se nos vendió es verdad”, afirma Gabriela Isela Briseño.

Esta última ama de casa que vive junto a la planta de tratamiento de aguas residuales, dice que en ocasiones prefiere no respirar, pues la hediondez es tal que no la soporta. “Los vecinos ya han elevado sus quejas ante las autoridades, por lo cual las autoridades de la UNAM-CU se han comprometido a utilizar un sistema de control de tratamiento del agua residual y un proceso de biofiltración para el control de olores. Lo cual ayudará a minimizar o extinguir los malos olores que se presentan en PTAR CU (UNAM)

5.1.2 Sistema de manejo del agua residual en la zona GEOS

Como parte de la tercera etapa del Plan Básico de Saneamiento para Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo objetivo es eliminar las descargas directas de aguas residuales al subsuelo, se construyó la infraestructura para la recolección, almacenamiento y conducción de las aguas residuales generadas en la zona de la Investigación Científica, conocida como zona de los “GEOS”, hasta la PTARCU y el control de los olores producidos mediante su Sistema de control de olores por (Biofiltración)almacenamiento diurno. (DGOC, UNAM). La zona descrita se presenta en la Figura 45



Fuente. Elaboración Propia PTAR. C.U

Figura 45. Ubicación de la zona geos de la UNAM-C.U

Esta obra consta de una red de drenaje totalmente nueva (5,100metros de longitud) y de un tanque de almacenamiento y homogeneización de caudales, que vienen a sustituir al sistema de fosas sépticas y descarga a grietas que estaba en servicio. Mediante esta obra, se proporciona una adecuada infraestructura sanitaria a un universo potencial de 16,778 usuarios (2,604 administrativos y 14,174 académicos).

El sistema, en operación desde enero 2004, recolecta y almacena el agua residual generada durante el día en la zona de los GEOS, para después bombearla durante la noche a la PTARCU, tiempo en que esta planta recibe muy poco caudal, debido a que no hay actividades nocturnas en CU. Con ello, se aprovecha plenamente su capacidad instalada, se mejora la estabilidad del proceso de tratamiento y se evita la construcción de una nueva planta de tratamiento para esta zona. (DGOC, UNAM)



El bombeo es además necesario porque la mayor parte de la super-manzana de los Institutos de la Investigación Científica está topográficamente por debajo del nivel del drenaje que descarga de la PTARCU, por lo que se optó por recolectar sus descargas de manera independiente.

La red de drenaje conduce las aguas residuales hacia el tanque de almacenamiento, previo pasó por una rejilla automática que retira sólidos gruesos. El agua es almacenada entre las 7 de la mañana y las 11 de la noche, momento en el cual comienzan a ser bombeadas a la PTARCU, para su tratamiento. Durante su almacenamiento, el agua es agitada mecánicamente con el fin de evitar azolvamiento y homogeneizar el volumen de agua residual. El tanque está conformado por dos módulos, de $13.2 \times 7.5 \times 4$ metros (m) cada uno de 396 metros cúbicos con dos agitadores sumergibles de 5Hp que resuspenden sólidos y mezclan el agua de las 11 de la noche a las 7 de la mañana, o hasta nivel de paro. Además, se cuenta con tres bombas centrífugas horizontales de 10 HP para enviar el agua residual a la PTARCU en ese mismo horario o hasta nivel de paro. (DGOC, UNAM)

5.2.3 Sistema de control de olores por Biofiltración

Por el tiempo de permanencia del agua en el tanque de almacenamiento, se forman en el tanque de almacenamiento compuesto de olor desagradable, por lo que se instaló un sistema de tratamiento de gases que evita su liberación a la atmósfera a fin de conservar las condiciones adecuadas para el trabajo en los institutos de investigación aledaños.

En este caso, se consideró a la biofiltración como la mejor opción para el control de los olores, aplicando tecnología desarrollada en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, ya que incorpora ventajas económicas, de sustentabilidad y de eficiencia. En esta tecnología se aprovechan la actividad biológica de microorganismos soportados por una cama de material filtrante (composta) para remover los compuestos malolientes. Para el tratamiento biológico de gases existen básicamente tres procesos de tratamiento: la biofiltración, los biolavadores y los biofiltros percoladores. En este proyecto se optó por los primeros, por ser más simples en su operación. (DGOC, UNAM) Este sistema se basa en la interacción del gas con un medio orgánico cuya actividad de degradación proviene de los microorganismos que viven y se desarrollan en él. La suma de ambos componentes se denomina medio biológico filtrante, constituyente esencial del biofiltro. Existen reportes de estos sistemas para tratar malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales en Alemania desde 1920. El principal componente del biofiltro es el medio biológico filtrante donde los compuestos indeseables en el aire, en primera instancia, son absorbidos y adsorbidos para poder ser degradados posteriormente por microorganismos. El gas es introducido a la cama a través de un soplador.

