# PROYECTO IDRC-UNAM 105701-001

***Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el tratamiento de aguas residuales de América Latina y el Caribe, al adoptar procesos y tecnologías más sustentables.***

**INSTRUCCIONES PARA EL LLENADO DE LOS FORMATOS DE INFORMACIÓN.**

***Junio de 2010***

**Instrucciones para el llenado de los formatos de información**

**Introducción**

El Centro Internacional Canadiense para el desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés) ha firmado un convenio con el Instituto de Ingeniería de la UNAM para que ejecute el proyecto: “*Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el tratamiento de aguas residuales de América Latina y el Caribe, al adoptar procesos y tecnologías más sustentables*

El objetivo general del proyecto es contribuir a la gestión sostenible del agua y a la reducción de los gases de efecto invernadero, mediante el establecimiento de lineamientos técnicos para la definición del procesamiento de aguas residuales con base en un análisis del ciclo de vida de los sistemas de tratamiento. Asimismo, se apunta a contribuir a la generación de energías limpias a nivel municipal, así como a promover la implementación del desarrollo regional y el uso de tecnologías más sustentables.

El cumplimiento de lo anterior, parte por tener una visión global de la situación del tratamiento del agua residual en la Región de América Latina y el Caribe, mediante el desarrollo de un Inventario.

**Objetivos**

* Conocer información relativa a la existencia de las plantas de tratamiento de agua residual municipal, tipos de tecnología, condiciones de operación, impactos ambientales y cumplimiento de la Normatividad en agua, aire y suelo.
* Tipificar los sistemas de tratamiento más utilizados en la Región, así como los caudales de tratamiento de las mismas.
* Seleccionar los tres tipos de tratamiento más utilizados en América Latina en función de tres caudales, para configurar tres trenes de tratamiento que cumplan con una calidad de agua tratada apta para reúso o descarga a cuerpos de agua, conformando 18 escenarios a los cuáles se les aplicará un análisis de ciclo de vida e ingeniería conceptual.

**Metodología**

La situación del tratamiento del agua residual en América Latina y el Caribe, se obtendrá de la información documental publicada y proporcionada principalmente por las dependencias, entidades y organismos que administran y operan las plantas de tratamiento de agua residual municipal en las regiones específicas de cada país.

Para la recopilación de la información se contratará a un consultor en cada país, quien tendrá la responsabilidad de identificar y contactar a las instituciones nacionales para el llenado de los formatos de información diseñados para la obtención de la información.

La solicitud de dicha información se encuentra plasmada en cinco formatos, los cuales DEBERÁN SER LLENADOS CON INFORMACIÓN ACTUALIZADA AL AÑO 2010. Se diseñaron dos tipos de formatos: el primero: *Formato de Información General* el cuál se aplicará a una muestra de las plantas de tratamiento de agua residual municipal existentes en cada uno de los países seleccionados según lo expresado en los términos de referencia, para cada categoría de población a saber: chica, pequeña, intermedia y grande; y el segundo: *Formato de Información Específica (*comprendido por 4 formatos) los cuáles se aplicarán a una sub-muestra de la muestra de plantas de tratamiento citadas anteriormente (Ver Términos de Referencia). Los formatos son los siguientes:

**Formato de Información General**. Información general sobre algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal (PTAR).

**Formato de Información Específica, formato 1.** Información sobre la operación de algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal.

**Formato de Información Específica, formato 2**. Información sobre el manejo de residuos sólidos, lodos y biosólidos generados en algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal.

**Formato de Información Específica, formato 3.** Información de emisiones y control de olores en algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal

**Formato de Información Específica, formato 4**.Información sobre costos de construcción y operación de algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal.

A continuación se presentan los cinco formatos con su respectiva explicación de llenado.

***Instrucciones* para el llenado de los formatos**

**INSTRUCCIONES GENERALES DE LLENADO QUE APLICAN PARA LOS CINCO FORMATOS.**

1. En la celda “País”, deberá indicar el nombre completo del país al que corresponde la información que reporta.

2. En la casilla denominada “Responsable de la Información” deberá indicar el nombre, cargo, institución y correo electrónico de la persona responsable de la información contenida en el formato.

3. El Nombre de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) estará ligado a un número. El NÚMERO QUE ASIGNE A LA PTAR EN EL FORMATO DE INFORMACIÓN GENERAL, DEBERÁ SER EL MISMO PARA LOS CONSECUTIVOS FORMATOS.

4. En el caso de no existir o no disponer de datos precisos para las tablas, se deberá llenar las celdas con los siguientes códigos:

**NE**: No existe: indica que la actividad no se realiza (no hay, tratamiento, reúso, etc).

**NS**: No se sabe: indica que la información aún no ha sido calculada, o no se tuvo acceso a ella.

**FORMATO DE INFORMACIÓN GENERAL. Información general sobre algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal (PTAR).**

*(Aplica para la muestra de las PTAR por país, de acuerdo con las categorías de población).*

El contenido del formato es el siguiente:

**División política del país.** De acuerdo con la división política del país, deberá expresar en cada casilla la manera en que el país está organizado territorialmente. Para cada codificación deberá indicar cuántos son en total. Ejemplo. Departamentos, total 30; Municipios, total 132 etc.

**No. y Nombre de la PTAR.** Indicar el nombre de la planta de tratamientodada por la empresa, o en su defecto el nombre del lugar y asignarle un número a la PTAR que será respetado para los sucesivos formatos.

**Año de construcción de la PTAR.** Indicar el año en que fue concluida la construcción de la planta de tratamiento de agua residual municipal.

**Ubicación de la PTAR.** Indicar las coordenadas geográficas del lugar donde se ubica la planta de tratamiento de agua residual, en el sistema de referencia de latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste), extraídas del *Google Earth*.

**Estado/ Provincia/Departamento/*Otro* (especificar**). Marcar con una (x) la división política principal del país, o citar la denominación correspondiente en la celda “*Otro*” cuando sea diferente a las indicadas (estado, provincia, departamento). Asimismo para cada PTAR, deberá indicar el nombre del Estado/Provincia/ Departamento donde está ubicada.

**Nombre de la ciudad.** Indicar el nombre oficial de la Ciudad donde se ubica la PTAR y su nombre con el cual comúnmente se identifica, ello de existir.

**Población de la ciudad.** Miles de habitantes estimados para el 2010.

**Caudal generado de agua residual por la Ciudad.** Litros por segundo promedio de agua residual que produce la ciudad.

**Agua residual tratada por la PTAR.** Porcentaje de agua residual tratada por la PTAR, con respecto al volumen total de agua residual generada por la población.

**Tipo de tecnología.** Indicar de acuerdo con la clasificación y abreviaturas de la Tabla 1.1., el tipo de tratamiento al cual corresponde la PTAR evaluada.

De no ajustarse la tecnología evaluada con el listado presentado (Tabla 1.1), el responsable de la información deberá especificarlo en la casilla del nivel de tratamiento correspondiente.

Los niveles de tratamientos se clasifican en *tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado*. Tomando como base esta clasificación general, el Anexo 1 presenta y explica brevemente las principales tecnologías existentes para cada nivel de tratamiento.

