



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

## **Guía Técnica para la Evaluación de Impacto Ambiental de Aguas Residuales**

**Dirección General de Evaluación y Cumplimiento**

**Fecha: 05 de marzo 2019**

## Contenido

1. Introducción.....	2
2. Objetivos de la Guía.....	2
3. Recomendaciones para el uso de la Guía. ....	3
4. Aspectos generales.....	3
5. Concepto, clasificación, origen y composición y formas de coleccionar las aguas residuales. ..	4
5.1. Concepto de agua residual.....	4
5.2. Clasificación de las aguas residuales.....	4
5.3. Formas de coleccionar las aguas residuales.....	5
6. Objetivos del tratamiento del agua residual, clasificación general de los sistemas de tratamientos de las aguas residuales y de los lodos producidos. ....	5
6.1. Objetivos.....	5
6.2. Líneas de tratamientos de las aguas residuales. ....	6
6.3. Línea de tratamiento de lodos. ....	8
7. Reutilización de las aguas residuales y de los lodos producidos.....	9
8. Elementos específicos que se deben tener en cuenta en la realización de un EslA para la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.....	11
8.1. Descripción del proyecto propuesto y sus alternativas: .....	11
8.2. Aspectos generales a tener en cuenta para la base de diseño de un sistema de tratamiento.....	11
8.3. Descripción, caracterización y cuantificación del medio ambiente actual. ....	14
9. Principales impactos ambientales que pueden causar los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Metodologías para determinarlos. ....	17
10. Aspectos a tener en cuenta en el monitoreo para control del funcionamiento de un sistema de tratamiento de agua residual.....	18
11. Bibliografía .....	19

## I. Introducción.

Ejecutar una actividad, obra o proyecto conlleva inevitablemente impactar de alguna manera el medio ambiente del lugar donde la pretendemos ejecutar. En dependencia de la magnitud de lo que acometemos, así serán los impactos que causemos.

El EIA se define como el proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un Estudio de Impacto Ambiental (*EsIA*), estimar los efectos y consecuencias que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto pueden causar sobre el ambiente, asegurar la ejecución y seguimiento de las medidas que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar, según sea el caso, dichos impactos<sup>1</sup>.

Como se puede ver el *EsIA* es una herramienta técnica que forma parte del EIA y permite conocer de ante mano (*a partir de una línea base*), los impactos (*positivos y negativos*) que pueda causar una actividad, obra o proyecto durante las diferentes fases de su vida (*construcción, operación y cierre*), así como estimar las medidas de mitigación, corrección o compensatorias que se deben adoptar para ejecutar la actividad, obra o proyecto de la manera más amigable al medio ambiente.

Un *EsIA* bien elaborado en donde se describan debidamente la actividad, obra o proyecto que se pretende ejecutar, las características del lugar donde se van ejecutar (*línea base*) y las medidas de corrección, mitigación o compensatorias, significa una disminución en los tiempos de tramitación del Permiso ambiental y por supuesto una disminución en los costos de elaboración de lo que pretendamos hacer.

Por esta razón el Ministerio de Medio Ambiente y Recurso Naturales (*MARN*) se ha dado a la tarea de conformar una serie de documentos que ayuden a todas las personas interesadas en la elaboración de un *EsIA* con el que se lograra un documento que contenga la información exacta que necesita la autoridad ambiental para evaluar correctamente una actividad, obra o proyecto.

Dentro de estos documentos se encuentra la presente Guía Técnica para la Evaluación de Impacto Ambiental de Aguas Residuales, desarrollada a partir del conocimiento y la experiencia de varios técnicos del *MARN* relacionados con el proceso de EIA.

Este documento se ha escrito de manera genérica y contiene todos los aspectos generales a considerar para la realización de *EsIA* para el sector de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, podrá ser acondicionada a la situación particular de cada proyecto.

## 2. Objetivos de la Guía.

La presente guía tiene como objetivos los siguientes:

1. Detallar la información precisa que se necesita para desarrollar la parte relacionada con el tratamiento de aguas residuales en un EsIA, en correspondencia con los TDR aprobados al efecto.
2. Acortar los plazos de tramitación de la solicitud de un Permiso Ambiental, al evitar que se ejecuten observaciones por falta de información.
3. Realizar una correcta evaluación ambiental de la actividad, obra o proyecto que se presenten.

### 3. Recomendaciones para el uso de la Guía.

A la hora de utilizar la presente guía se tiene que tener en cuenta que la misma constituye un documento orientativo que no pretende en ningún momento eliminar o simplificar partes en la tramitación del proceso de EIA y mucho menos suplir o modificar la legislación ambiental vigente.