El material de empaque del medio biológico filtrante es una mezcla de materiales naturales con un área específica y espacios vacíos grandes. Este puede ser composta, tierra o turba



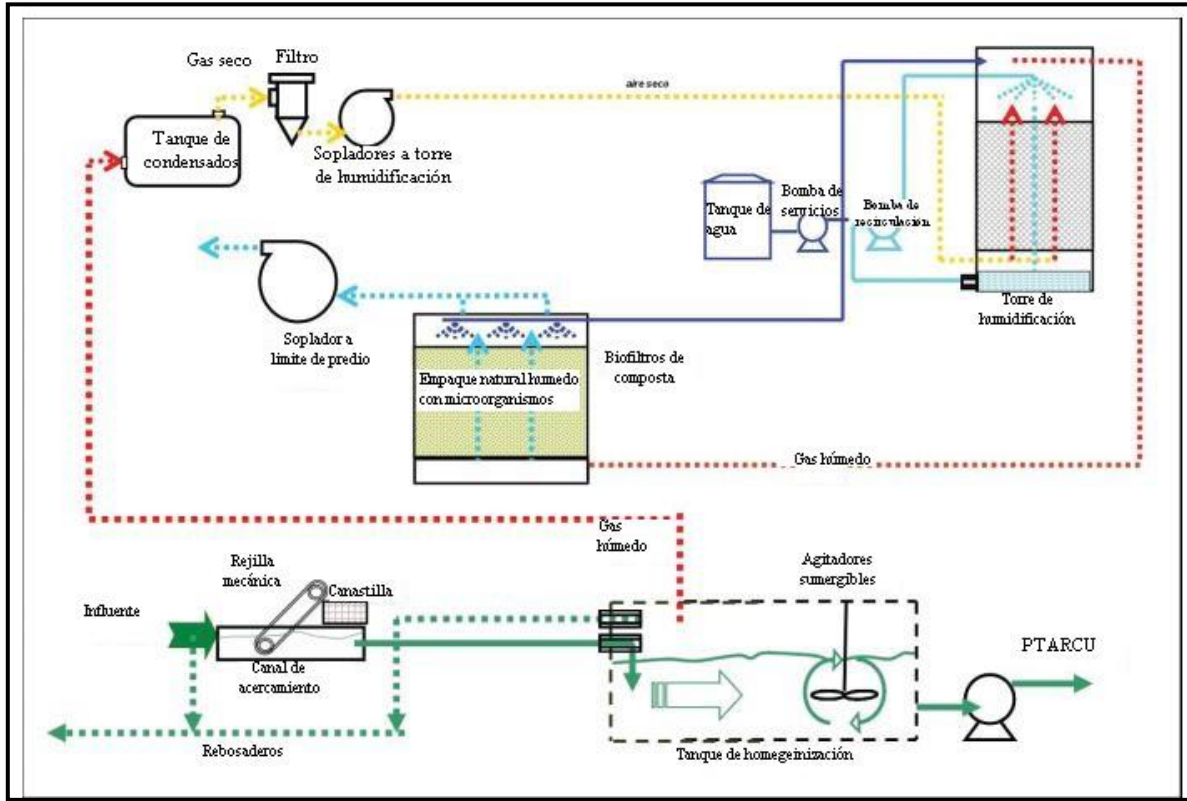
mezclada con un material abultante (partículas de poliestireno, madera, plumas, hojarasca, piedras, etc.). El medio posee la superficie y los nutrientes necesarios para que en ella se desarrolle una biopelícula de microorganismos que serán los responsables de la degradación de los compuestos indeseables en el gas. Una fracción de espacios vacíos alto (producidos por el material abultante) favorece una baja caída de presión del gas en la cama así como una adecuada oxigenación del filtro y distribución del flujo de gas.