**Normatividad relativa a la calidad del agua para la cual fue diseñada.** Deberá anexar e indicar la Norma ambiental con que fue diseñada la planta de tratamiento para cumplir con la calidad del agua tratada.

**Tabla 1.1**. Resumen. Tipos de tecnología con su respectiva nomenclatura.

|  |  |
| --- | --- |
| TECNOLOGÍA | NOMENCLATURA |
| Cribas | Criba |
| Desarenadores | Desar |
| Trampas de grasa | Trampa |
| Sedimentación primaria | Sed.Prim. |
| Lagunas aerobias | LagA |
| Lagunas anaerobias | LagAn |
| Lagunas facultativas | LagFa |
| Lodos activados completamente mezclados | LoAcCM |
| Lodos activados con Flujo Pistón | LoAcFP |
| Lodos activados con Aireación Extendida | LoAAE |
| Lagunas de Oxidación | LagOx |
| Filtros percoladores de baja tasa | FPerB |
| Filtros percoladores de media tasa | FPerM |
| Filtros percoladores de alta tasa | FPerA |
| Sistema de filtros biológicos rotatorios | FBioR |
| Filtro sumergido aerobio | FSumeA |
| Fosas sépticas | FosaSep |
| Tanque Imhoff | TanImh |
| Digestor anaerobio convencional | DAn |
| Reactor de contacto anaerobio | RecCAn |
| Filtro anaerobio | FAn |
| Reactor anaerobio de lecho de lodos con flujo ascendente | UASB |
| Sistema natural tipo Wetland | Wetland |
| Filtración lenta con arena | FLenta |
| Filtración semicontinuoMono, flujo descendente | FSMonoD |
| Filtración semicontinuodual, flujo descendente | FSDualD |
| Filtración semicontinuomultimedio, flujo descendente | FSMultiD |
| Filtración en lecho profundo, semicontinuo, mono,Flujo descendente\*Flujo ascendente\* | FLPSMonoDFLPSMonoA |
| Filtración en lecho profundo, semicontinuo, medioFlujo descendente\*Flujo ascendente\* | FLPSMedioAFLPMedioA |
| Filtración en lecho profundo, continuo, mono, flujo ascendente | FLPCMonoA |
| Filtración en lecho profundo, continuo, medio, flujo ascendente | FLPCMedioA |
| Precipitación química | Prec.Qmica. |
| Desinfección con cloro | D.Cl. |
| Desinfección con ozono | D.Ozo |
| Desinfección con rayos ultravioleta | DUV. |

\* La nomenclatura para flujo ascendentes es A y para flujo descendente es D

**Uso del agua residual tratada.** Señalar en la casilla sí el agua: *R reusa y/o D: descarga*, seguido de algún de los siguientes lugares de disposición final que deberá escoger:

*-Agri:* cuando el agua se reusa en actividades de riego agrícola.

*-Indu:* para el caso de reuso en actividades industriales como enfriamiento de calderas, limpieza de equipos, etc.

*-Mpal*: cuando el agua se reusa en riego de parques, riego de jardines, etc.

*-Río*: cuando el agua es descargada a un río aledaño.

*-Mar:* en el caso de ser descargada en uno o varios puntos del mar, incluyendo emisores submarinos.

*-Lago*: cuando se descarga en un lago cercano.

*-Acuí*: descargado al acuífero con fines de recarga ya sea por infiltración o inyección directa.

- *OT:* otro, especificarlo en la casilla.

De acuerdo con el (los) lugar(es) de disposición del agua tratada, debe indicar para cada uno de ellos el porcentaje estimado de descarga. De presentarse los dos casos: R y D, colocarlos en la misma fila. Para mayor claridad, a continuación se presenta un ejemplo.

D río, 40%. R agrí 20%

**Manejo de lodos.** Señalar el tratamiento y disposición final de los lodos.

* **Tratamiento de los Lodos.**

- *N.E.:* cuando no existe tratamiento de lodos.

- De existir algún tratamiento deberá indicar la nomenclatura sugerida (Tabla 1.2), de acuerdo con los procesos de tratamiento y sus variantes descritos en el Anexo 2.

La manera de expresar el tratamiento de lodos, al contar con varios, es de manera secuencial y separados por un signo más (+), como se ejemplifica a continuación: E.Grav+DAn.

**Tabla 1.2** .Resumen. Tipos de tratamiento para los lodos con su respectiva nomenclatura.

|  |  |
| --- | --- |
| **TIPOS DE TRATAMIENTO** | **NOMENCLATURA** |
| Espesado por Gravedad | E Grav |
| Espesado por Flotación | E.Flot |
| Centrifugación | Centri |
| Estabilización con cal | Cal |
| Composteo | Compost |
| Digestión aerobia | DA |
| Digestión anaerobia | DAn |
| Filtros de vacio | FilVac |
| Desaguado por centrifugación | Des.Centri |
| Filtros prensa | Fil.Prensa |
| Filtros banda | Fil.Banda |
| Lechos de secado | Lec.Sec |
| Lagunas de secado | Lag.Sec. |
| Acondicionamiento químico | A.Qmico |
| Tratamiento térmico | Térmico |
| Pasteurización | Pasteur |
| Almacenamiento a largo plazo | A.Largo |

**Disposición final.** Señalar los lugares de disposición final de lodos/biosólidos, al utilizar la siguiente nomenclatura.

- *ReSa:* cuando se dispone en un relleno sanitario, concebido como una obra de ingeniería planeada y ejecutada previendo los efectos adversos al medio ambiente (impermeabilización, extracción, conducción y control del biogás, captación y extracción del lixiviado) para la disposición final de los residuos sólidos.

*-T:* cuando se dispone en un tiradero, contemplado como un sitio inadecuado de disposición final de residuos sólidos que no cumple con los requisitos constructivos y operativos mencionados en la descripción anterior.

*-.A:* en el caso de disponerse en el alcantarillado o en un cuerpo de agua.

*- Sue:* cuando se aplica en el suelo, ya sea como mejorador de suelo o fertilizante.

- *OT:* otro, especificarlo en la casilla.

**Existe Manejo del Biogás?** Utilizar la siguiente nomenclatura, según el caso.

- *N.E.:* si no existe tratamiento del biogás.

- *Coge:* cuando se aprovecha el biogás y el propio usuario genera electricidad.

- *Calor:* cuando el biogás generado se aprovecha como energía calórica.

- *Desulf: si el biogás se trata por medio del tratamiento de desulfurización* en donde el biogás es·"lavado" para retirar el H2S.

**Control de Olores.** Utilizar la siguiente nomenclatura, según el caso.

- *N.E.:* si no existe ningún control de olores.

-De existir algún tratamiento deberá indicar la nomenclatura sugerida (Tabla 1.3), de acuerdo con los procesos de tratamiento y sus variantes descritos en el Anexo 3.

- *OT:* otro, especificarlo en la casilla.

**Tabla 1.3** .Resumen. Tipos de tratamiento para el Control de Olores, con su respectiva nomenclatura.

|  |  |
| --- | --- |
| **TRATAMIENTO** | **NOMENCLATURA** |
| Físico químicos | Adsorción con Carbón Activado | CAG |
| Absorción Química | AbQuím |
| Biológicos | Biofiltro | BBiof |

**Fuente de la información.** Indicar la institución que proporcionó los datos para cada fila llenada. Si indica siglas, estas deberán ser aclaradas a pie de página.