Es importante tener en cuenta que la Guía siempre va estimar el escenario más frecuente, lo que significa que puede darse el caso de que una actividad, obra o proyecto tenga características específicas que no puedan estar contenidas en este Guía. En esos casos debe buscar aquellos aspectos que más se le asemejen y adoptarlas a su proyecto.

En la guía se hace referencia a otros documentos (*legales y técnicos*) de consulta que pueden ayudar a una mejor comprensión del tema y un mejor desarrollo del mismo en el EsIA.

Para los aspectos no considerados en la presente Guía, se deben tomar en cuenta las “Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador”, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016.

### 4. Aspectos generales

El vertimiento de aguas residuales a los cuerpos de aguas, terrestres y marinos, produce afectaciones en la calidad de los mismos y la calidad de vida de los seres vivos que directa o indirectamente dependen de ellos.

Se entiende por contaminación de las aguas, la alteración química, física, biológica o estética, producida por la actividad del hombre de forma directa o indirecta.

Como principio fundamental a la hora de planificar la ejecución de una actividad, obra o proyecto se debe tener en cuenta necesidad de reducir al máximo la emisión de aguas residuales, a partir de la adopción de medidas que ayuden a disminuir el consumo de agua limpia y sobre todo favorecer (*en los casos que proceda*) el reuso de las aguas residuales tanto en la propia actividad, obra o proyecto que se desarrolla, como en otras áreas cercanas a lugar que ocupan.

## 5. Concepto, clasificación, origen y composición y formas de coleccionar las aguas residuales.

### 5.1. Concepto de agua residual

A los efectos de la presente Guía se entiende como agua residual: aquella que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Ellas son de dos tipos: Ordinario y Especial.

### 5.2. Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican<sup>2</sup> en:

1. **Tipo Ordinario:** Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

La cantidad (*caudal*) de aguas residuales que produce una comunidad está en proporción al consumo de agua potable y al grado de desarrollo económico y social, puesto que un mayor desarrollo trae consigo un mayor y más diverso uso del agua en las actividades humanas.

En la práctica, del 60 % al 80 % de agua potable consumida, se transforma en residual y si a esto le añadimos el agua procedente de las precipitaciones atmosféricas, se pueden alcanzar cifras superiores a las de consumo<sup>3</sup>.

2. **Tipo Especial:** Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario.

Se originan en cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua (*que no sean las aguas residuales domésticas ni las aguas pluviales*).

Se diferencia de las aguas residuales ordinarias, en el grado de contaminación (*física, química, microbiológica y radiactiva*) que presentan y por supuesto en lo complejo que resulta su tratamiento y eliminación. La cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen no pueden ser eliminados mediante un sistema de tratamiento convencional, por lo que se necesitan la combinación de ellos para lograr su estabilización.

Las instalaciones que producen aguas residuales especiales se pueden clasificar en los grupos siguientes:

1. Instalaciones con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, azucareras, mataderos, lavanderías, plantas de procesamiento de lácteos, así como donde se lleven a cabo procesos de fermentación o preparación de productos alimenticios.

2. Instalaciones con efluentes orgánicos e inorgánicos: Refinerías y petroquímicas, fabricación de productos químicos varios, textiles.
3. Instalaciones con efluentes principalmente inorgánicos: Limpieza y recubrimiento de metales, las que fabrican productos químicos inorgánicos.
4. Instalaciones con efluentes con materias en suspensión: Lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada continua, etc.
5. Instalaciones con efluentes de refrigeración: Centrales térmicas.
6. Instalaciones con efluentes con riesgo biológicos: Hospitales, clínicas, laboratorios farmacéuticos.

### 5.3. Formas de coleccionar las aguas residuales.

Existen dos formas para coleccionar las aguas residuales (*sean ordinarias o especiales*):

1. Desagregado o Separado: comprende dos canalizaciones distintas, una la sanitaria, para la evacuación de aguas residuales ordinarias y la otra para las aguas residuales especiales.
2. Unitario: se recogen en una misma canalización los dos tipos de aguas residuales señalados.

Como se puede observar, el sistema unitario aparenta ser el más económico, porque solo se necesita un solo tipo de sistema de conducción. Pero tiene como inconveniente que el volumen de agua es mayor, por lo que el sistema de conducción, como el de tratamiento debe ser capaz de asimilar las variaciones de flujo lo que puede traer como consecuencia mayor área a ocupar y problemas de eficiencia.