Los biofiltros han sido aplicados con éxito en el tratamiento de malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales (eliminación de H_2S) También han sido igualmente exitosos en el tratamiento de compuestos como amoníaco, monóxido de carbono, etanol, hexano, etilbenceno, butilaldehído, metanol, metiletilcetona, dióxidos de nitrógeno.

Muchos de estos compuestos se generan en la industria de la pulpa y el papel, de la química, petroquímica y farmacéutica, de la fabricación de pinturas, adhesivos y recubrimientos así como de la industria alimenticia entre las que se encuentran la de saborizantes y fragancias, café, cocoa y pescado.

La biofiltración es un proceso complejo que es afectado por varios factores como la oxigenación del medio, el contenido de humedad y nutrientes, el pH, la temperatura y los patrones de flujo en el medio. Debido a ello es necesario realizar mayores esfuerzos de investigación en este campo.

La Figura 46 muestra un esquema del proceso completo tanto en su línea de agua como en los gases. Los equipos que conforman el sistema de control de olores, descritos brevemente a continuación, se desplantaron directamente sobre la losa de concreto que cubre el tanque de almacenamiento.



Fuente. Dirección general de obras y conservación de la UNAM

Figura 46 Proceso de biofiltración

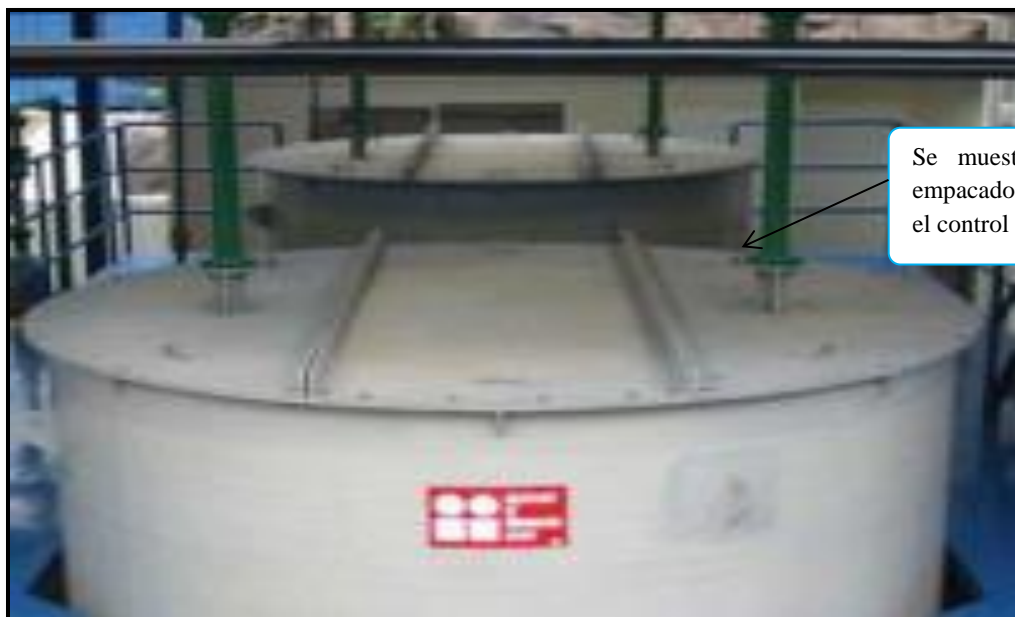
El sistema instalado en Ciudad Universitaria consta de cuatro sopladores tipo auto generativo de 3 Hp y sus sistemas auxiliares, una torre de humidificación empacada con 1.6 m³ de material sintético (ver Figura 47), la cual lleva al gas influente hasta una humedad mayor al 95% seguida de dos biofiltros de composta de 8.50 m³ que operan en paralelo (ver Figura 48). Además se tiene un sistema auxiliar que alimenta de agua directamente a la parte superior del medio filtrante, con objeto de mantener la humedad en la cama de composta, necesaria para mantener activa la biopelícula de microorganismos,(DGOC, UNAM) La composta fue obtenida de la Planta de Composteo UNAM-C.U



Se muestra una torre de humidificación con material sintético el cual humedece los gases.