**FORMATO No. 1 DE INFORMACIÓN ESPECÍFICA. Información sobre la operación de algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal (PTAR).**

*(Aplica para la sub-muestra de las PTAR por país, de acuerdo con las categorías de población).*

**No. y Nombre de la PTAR.** Los datos deben coincidir con el formato No.1., pero solamente de la sub-muestra de las PTAR.

**Altitud.** Señalar los m.s.n.m. a los cuáles se ubica la PTAR.

**Temperatura media anual.** Indicar la temperatura media anual del lugar donde se ubica la PTAR.

**Precipitación media anual.** Indicar la pluviosidad promedio del lugar donde se encuentra ubicada la PTAR.

**¿Cómo llega el agua residual a la PTAR?** Deberá indicar en la casilla correspondiente el porcentaje del agua residual que llega a la planta de tratamiento por *Gravedad* o por *Bombeo.*

**Tipo de tecnología.** Indicar de acuerdo con la clasificación y abreviaturas presentadas en la Tabla 1.2, el tipo de tratamiento al cual corresponde la PTAR evaluada. De no ajustarse la tecnología evaluada con el listado presentado, deberá especificarlo en la casilla del nivel de tratamiento correspondiente.

Los niveles de tratamientos se clasifican en *tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado*. Tomando como base esta clasificación general, en el Anexo 1 se presentan y explican brevemente las principales tecnologías existentes.

**Normatividad relativa a la calidad del agua para la cual fue diseñada.** Deberá anexar e indicar la Norma ambiental con que fue diseñada la planta de tratamiento para cumplir con la calidad del agua tratada.

**Superficie total ocupada.** Indicar los metros cuadrados que ocupa la planta de tratamiento de agua residual.

**Datos promedio del influente y efluente de la planta.** Deberá llenar cada una de las siguientes casillas:

* **Caudal.** l/s promedio de agua residual que trata la planta de tratamiento.
* **DQO.** mg/l promedio de Demanda Química de Oxígeno
* **DBO.** mg/l promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno
* **Nitrógeno Total.** mg/l promedio
* **Fósforo Total.** mg/l promedio
* **Sólidos suspendidos totales.** mg/l promedio
* **Calidad.** Número promedio de coliformes fecales por g.
* **Otros.** Indicar en “Otros” los parámetros que considere relevantes a incluir con su respectiva concentración o anexar la caracterización completa del influente y/o efluente de la PTAR. La abreviatura a usar en la casilla de “Otros” cuando coloque varios parámetros o anexe la caracterización, será OT1 que corresponde a la PTAR1, OT2 para la PTAR2, y así sucesivamente. El tipo de información a anexar se indicará a pie de página.

**Fuente de la información.** Indicar la institución y /o persona física que proporcionó los datos para cada fila llenada. Si indica siglas, estas deberán ser aclaradas a pie de página.

**FORMATO No. 2 DE INFORMACIÓN ESPECÍFICA. Información sobre el manejo de residuos sólidos, lodos y biosólidos generados en algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal (PTAR).**

*(Aplica para la sub-muestra de las PTAR por país, de acuerdo con las categorías de población).*

**No. y Nombre de la PTAR.** Los datos deben coincidir con el formato No.1., pero solamente de la sub-muestra de las PTAR.

**Destino final y cantidad dispuesta de los residuos sólidos generados en el Pre tratamiento.** Indicar en la casilla correspondiente de destino final el volumen de residuos sólidos dispuestos (kg/d). A continuación una breve descripción de los probables destinos:

* **Relleno sanitario.** Obra de ingeniería planeada y ejecutada previendo los efectos adversos al medio ambiente (impermeabilización, extracción, conducción y control del biogás, captación y extracción del lixiviado) para la disposición final de los residuos sólidos.
* **Tiradero.** Sitio inadecuado de disposición final de residuos sólidos que no cumple con los requisitos constructivos y operativos mencionados en la descripción. anterior.
* **Incineración.** Proceso térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química en presencia de oxígeno
* **Otro** (especificar). Indicar en la casilla otro método para la disposición final de los sólidos provenientes del pretratamiento, así como la cantidad dispuesta en él.

**Transporte de los residuos sólidos provenientes del Pretratamiento.**

* **Capacidad del vehículo.** Indicar las toneladas de residuos sólidos que transporta el vehículo en un viaje.
* **Combustible usado.** Especificar el tipo de combustible que usa el vehículo para el transporte de los residuos sólidos: gasolina, diesel, gas natural, etc.
* **Distancia al destino final.** Señalar la distancia en kilómetros en donde se ubica el sitio de disposición final donde disponen los residuos del pretratamiento.

**Generación del lodo.** Indicar el origen, volumen y concentración de los lodos, como se indica a continuación.

* **Procedencia del lodo.** Indicar la operación unitaria de tratamiento donde se generó el lodo, de acuerdo con la clasificación y nomenclatura sugerida en la tabla 1.1. De no coincidir dicha clasificación con la PTAR evaluada, escribirla en la casilla correspondiente.
* **Producción de lodo.** Señalar la generación de lodo, ya sea en kg/d de base seca o m3/h, para cada origen del lodo. Deberá colocar la cantidad generada, seguida del proceso donde se generó.
* **Concentración de sólidos suspendidos totales.** Indicar el porcentaje promedio de concentración de los sólidos suspendidos totales en el lodo, de acuerdo con cada procedencia del lodo. Deberá colocar la concentración, seguida del proceso donde se generó, de la misma manera como para la producción del lodo, explicado anteriormente.

A continuación, un ejemplo de los 3 incisos citados anteriormente:



**Manejo de los lodos.** Señalar si los lodos son sometidos a tratamiento o no, de acuerdo con la siguiente indicación.

* **Sin Tratamiento.** Marcar con una (x) si los lodos no se tratan.
* **Con Tratamiento.** Deberá definir e indicar la nomenclatura sugerida en la casilla respectiva, de acuerdo con los procesos de tratamiento y sus variantes descritos en el Anexo 2 y presentados en la Tabla 1.2.

**Disposición final.** Señalar el lugar donde se disponen los lodos/biosólidos.

* **Tiradero (T) o Relleno sanitario (ReSa).** Indicar según sea el caso

-*T*: cuando los lodos se disponen en un Tiradero.

-*ReSa:* cuando los lodos se disponen en un Relleno sanitario.

* Señalar la distancia en km al relleno sanitario o tiradero.
* Marcar con una (X) el manejo realizado al biogás en el relleno sanitario, de acuerdo con las siguientes opciones:
* Venteo a la atmósfera: cuando el biogás se libera a la atmósfera.
* Quemado del Biogás: cuando mediante un quemador de gas, se deja de emitir metano a la atmósfera.
* Con recuperación de energía: para el caso en el cuál el poder calorífico del biogás se aprovecha para generar energía. Deberá indicar los kW-h/día generados.
* **Aplicación en el suelo.** Marcar con una (X), el lugar donde se aplican los lodos/biosólidos.
* **Agrícola o Jardines:** cuando se usa como fertilizante para los cultivos y viveros.
* **Forestal o Erosión:** cuando se usa como mejorador de suelo en bosques o terrenos erosionados.
* **Descarga al cuerpo de agua o alcantarillado.** Marcar esta opción con una (X), cuando los lodos son descargados al alcantarillado o algún cuerpo de agua.