El sistema de separación favorece un manejo más eficiente de las aguas y ayuda que el diseño del sistema de tratamiento disminuya en tamaño y composición, así como a disminuir considerablemente el caudal a tratar y lograr una mayor eficiencia en el tratamiento. Es por eso que se recomienda utilizar siempre el tipo desagregado.

## 6. Objetivos del tratamiento del agua residual, clasificación general de los sistemas de tratamientos de las aguas residuales y de los lodos producidos.

### 6.1. Objetivos

El tratamiento de las aguas residuales y de los lodos producidos tiene como objetivo disminuir los contaminantes que estos poseen hasta alcanzar los límites permisibles de los

parámetros de calidad establecidos en el Reglamento Técnico Salvadoreño y otras normativas vigentes previo a su descargar reuso o disposición.

En la presente guía se describirán los sistemas que a nuestra consideración son los más factibles para construir, operar y mantener<sup>4</sup>.

## 6.2. Líneas de tratamientos de las aguas residuales.

Todo sistema de tratamiento de aguas residuales tiene dos líneas principales de tratamiento: una para las aguas residuales y otra para el tratamiento de los lodos que se forman durante el proceso de tratamiento de ese tipo de aguas especialmente en los sistemas primarios y secundarios.

Dentro de la línea de tratamiento de las aguas residuales, los sistemas se clasifican de la siguiente manera<sup>5</sup>:

**Pre tratamiento.** Este tipo de sistema cumple dos objetivos, la eliminación de sólidos gruesos, arenas y grasas y la protección de los equipos de bombeo y de las etapas de tratamiento posteriores. Este es un método de separación de sólidos de muy bajo costo y de fácil la operación y mantenimiento, su única dificultad radica en que se necesita un desnivel grande entre el punto de entrada y el punto de salida del residual.

Entre los más usados se pueden mencionar las cámaras de rejillas, los desarenadores y las trampas de grasas.

**Tratamiento Primario.** Están constituidos por diferentes etapas secuenciales, que utilizan procesos físicos y/o químicos, tales como el cribado, la sedimentación (*simple o con químicos: coagulantes o polímeros*), la filtración y la flotación. Debido a su naturaleza y desde el punto de vista de remoción de contaminantes, el tratamiento primario actúa, fundamentalmente, sobre los sólidos suspendidos y coloidales presentes en el agua residual, no así sobre los sólidos disueltos.

Entre estos sistemas encontramos a las Fosas Sépticas, Tanque Séptico, Tanque Imhoff, la Sedimentación Primaria y las Trampas de Grasas.

**Tratamiento Secundario:** Conocidos también como “tratamientos biológicos”, consisten en la estabilización de la materia orgánica contaminante, aún presente en el agua residual después del tratamiento primario, mediante la acción de una biomasa activa, especialmente bacterias.

Se pueden mencionar el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), lagunaje, humedales artificiales, Filtros Intermitentes de Arena, Filtros de turba.

Actúan a través de procesos de absorción biológica con reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas que permiten utilizar los sólidos disueltos como fuente de energía, de tal manera que una vez aprovechados, son transformados en sólidos mineralizados o estabilizados. Por lo tanto, las bacterias se alimentan a través de su membrana citoplásmica, utilizando la fracción soluble (*disuelta*) de la materia orgánica.

De acuerdo con la forma en que utilizan el oxígeno para la realización de sus funciones metabólicas, las bacterias pueden ser aeróbicas, anaeróbicas y facultativas; las tecnologías de tratamiento secundario reciben su nombre en función del tipo de bacterias presentes en el proceso biológico.

**Tratamiento Terciario.** Son tratamientos de pulimento para eliminar de los efluentes determinadas sustancias por requerimientos de vertido. Incluyen:

1. Procesos de oxidación y de reducción (*destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables*).
2. Procesos de precipitación química: eliminación de metales y aniones inorgánicos.
3. Arrastre con aire o vapor (*stripping*): eliminación de compuestos volátiles.
4. Procesos de membrana (*ósmosis inversa, ultrafiltración, electrodiálisis, etc.*).
5. Procesos de intercambio iónico: eliminación de especies disueltas y coloides en su caso.
6. Procesos de adsorción con carbón activo: eliminación de compuestos orgánicos.
7. Procesos de eliminación de nutrientes, tales como las lagunas de maduración (*también contribuyen a la remoción de organismos patógenos*) y los procesos de nitrificación de nitrificación.

**Desinfección:** Se utiliza para eliminar los organismos patógenos. El método más usado es el de la cloración, aunque se pueden emplear también la radiación ultravioleta y la ozonización.