Fuente. Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM

Figura 47. Torre de humidificación



Se muestran los biofiltros empacados de composta para el control de olores

Fuente. Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM

Figura 48. Biofiltros empacados con composta

El aire ya filtrado biológicamente y libre de olores, es conducido por otro soplador a una zona cercana a un estacionamiento de autos, para alejarlo aún más de los edificios de investigación que rodean el tanque de almacenamiento. La Figura 49 muestra una vista donde se lleva el proceso de biofiltración.



Fuente. Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM

Figura 49. Conjunto descrito de biofiltración



CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

En esta tesis se describieron los principales procesos de tratamiento de aguas residuales, así como las causas de la generación y métodos de control de olores generados en plantas de tratamiento de agua residual. Comprendiendo cuales son los procesos, medidas de prevención y mitigación. Dentro de los procesos de tratamiento físico-químico y biológico tenemos la descripción de cada proceso en los capítulos. Se presentan los métodos más eficientes y comúnmente aplicados en plantas de tratamiento de agua residual.

Con estos procesos y objetivos desarrollados en esta tesis se tiene la finalidad de tener las principales causas y soluciones al control de olores en plantas de tratamiento de agua residual. Se incluyó un caso de estudio de la planta de tratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U) donde podemos observar la aplicación de un tratamiento biológico para el control de olores en sus instalaciones y alrededores.

Los resultados han sido satisfactorios en la planta de tratamiento de aguas residuales (UNAM-C.U) ya que en base a los procesos biológicos utilizados, podemos obtener mayor calidad de agua tratada para su reutilización en riego de áreas verdes.



RECOMENDACIONES

En el capítulo 6 se describen las recomendaciones siguientes:

- Rehabilitación a plantas de tratamiento de agua residual en sus principales procesos de tratamiento.
- Implementación y aplicación de procesos físico químicos y biológicos en plantas de tratamiento de agua residual.
- Mayor presupuesto para adquirir sistemas biológicos para el control de olores.
- Capacitación al personal que labora en plantas de tratamiento de agua residual para el manejo y control de los olores que se originan en el tratamiento de agua residual.
- Construcción y diseño de plantas de tratamiento de agua residual considerando la zona geográfica para tener mínimo impacto ambiental en sus alrededores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jairo A. Tratamiento de agua residual Ed. Alfa omega. Ejemplar 3, México, 1999.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1993) "Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse" Third edition β McGraw Hill.
- Metcalf & eddy; 1995 "ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización". E.d McGraw Hill.
- Ramalho R. Tratamiento de aguas residuales. Segunda edición E.d Reverté. Barcelona 1993.
- Pérez M. El ozono en el tratamiento de ambientes interiores montajes e instalaciones. OMS 2005.
- Cesar E; Vázquez A. Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales fundación Ica. México, 2003.
- Hardendergh; Rodie, Ingeniería sanitaria 4a edición, editorial Continental S.A. México, 1987.
- Morgan J. M; Revah S; Noyola A. Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales. Su control a través de procesos biotecnológicos. Ingeniería y Ciencias Ambientales. UNAM 1999
- Seoáñez M. Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos, E.d. Mundi-prensa. México 2000.
- Ingeniero Rojas R. "Gestión integral de tratamiento de aguas residuales", E.d Cepis, OMS, OPS México 2002.
- Gobierno del Distrito federal, secretaria del medio ambiente. Programa del manejo sustentable del agua para la ciudad de México, México, 2007.



-
- U.S. EPA.Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. United states enviromental protección Agency 2000.
 - Cárdenas B; Gutiérrez V; Hernández S; Martínez A. Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. E.d. Raúl Marcó del Pont Lalli. México 2003.
 - Ferrer J; Seco A. Tratamiento biológicos de aguas residuales, E.d Alfa omega. 1a edición. Valencia 2008.
 - Romero R. José .Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización.Ed. Alfamega. México, 1999.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

- www.sacmex.df.gob.mx:8080/web/sacm/informacion_publica.
- pipiripao-chorecito17gmailcom.blogspot.mx/2010/06/el-tratamiento-de-aguas-residuales.html
- www.entradas.zonaingenieria.com/2012/04/plantas-de-tratamiento-lodos-activados.html
- www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0032.pdf.
- www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/0901Cartwright.pdf.
- www.cbm.uam.es/jlsanz/docencia/master/programa-teoria.htm.
- Tiempoenlinea.com.mx
- <http://osiatis.es>
- Agua.org.mx
- plusformacion.com/Recursos/r/Diseño-Tratamiento