**Caracterización de lodo/biosólido.** Reportar los resultados de la caracterización realizada a los lodos /biosólidos e indicarla en la casilla correspondiente.

* **Metales pesados.** Anexar la caracterización, bajo la nomenclatura OT1, que corresponde a la PTAR1, OT2 para la PTAR2, y así sucesivamente.
* **Microbiológicos.** Indicar los resultados de Coliformes fecales, Salmonella, Huevos de helminto y Virus, presentes en los lodos/biosólidos.

**Existe Norma de Biosólidos ?** Marcar con una (X) si existe o no una Norma. De contar con alguna Norma indicar el nombre y anexar el documento de la norma al formato.

**La disposición final cumple con la Normatividad?** Marcar con una (X) si se cumple o no con la Norma de Biosólidos. De contar y cumplir con la Norma, indicar en la respectiva casilla, el nombre y la clase (de existir) con la cual se está cumpliendo.

**Fuente de la información.** Indicar la institución que proporcionó los datos para cada fila llenada. Si indica siglas, estas deberán ser aclaradas a pie de página.

**FORMATO 3 DE INFORMACIÓN ESPECÍFICA. Información de emisiones y control de olores en algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal.**

*(Aplica para la sub-muestra de las PTAR por país, de acuerdo con las categorías de población).*

**No. y Nombre de la PTAR.** Los datos deben coincidir con el formato No.1, pero solamente de la sub-muestra de las PTAR.

**Producción de Biogás.** Indicar la cantidad de m3/día que se generan de biogás en la PTAR.

**Biogas y olores generados.** Indicar para cada emisión solicitada a continuación, la concentración promedio (%).

* **Metano**
* **Dióxido de carbono (CO2).**
* **Ácido Sulfhídrico (H2S).**
* **Otros** (especificar)
* **Hay presencia de malos olores?** Marcar con una (x) la casilla respectiva: si/no. Adicionalmente en la casilla de “origen” indicar en donde se genera el olor ya sea en el canal de llegada, pretratamiento, tratamiento primario, etc.
* **Hay impacto por malos olores?** Marcar con una (x) la casilla respectiva: si/no, de acuerdo con la existencia de quejas por parte de empleados o vecinos por la presencia de olores.

**Manejo de gases y olores.** Señalar si hay tratamiento de gases y control de olores, de acuerdo con lo siguiente.

* **Tratamiento del Biogás (H2S), Desulfurización**: Marcar con una (x), la casilla respectiva, de llevarse a cabo el proceso descrito a continuación.

Desulfurización: tratamiento en donde el biogás es·"lavado" para la eliminación de H2S.

* **Control de Olores**. Colocar la sigla sugerida de acuerdo con los principales tratamientos físico químicos o biológicos descritos en el Anexo 3 y presentados en la Tabla 1.3. De contar con un tratamiento para el control de olores diferente a los descritos, indicarlo en la casilla respectiva. De usar siglas, aclararlas al pie de página.

De no existir tratamiento alguno señalarlo con una (X) en la casilla de *ninguno.*

**Disposición final y/o usos del Biogás.** Marcar con una (x) la disposición final del biogás, producto del tratamiento del agua residual, de acuerdo con las siguientes opciones.

* **Descarga a la atmósfera:** si el biogás se libera a la atmósfera.
* **Quemado atmosférico:** cuando el biogásse quema antes de liberarse a la atmósfera
* **Aprovechamiento:** cuando el biogás generado se aprovecha como energía calórica.
* **Cogeneración:** cuando el biogás generado se aprovecha paraproducir energía eléctrica. Deberá indicar los kW-h/día generados de electricidad.

**Existen Normas de emisión y control de olores?** Marcar con una (X) si existe o no alguna Norma. De contar con Norma de emisiones de gases y olores, indicar el (los) nombre(s) y anexarla (s) físicamente.

**Fuente de la información.** Indicar la institución que proporcionó los datos para cada fila llenada. Si indica siglas, estas deberán ser aclaradas a pie de página.

**FORMATO No. 4 DE INFORMACIÓN ESPECÍFICA. Información sobre costos de construcción y operación de algunas plantas de tratamiento de agua residual municipal.**

*(Aplica para la sub-muestra de las PTAR por país, de acuerdo con las categorías de población).*

**Costos de los principales insumos de Obra Civil.** Indicar el costo (usd/ton) de los siguientes materiales: varilla, acero inoxidable, acero al carbón y concreto.

**No. y Nombre de la PTAR.** Los datos deben coincidir con el formato No.1., pero solamente de la submuestra de las PTAR.

**Costos de operación de las PTAR.** Indicar los datos de los siguientes insumos.

* **Energía**. Señalar el consumo de energía en la PTAR (kW-h/año), así como el costo del kW-h (usd/kW-h).
* **Reactivos**. Señalar:
* Tipo y origen del producto. Indicar el nombre del reactivo(s) que se utilizan en la PTAR, (separado por una raya oblicua) seguido del proceso de tratamiento donde se usa, especificar empresa que lo fabrica, país donde se encuentra el distribuidor y país donde se fabrica. Ejemplo: (Cloro/desinfección/Dupont/México/USA).
* Consumo. Señalar de cada reactivo los kg/mes que se utilizan.
* Costo. Indicar el costo de cada reactivo (usd/kg).
* **Combustibles.** Marcar en la casilla correspondiente del combustible usado, el consumo (l/mes) y el costo (usd/l). De usar un combustible diferente al indicado, señalarlo en la casilla de *Otro*, precisando su consumo y costo.

**Disposición de lodos/biosólidos.** Indicar el volumen generado, distancia y transporte al sitio de disposición final.

* **Transporte**. Indicar la capacidad del vehículo (ton/ vehículo), y el costo por tonelada de lodo/biosólido transportado (usd/ton).
* **Volumen de lodos/biosólidos**. Indicar el volumen de lodos/biosólidos dispuestos a disposición final (kg o m3/h).

**Fuente de la información.** Indicar la institución que proporcionó los datos para cada fila llenada. Si indica siglas, estas deberán ser aclaradas a pie de página.

**ANEXO 1. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL.**

**1.** **Tratamiento preliminar:** eliminación de aquellos componentes no tratables por su volumen y constitución que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares.

1. *Cribas. S*on usadas para retirar sólidos de gran, mediano y fino tamaño con la finalidad de proteger el equipo. Pueden ser de limpieza mecánica o manual. Hay diferentes tipos de dispositivos como son las rejas, cribas inclinadas, tambores rotatorios, cribas estáticas, entre otros.
2. *Desarenadores*. La remoción de arenas se hace necesaria con el fin de proteger el equipo de bombeo, evitar las acumulaciones en los tanques de aireación, clarificadores, digestores y obstrucciones en la tubería. Los más comunes son los desarenadores horizontales, de canal, aireados y bortex.

c. *Trampa de grasas.* La finalidad de la operación es separar las grasas y aceites que en determinado momento pueden causar problemas en el proceso biológico.