**Sistema Combinado:** se trata de la combinación de dos o más sistemas de tratamientos: Pueden mencionarse los sistemas la Cloración, el tratamiento con rayos UV y las Lagunas de Maduración.



Figura. Combinación de diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales<sup>6</sup>.



### 6.3. Línea de tratamiento de lodos.

Los lodos se originan fundamentalmente en los tratamientos primarios y secundarios de la planta de tratamiento. En ambos casos, son un residuo líquido, con un contenido en agua superior al 95%, por lo que ocupan volúmenes importantes y de naturaleza putrescible. Estas características del lodo producido hacen que sea necesario someterlo a un tratamiento de manera óptima, tanto desde el punto de vista sanitario y medioambiental, como de su manejo.

El tratamiento debe tener en cuenta los siguientes objetivos:<sup>7</sup>:

1. Reducir su volumen, mediante su concentración y eliminación parcial del agua.
2. Lograr su estabilización para evitar problemas de fermentación y putrefacción.
3. Conseguir una textura que los haga manejables y fáciles de transportar.
4. Eliminación de patógenos, que los haga inocuos desde un punto de vista sanitario.

Los lodos resultantes del sistema de tratamiento de aguas residuales ordinarias tienen una alta concentración de organismos patógenos y en ocasiones metales pesados. Su tratamiento constituye una parte fundamental de las plantas de tratamiento y supone un 50% del costo de inversión, además de los costos de mantenimiento y control<sup>8</sup>.

El tratamiento de lodos lo pueden integrar los procesos siguientes<sup>9</sup>:

**Espesamiento:** antes de proceder a la eliminación, o estabilización de los lodos que se han separado del agua residual es conveniente (*rentable*) proceder al espesamiento de los lodos; lo que permite reducir al mínimo el volumen para facilitar su manejo, transporte y almacenamiento. Se suele realizar por procedimientos como centrifugación o flotación.

A la hora de diseñar los espesadores se deben tener en su capacidad de espesamiento, su Velocidad ascensional, la altura del espesado y el tiempo de retención.

**Estabilización o digestión:** Puede ser de dos tipos

- a. **Aerobia.** Viene a ser la eliminación en presencia de aire, de la parte fermentable de los lodos. Los lodos en este proceso disminuyen de forma continua por la acción de los microorganismos existentes en el reactor biológico a la vez que se produce una mineralización de la materia orgánica. Los productos finales de este proceso metabólico son anhídrido carbónico, agua y productos solubles inorgánicos.
- b. **Anaerobia.** Se considera el método más adecuado para obtener un producto final aséptico. La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire. La digestión pasa por procesos de: licuefacción, gasificación y mineralización produciéndose un producto final inerte y con liberación de gases.

**Deshidratación de lodos:** Se utiliza para eliminar de agua capilar y de adhesión donde se precisan fuerzas mecánicas en centrifugas y filtros. El método más recomendado para realizar este proceso es utilizar lechos de secados, donde el lodo se seca mediante la ayuda de la luz solar. Existe otro método en el cual se utilizan prensas y centrifugadoras.

**Desinfección:** Es el proceso mediante el cual se trata de eliminar una gran cantidad de organismos patógenos presentes en los lodos y que pueden suponer un riesgo sanitario en su utilización. Los métodos que se utilizan son la pasteurización que somete a los lodos a temperaturas de 70°C y durante 30 minutos o el compostaje y la estabilización termofílica aerobia o anaerobia que provoca temperaturas de 60°C y un pH de 8 durante 48 horas o 24 horas si el pH es diferente, este último método es el más recomendable por ser el de menor costo de operación<sup>10</sup>.

## 7. Reutilización de las aguas residuales y de los lodos producidos.

Se entiende por reuso de las aguas residuales tratadas al aprovechamiento de un efluente de agua residual tratada antes o en el lugar de su descarga, que cumple con los niveles de calidad para cada uno de los reusos previstos, tomando en cuenta la protección al ser humano, medio ambiente y los diferentes procesos productivos.

Antes de reusar el agua residual se tiene que tener en cuenta los riesgos que puede ocasionar para la salud, los beneficios, la aceptación de la sociedad.