**2. Tratamiento primario**: una porción de sólidos y materia orgánica suspendida pesada o que flota es removida del agua residual.

a. *Tanques de sedimentación primaria*. El objetivo principal es la remoción de parte de sólidos suspendidos. Los tanques más usuales son rectangulares y circulares.

**3. Tratamiento secundario:** en esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos, debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. A continuación, se definen brevemente, los principales tipos de tecnología perteneciente a este nivel de tratamiento.

1. *Lagunas aerobias.* El ingreso de oxígeno a la laguna aerobia es por medio del aire atmosférico, por lo tanto son estructuras de baja profundidad.
2. *Lagunas anaerobias.* Este es otro proceso rústico empleado en aguas de desecho industriales evacuadas a temperatura mayor a la del ambiente y con cierto contenido de sólidos suspendidos sedimentables. Son lagunas de gran profundidad (9.1m) con el fin de mantener condiciones anaerobias. El efluente clarificado es usualmente descargado a otros procesos de tratamiento. La estabilización se logra por la combinación de los fenómenos de precipitación y conversión anaerobia de residuos orgánicos. Un punto particularmente problemático son los malos olores asociados con estos sistemas. Los tiempos de retención hidráulica reportados en la literatura son muy variables y, en general, mayores a 7 días.
3. *Lagunas facultativas..* La estabilización se realiza por la combinación de bacterias aerobias, anaerobias y facultativas. Existen tres zonas unas aerobia donde las bacterias y algas tienen una relación simbiótica, una zona al fondo anaerobia, en la cual se acumulan los sólidos que son descompuestos por bacterias anaerobias; y una zona intermedia que es parcialmente aerobia y anaerobia, en donde la descomposición es realizada por las bacterias facultativas
4. *Procesos de Lodos Activados*. En este proceso, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digerirán para crecer y sobrevivir. Cuando los microorganismos crecen y son mezclados con la agitación del aire, éstos tienden a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos denominada lodo activado y a la mezcla de este lodo con el agua residual se llama licor mezclado. El licor mezclado fluye del tanque de aireación a un clarificador secundario donde el lodo activado sedimenta. Una porción del lodo sedimentado debe ser retornado al tanque de aireación para mantener una apropiada relación sustrato-microorganismo y permitir así una adecuada degradación de la materia orgánica. Debido a que en el tanque de aireación se produce lodo activado por la reproducción de los microorganismos, una cierta cantidad debe ser desechada del sistema con el objeto de mantener constante su concentración en el tanque de aireación; esto es lo que se conoce como lodo de purga. Por otra parte, un requerimiento básico del sistema de lodos activados es su adecuada aireación, que puede ser realizada mediante difusores o aireadores mecánicos.

El proceso de lodos activados ha sido y es uno de los más utilizados. Existen alrededor de 10 sistemas variantes de lodos activados. Los más comunes son los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado y el de aireación extendida.

* *Reactor completamente mezclado.* En el reactor completamente mezclado las partículas que entran al tanque de aireación son inmediatamente difundidas en todo el volumen del reactor logrando una homogeneidad completa en el mismo. La concentración de contaminantes en el reactor es, idealmente, la misma en todo el volumen del reactor.
* *Reactor con flujo pistón.* La concentración de materia orgánica es función de la longitud del tanque. Este tipo de reactor se puede concebir como una sucesión infinita de tanques totalmente mezclados con volumen diferencial que le confieren una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes.
* *Reactor con aireación extendida* es similar a uno completamente mezclado excepto en el tiempo de retención hidráulica y celular, que es mayor, para permitir una digestión del lodo por medio de la respiración endógena.
* *Lagunas de Oxidación.* Anillo de forma ovalada, equipado con dispositivos de aireación mecánica. Opera de manera similar al de aireación extendida con tiempos largos de detención y retención de sólidos.
1. *Filtros percoladores.* En este sistema no se efectúa ninguna acción cribadora o filtrante. El filtro percolador es un dispositivo que permite poner en contacto a las aguas residuales con cultivos biológicos adheridos a un empaque, suficientemente espaciado para que circule el aire. El material de empaque debe contar con una alta relación área/volumen, ser inerte, resistente, durable y de bajo costo. Los filtros percoladores se clasifican en función de la carga orgánica volumétrica alimentada en alta, media y baja tasa.
* *Filtros percoladores de baja tasa.* Con los sistemas de baja tasa se obtienen las mejores eficiencias en la remoción de DBO5 (90 al 95%) y un efluente nitrificado.
* *Filtros percoladores de media y alta tasa* tienen eficiencias del 85 al 90% y su efluente está sólo parcialmente nitrificado; además, en estos sistemas se requiere la recirculación del efluente, lo que significa un gasto energético adicional.
1. *Sistema de filtros biológicos rotatorios*. Este sistema consiste en un empaque circular giratorio en el cual se encuentra la biomasa adherida. El disco rota sobre su eje lentamente (2 a 5 rpm) con un 40% de su superficie sumergida en el agua residual, mientras que el resto entra en contacto con el aire, es decir, la biopelícula interacciona con el aire y el agua en forma sucesiva. Las unidades comúnmente tienen 3 a 6 m de diámetro por 8 m de longitud y una superficie de contacto mayor a 9,000 m2 (Metcalf y Eddy, Inc., 2003). El agua tratada pasa después a un sedimentador secundario, en donde se separa la biopelícula desprendida, que constituye los lodos de purga del sistema y que hay que tratar antes de su disposición final. El proceso no requiere recirculación y sus costos de operación son reducidos.
2. *Filtro sumergido aerobio*. Este sistema consiste de un tanque empacado con elementos plásticos o piedras. El empaque, el cual provee área para la adherencia de los microorganismos, se encuentra sumergido en el agua residual. El oxígeno debe ser incorporado al agua mediante difusores de aire puestos en el fondo del reactor, acoplados a un sistema de compresión por medio de tubos venturi o jets.

El material de empaque puede estar constituido por piedras, plástico, materiales cerámicos e inclusive materiales de origen vegetal.

Un filtro sumergido no contiene partes móviles y combina un tratamiento con base en biopelícula y biomasa en suspensión, características que le confieren una concentración alta de microorganismos en su seno proporcionándole capacidad para el tratamiento de altas cargas de materia orgánica y estabilidad en su operación.

1. *Fosas sépticas.* Tanques prefabricados que permiten la sedimentación y la eliminación de flotantes, actuando también como digestores anaerobios. El tanque séptico es la unidad fundamental del sistema de fosa séptica ya que en este se separa la parte sólida de las aguas residuales por un proceso de sedimentación simple; además se realiza en su interior la estabilización de la materia orgánica por acción de las bacterias anaerobias, convirtiéndola entonces en lodo estabilizado.
2. *Tanque Imhoff.* Pueden verse tanques Imhoff en muchas formas rectangulares y hasta circulares, pero siempre proporcionan una cámara o cámaras superiores por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica. De la forma del tanque se obtienen varias ventajas: 1) los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo; 2) la forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

Como todo dispositivo para un tratamiento primario, el tanque Imhoff puede ser una parte de una planta para el tratamiento completo, y en tal caso su comportamiento de digestión debe tener una capacidad tanto para los lodos secundarios como para los que recibirá de la sobrepuesta cámara de sedimentación.

1. *Digestor anaerobio convencional*. Este sistema se ha aplicado principalmente para la estabilización de los lodos de desecho provenientes del proceso de lodos activados, aunque en la actualidad sus limitadas eficiencias han hecho que sea sustituido por la versión completamente mezclada (alta tasa). Consiste de un tanque cerrado sin agitación y sin calentamiento, en donde el desecho a tratar se estratifica en zonas definidas. La zona microbiana ocupa cerca del 30% del volumen total del tanque. Posee tiempos de retención hidráulica mayores a 30 días (Metcalf y Eddy, Inc., 2003).
2. *Reactor de contacto anaerobio.* Consiste básicamente en un reactor completamente mezclado acoplado a un decantador que separa la biomasa para que sea recirculada al reactor. Es el equivalente anaerobio de los lodos activados.

El punto problemático en este sistema lo constituye la adecuada separación de los lodos anaerobios en el decantador, pues tienen tendencia a flotar, debido a las burbujas de biogás atrapadas en el interior del flóculo. Esto se llega a solucionar colocando un sistema de desgasificación entre el reactor y el decantador. Los tiempos de retención hidráulicos son del orden de 5 días y el tiempo de residencia celular varía entre 15 y 30 días. Este sistema se ha aplicado en el tratamiento de aguas residuales concentradas.

1. *Filtro anaerobio.* Este sistema consiste en un reactor inundado de flujo ascendente o descendente empacado con soportes plásticos o piedras de 3 a 5 cm de diámetro promedio. Este sistema es muy común verlo en el tratamiento de aguas residuales de casas habitación debido a su alta resistencia a la fluctuación en caudales y tipo y concentración de contaminantes. Este sistema regularmente se coloca después de una fosa séptica. La eficiencia de remoción para DQO está alrededor del 65% para aguas residuales de tipo doméstico. Este sistema, por si solo no puede cumplir con la norma para reúso del agua tratada, característica común de los sistemas anaerobios.
2. *Reactor anaerobio de lecho de lodos con flujo ascendente*. El reactor anaerobio de lecho de lodos UASB (upflow anaerobic sludge blanket) pertenece a la llamada "segunda generación" y es por lo tanto un reactor anaerobio avanzado. El reactor está constituido por una cama de lodos (biomasa anaerobia granular) localizada en el fondo del reactor con un volumen aproximado de un tercio del volumen total de éste.

En la parte superior del reactor se coloca el sistema de captación de biogás (campanas colectoras) cuya función radica en la captación del biogás formado y favorece la buena sedimentación de los gránulos anaerobios que pudieran haber atravesado las campanas colectoras de biogás. En la parte superior de las campanas se localiza la zona de sedimentación de lodo, libre de la agitación producida por el biogás.

La zona ubicada entre la cama de lodos y las campanas colectoras de biogás se denomina lecho de lodos o zona de expansión de lodo. En ella se aloja el lodo expandido por la acción del biogás y la velocidad ascendente del agua.

La particularidad de un reactor UASB radica en el hecho de retener dentro del reactor los microorganismos en forma de gránulos o flóculos, lo que aumenta considerablemente el tiempo de retención celular (TRC). Con esto es posible operar el sistema con reducidos tiempos de retención hidráulica (TRH) y con volúmenes de reactor limitados, conservando buenas eficiencias en la remoción de materia orgánica.

El aspecto fundamental del proceso UASB lo constituyen los lodos granulares, necesarios para un correcto funcionamiento. Con un reactor anaerobio tipo UASB alimentado con agua residual doméstica típica se pueden lograr eficiencias de remoción en DQO del orden de 70 a 80%.

En algunos casos, el contenido de materia orgánica aún presente en el agua tratada puede considerarse como inadecuado para su disposición. Sin embargo, los bajos costos del tratamiento anaerobio permiten incorporar un postratamiento aerobio, que realizaría el pulimento, conservando la ventaja económica sobre un proceso totalmente aerobio.

1. *Sistema Natural Construido tipo “Wetland*”. La clave del wetland es que un lecho de raíces de plantas, que generalmente pertenecen al género Phragmites y Thypha, conocidos comúnmente como carrizos y tules respectivamente, proporciona una vía o ruta hidráulica a través de la cual fluye el agua a tratar. Esta zona se llama rizósfera y es el espacio entre los rizomas, las raíces y el suelo circundante. Estas plantas aportan el oxígeno atmosférico a la rizósfera a través de las hojas, tallos y rizomas de estas plantas. El agua residual se trata así aeróbicamente por la actividad bioquímica microbiana en la rizósfera, y anaeróbicamente en el suelo circundante. Las mayores ventajas sobre otros procesos son su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, además de producir un efluente de buena calidad (DBO**5** promedio de 25 mg / L). El suelo de la zona es removido del sitio que ocupará el lecho hasta una profundidad de 1.5 m por debajo de donde fluirá el agua. El suelo de esta excavación se impermeabiliza con tierra, cemento, plástico, fibra de vidrio o asfalto para retener el agua e impedir la infiltración a través del subsuelo. También pueden llegar a ser altamente eficientes en la eliminación de bacterias y amebas patógenas. Este método de tratamiento biológico ofrece también un aspecto agradable a la vista y, en caso de sistemas más grandes, puede constituir asimismo una reserva para la vida silvestre.

**4.Tratamiento terciario o avanzado:** este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario, con el fin de eliminar compuestos tales como los nutrientes y la materia orgánica no biodegradable y persistente y suspendida remanente.

1. *Filtración Lenta con Arena.* El proceso consiste en filtrar el agua a través de una cama porosa de arena, el agua entra por la superficie del filtro y luego drena por el fondo. El filtro consiste en un tanque, una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración.
2. *Filtración en medio granular.* Pueden ser clasificados en términos de su operación ya sea semicontinuo o continuo. En la filtración semicontinua las fases de filtrado y limpieza ocurren secuencialmente, mientras en el filtrado continuo las fases ocurren de manera simultánea. Dentro de cada una de estas dos clasificaciones hay un número de diferentes tipos dependiendo de la profundidad del lecho (convencional, lecho superficial y lecho profundo), el tipo de medio filtrante usado (mono, dual o multi medio), el tipo de operación (ascendente, descendente) y el método usado para el manejo de lodos (superficial o almacenamiento interno). Hay gran variedad de combinaciones de filtros. A continuación se presentan las características operativas de los más comunes filtros de medio granular.
* *Convencional, semicontinuo, mono-dual y multimedio; flujo descendente.* El líquido a ser filtrado pasa a través del lecho filtrante. El flujo puede ser constante o variable, dependiendo del método de control. El medio filtrante es arena, antracita, granate.
* *Lecho profundo, semicontinuo, mono-medio, flujo ascendente o descendente*. El líquido a ser filtrado pasa a través del lecho filtrante. El flujo usualmente es constante.
* *Lecho profundo, continuo, mono-medio, ascendente*. El líquido a ser filtrado pasa a través del lecho filtrante, el cual está moviéndose hacia abajo en dirección de contracorriente. El flujo a través del filtro es usualmente constante.
1. *Precipitación química.* Proceso que involucra la adición de químicos para alterar el estado físico al disolver los sólidos suspendidos y facilitar la remoción por sedimentación.

La precipitación química es usada para mejorar el desempeño en la sedimentación primaria, como un paso básico en el tratamiento físico-químico del agua y para la remoción de fósforo. La necesidad de remover compuestos orgánicos y compuestos ha desarrollado precipitantes químicos. Los más comunes son: alumbre, cloruro y sulfato férrico y cal.

1. *Desinfección.* Se refiere a la destrucción selectiva de organismos que causan enfermedades, debido a que no todos los organismos son destruidos durante el proceso. Esta es la gran diferencia entre desinfección y esterilización. Los agentes químicos que han sido usados como desinfectantes incluyen: cloro y sus compuestos, bromo, yodo, ozono, fenol, alcoholes, peróxido de hidrógeno, entre otros. De todos los desinfectantes químicos, el cloro es quizás el más usado a través del mundo. En la aplicación de los agentes desinfectantes hay que considerar: el tiempo de contacto, la concentración y tipo de agente químico, la temperatura, el número de organismos y la naturaleza de los líquidos suspendidos.

A continuación se presentan generalidades de la desinfección con los agentes químicos más usado.

* *Desinfección con cloro*. Los compuestos de cloro más comúnmente usados en el tratamiento de agua residual son el Cloro gaseoso (Cl2), el Hipoclorito de Calcio (Ca(OCl2), el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) y el Dióxido de cloro (ClO2). Los principales parámetros que pueden ser medidos para la desinfección con cloro, aparte de variables ambientales como son el pH y la temperatura, son el número de organismos y el cloro residual presente después de un periodo específico de tiempo.
* *Desinfección con luz ultravioleta.* Proceso utilizado inicialmente para el tratamiento de agua potable, pero su uso se ha extendido a la desinfección del agua residual. Una apropiada dosis de luz ultravioleta ha mostrado ser un efectivo bactericida y virucida mientras no contribuya a la formación de compuestos tóxicos. La baja presión en la lámpara de arco de mercurio es el principal medio para generar rayos de luz ultravioleta (UV) usado para la desinfección, donde la energía generada por la excitación del vapor del mercurio contenido en la lámpara emite rayos de luz UV.
* *Desinfección con ozono.* El ozono es un reactivo oxidante, que desintegra la pared celular de las bacterias. El método más efectivo para la producción de ozono es la descarga eléctrica. El ozono es un efectivo virucida y se cree que es más efectivo que el cloro. La ozonización no produce sólidos disueltos y no es afectado por el ión amonio o el pH del agua de proceso. Si compuestos tóxicos son formados durante la ozonización, es debido a la dosis de ozono, el tiempo de contacto y los compuestos del precursor.

**ANEXO 2. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.**

1. Espesado. Procedimiento empleado para aumentar el contenido de los sólidos de los lodos por eliminación de parte de la fracción líquida de los mismos, beneficiando a los procesos de tratamiento siguientes. Las operaciones más comunes para el espesamiento de lodos son gravedad, flotación y centrifugación
* *Espesamiento por gravedad* se lleva a cabo en un tanque de diseño similar al de un sedimentador convencional, normalmente de forma circular. A partir de esta operación se pueden obtener grados de espesamiento que varían entre 2 y 5 veces la concentración de los lodos en el influente del tanque, presentando eficiencias menores para el caso de lodos de purga biológicos, ya que su actividad puede provocar condiciones sépticas durante su estancia en el tanque, provocando la formación de gases y con ello la flotación de lodos. La concentración máxima de sólidos que se puede obtener en un espesador por gravedad es del 10% (Qasim, 1994).
* *Espesamiento por flotación* existen tres variantes del proceso: aire disuelto al vacío y por dispersión de aire. Dependiendo de la procedencia de los sólidos, se pueden obtener grados de espesamiento que varían entre 2 y 8 veces la concentración de sólidos en el influente del tanque, obteniéndose los mejores resultados para lodos secundarios. Las concentraciones máximas que pueden obtenerse en un espesador de flotación varían entre el 4 y 5% (Qasim, 1994).
* *Espesamiento por centrifugación*, el espesado de lodos se lleva a cabo bajo la influencia de fuerzas centrífugas, su aplicación es limitada y se emplea principalmente para lodos de purga producidos en sistemas biológicos. Normalmente requieren adición de polímeros y las concentraciones máximas que se pueden obtener en un espesador de este tipo varían entre el 5 y 8% (Qasim, 1994).
1. Estabilización∕ Digestión**.** La estabilización de lodos se lleva a cabo con la finalidad de reducir la presencia de organismos patógenos, eliminar olores desagradables y para inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción. Los procesos de estabilización de lodo más comúnmente usados son: químicos como la estabilización con cal y biológicos como el composteo, la digestión aerobia y la digestión anaerobia
* *Estabilización con cal* consiste en añadir al lodo dosis suficientes de cal para elevar su pH por encima de 12. Dado que la reacción de la cal con el agua del lodo es exotérmica, la temperatura se incrementa, alcanzando valores superiores a 50°C. Como consecuencia de ello el lodo no se pudre, es inodoro (con ligero olor a amoniaco) y no provocará riesgos para la salud pública. Sin embargo estas condiciones se mantendrán solo sí el pH no desciende del valor de 11, por lo menos 2 horas después del tratamiento. Para la estabilización se puede emplear tanto cal hidratada, Ca(OH)2 como cal viva, CaO.
* *Composteo* es un proceso en el que la materia orgánica sufre una degradación biológica hasta alcanzar un producto final estable, tipo humus, higiénico y libre de características desagradables; los biosólidos producidos son usados generalmente como mejoradores de suelos. Durante este proceso los lodos se mezclan con un material de enmienda, generalmente astillas de madera y paja, el cual sirve para proporcionar soporte estructural y aumentar la porosidad de la mezcla con objeto de mejorar la efectividad de la aireación. Dicha aireación no sólo es necesaria para aportar oxígeno a los microorganismos, sino también para controlar la temperatura y eliminar la humedad excesiva (Metcalf & Eddy, 1991; WEF, 1993). De esta manera, conforme aumenta la descomposición de la materia orgánica contenida en los lodos, se incrementa la temperatura situándose en el intervalo de pasteurización (50 a 70°C), permitiendo la destrucción de organismos patógenos y la conversión del aproximadamente 20 al 30% de los sólidos volátiles a dióxido de carbono y agua.
* *Digestión aerobia de lodos* consiste en degradar la materia orgánica en presencia de oxígeno, lo cual implica un largo periodo de aireación. En este proceso conforme se agota el sustrato, los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma para obtener la energía necesaria para las reacciones de mantenimiento celular (fase endógena). Puede llevarse a cabo en intervalos de temperatura mesofílico y termofílico. La digestión aerobia sin fuentes externas de calor se puede llevar a cabo utilizando el calor desprendido durante la oxidación microbiana de la materia orgánica para el calentamiento del lodo (Metcalf & Eddy, 1991)
* *Digestión anaerobia* es fundamentalmente, un proceso de degradación que convierte materia orgánica en metano y dióxido de carbono en ausencia de oxígeno. Este proceso suele tener lugar en intervalos mesofílico (20-40°C) y termofílico (50-60°C) de temperatura.
1. Desaguado**.** Tiene como finalidad reducir el contenido de humedad de los lodos con los siguientes objetivos:Facilitar el manejo y disminuir los costos de transporte de los lodos hasta el sitio de su evacuación final; eliminar el exceso de humedad para evitar la generación de malos olores, aumentar el poder calorífico antes de la incineración y reducir la cantidad del material de soporte o enmienda en caso de que se vayan a compostar los lodos; y reducir la producción de lixiviados en caso de que los lodos sean dispuestos en una celda o relleno sanitario

Los procesos de deshidratación disponibles son los filtros de vacío, centrífugas, filtros prensa, filtros banda, lechos de secado y lagunas (Metcalf & Eddy, 1991).

* *Filtros de vacío* consisten en un cilindro cubierto con una fibra sintética que sirve de medio filtrante, el cual gira parcialmente sumergido en los lodos. En su interior se genera un vacío, el cual hace que el agua contenida en los lodos pase a través del medio filtrante, dejando en la superficie de éste una capa de lodos con concentraciones de sólidos, que dependiendo de la procedencia de los lodos, varían entre el 13 y el 45% (Metcalf & Eddy, 1991).
* *Desaguado por centrifugación* se logra a partir de la compactación de los lodos efectuada por medio de las fuerzas centrífugas, empleando velocidades de rotación de 1600 a 2000 rpm. El porcentaje de sólidos obtenido en los lodos varía entre el 30 y 35%, con una captura de sólidos entre el 80 y 90% (Metcalf & Eddy, 1991).
* *Filtros prensa* logran el desaguado de los lodos forzando la evacuación del agua contenida, por medio de la aplicación de presiones elevadas. Fundamentalmente consisten en una serie de placas rectangulares colocadas en posición vertical sobre un bastidor con un extremo móvil y otro fijo. Las placas tienen una hoquedad entre ellas. La superficie de cada placa esta cubierta con una membrana filtrante, de tal forma que cuando se aplican presiones de trabajo variables entre 690-1550 kN/m2, el agua pasa a través de la tela filtrante mientras los sólidos quedan atrapados en el hueco formado por las placas.
* *Filtros banda* son dispositivos de desaguado de lodos de alimentación continua que incluyen el acondicionamiento químico, drenaje por gravedad y aplicación mecánica de presión para deshidratar dichos lodos. En estos sistemas los lodos acondicionados son introducidos en una zona de drenaje por gravedad donde se produce su espesamiento, eliminando así la mayor parte de agua, para después pasar a una zona de baja presión entre dos bandas porosas, en donde los lodos deshidratados son separados mediante rascadores.
* *Lechos de secado* son el método más antiguo para el desaguado de lodos y se utilizan principalmente para la deshidratación de lodos digeridos. El lodo se extiende en capas de 20 a 30 cm de espesor sobre la arena y se deja secar; el lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y de arena, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire (Metcalf & Eddy, 1991). El contenido de humedad después de 10 a 15 días, en condiciones favorables, es de alrededor del 60%.
* *Lagunas de secado* se pueden emplear en lugar de los lechos de secado. Este método se aplica solo cuando se tiene disponibilidad de terreno y se recomienda para lodos estabilizados con objeto de evitar malos olores. El lodo se descarga a la laguna en capas de 0.75 a 1.25 m, y después de varios meses de exposición, se retira mecánicamente con un contenido de sólidos que varía entre el 25 y 30% (Metcalf & Eddy, 1991).
1. Acondicionamiento. Los lodos se acondicionan con la finalidad de mejorar sus características de deshidratación. Los métodos más comúnmente empleados son la adición de reactivos químicos y el tratamiento térmico.
* *Acondicionamiento químico* se lleva a cabo antes de sistemas de deshidratación mecánica, y se logra mediante la adición de productos químicos como el cloruro férrico, cal, alúmina y polímeros orgánicos. Los factores que afectan a la elección del tipo y dosificación de los reactivos para el acondicionamiento de lodos son las propiedades de los mismos, así como el tipo de dispositivos para el mezclado y deshidratación a utilizar (Metcalf & Eddy, 1991).
* *Tratamiento térmico* es un proceso de estabilización y acondicionamiento de lodos, en el cual estos son calentados hasta una temperatura de 140-240°C en un depósito a una presión de 1720 kN/m2, durante cortos periodos de tiempo que varían entre 15 y 40 minutos. Este proceso es empleado para la coagulación de los sólidos y la destrucción de la afinidad existente del agua con los sólidos contenidos en los lodos, teniendo mayor aplicación en lodos biológicos que son difíciles de estabilizar o acondicionar por otros métodos.
1. Desinfección**.** La desinfección de los lodos está adquiriendo gran importancia como proceso adicional debido a las estrictas normas aplicables a la reutilización de lodos y su aplicación en suelos. Los procesos de digestión anaerobia y aerobia (exceptuando la digestión anaerobia y aerobia en intervalos de termofília) no desinfectan el lodo. Los métodos más adecuados para la desinfección de lodos líquidos que provienen de la digestión anaerobia y aerobia son la pasteurización y el almacenamiento a largo plazo.
* *Pasteurización* la temperatura se eleva hasta los 70°C durante 30 minutos, permitiendo con esto la inactivación de organismos patógenos y parásitos. Los dos métodos que se emplean para la pasteurización de lodos son la inyección directa de vapor y el intercambio indirecto de calor (Metcalf & Eddy, 1991).
* *Almacenamiento a largo plazo* el lodo líquido digerido se almacena en lagunas excavadas en el suelo, por lo que se requiere disponer de un terreno suficiente. Los tiempos de retención típicos que se necesitan para la desinfección de lodos varían entre 60 y 120 días, a las temperaturas de 20 y 4°C respectivamente (Metcalf & Eddy, 1991).

**ANEXO 3. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE OLORES.**

1. Tratamiento Físicos y Químicos
* *Adsorción, Carbón Activado.* Los gases olorosos pueden ser pasados a través de lechos de carbón activado para remover los olores. La regeneración del carbón activado puede reducir costos.
* *Absorción Química .*Diseñados para hacer un contacto máximo entre los compuestos olorosos en la corriente de aire fétido y una solución química de limpieza. Los compuestos son absorbidos y luego oxidados por medio de productos químicos.
1. Tratamiento Biológico
* *Biofiltración.* Consiste en el paso del gas mal oliente a través de un lecho empacado biológicamente activo, donde los contaminantes son absorbidos y degradados biológicamente por la población microbiana transformándolos a CO2, agua y nuevo material celular.

El principal componente del biofiltro es el medio biológico filtrante, en donde los compuestos indeseables en el aire, en primera instancia, son absorbidos y adsorbidos para que puedan ser degradados posteriormente por los microorganismos. El material de empaque del medio biológico filtrante es una mezcla de materiales naturales con un área específica y espacios vacíos grandes, y que puede ser composta, tierra o turba mezclada con un abultante (hojarascas, piedras, plumas, etc.) o también materiales cerámicos con gran cantidad de poros en su superficie. El medio posee la superficie, la humedad 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.