Para hacer un reuso de las aguas residuales es necesario tener en cuenta algunos elementos técnicos como son<sup>11</sup>:

1. Identificación y caracterización de las demandas potenciales del agua.
2. Identificación y caracterización de las fuentes existentes de agua requerida, con el fin de determinar su potencial para el reuso.
3. Requerimientos del tratamiento necesario para producir un agua tratada segura y con calidad necesaria para el reuso indirecto como fuente de agua.
4. Facilidades de almacenamiento para un balance que considere las fluctuaciones estacionales de las demandas y las posibilidades de entrega.
5. Facilidades suplementarias para la operación del sistema de reuso tales como, distribución; facilidades de almacenamiento, operacional, y las alternativas de entrega final (Sistemas de Riegos).
6. Los impactos ambientales potenciales al implementar el sistema de reuso, incluyendo la preparación de documentos ambientales pertinentes.
7. Consideración del posible efecto de acumulación en el medio de ciertos elementos o compuestos presentes en las aguas residuales.

La reutilización de las aguas residuales tiene ventajas y desventajas. Entre estas tenemos<sup>12</sup>:

### Ventajas

1. Reducción en la demanda de agua.
2. Reducción de sistemas de tratamiento por re direccionamiento de algunas corrientes.
3. Recuperación de costos en aquellos sistemas donde se evalúa el costo del recurso.
4. Aprovechamiento de nutrientes en el riego.

## Desventajas

1. Los recursos con variabilidad estacional reducen el campo de aplicación o implican inversiones con poca factibilidad de recuperarlas.
2. Riesgo de atracción de vectores.
3. Riesgos de enfermedades por contacto directo.
4. Riesgos de contaminación por tratamientos incompletos o mal controlados.
5. En el caso del reuso industrial se deben mantener las fuentes tradicionales ante el riesgo de que el efluente no tenga puntual y eventualmente las características requeridas.
6. Dependiendo de la calidad del agua necesaria a la salida, es necesario implementar tratamientos adicionales.

Reuso Directo Planeado: Ocurre cuando los efluentes tratados son empleados directamente en alguna aplicación de reuso local. Ejemplo cuando el efluente recibe un tratamiento tal que puede ser utilizada nuevamente como agua potable.

El reuso de este tipo de agua está muy condicionado al tipo de agua residual que se produzca. Así vemos que las aguas residuales se pueden reusar de acuerdo a lo establecido en el art. 23 del Reglamento Especial de Aguas Residuales. Además, los titulares podrán proponer otro tipo de reuso de las aguas residuales, entre las cuales se pueden mencionar: Como agua de refrigeración, fases de un proceso industrial, líneas de incendio, riego de zonas verdes (solo en algunos casos).

Antes de hacer cualquier tipo de reuso del agua residual se debe conocer el tipo de agua residual, la caracterización físico-químico-bacteriológico y el destino del reuso.

En la NSO13.49.01.09. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor<sup>13</sup>, se establecen los parámetros que deben cumplir las aguas residuales (*ordinarias o especiales*) para ser vertidas especialmente en un cuerpo receptor.

Los lodos que se producen en el tratamiento de aguas residuales también pueden ser reusados en diferentes actividades. Los dos principales problemas que se pueden presentar en los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales son la presencia de metales pesados y de microorganismos patógenos.

Entre los principales usos que se le pueden dar a los lodos encontramos los siguientes:

1. Utilización en agricultura como abono
2. Recuperación de terrenos agotados.
3. Recuperación de energía eléctrica, mecánica y calorífica.
4. Compostaje.

Antes de realizar cualquier tipo de reuso de los lodos tratados se tienen que hacer análisis de laboratorio para determinar si el proceso de tratamiento elegido ha sido eficiente y se han reducido adecuadamente la presencia de elementos contaminantes especialmente los metales pesados y microorganismos patógenos. Además, debe ser considerado y estimado cualquier efecto de acumulación en el ambiente a corto o largo plazo de elementos u compuestos potencialmente dañinos provenientes directa o indirectamente del uso de los lodos.

## 8. Elementos específicos que se deben tener en cuenta en la realización de un EsIA para la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para desarrollar este capítulo forman parte de los Términos de referencia generales para elaboración de Estudio de Impacto Ambiental<sup>14</sup>.

### 8.1. Descripción del proyecto propuesto y sus alternativas:

Existen dos opciones para presentar un sistema de tratamiento de aguas residuales:

1. Como parte integrante de un proyecto de mayor envergadura como por ejemplo una industria, urbanización, hospital, etc. Resulta la más aceptada porque permite, a la hora de realizar la evaluación ambiental del proyecto, si el tipo de sistema de tratamiento propuesto resulta el más adecuado para depurar las aguas residuales que se puedan producir. Un EsIA no se considerará completo si no se incluye la solución de tratamiento que se le pretenda dar a sus aguas residuales.
2. Como un único proyecto. Solo se debe utilizar para instalaciones o comunidades que ya se encuentren en explotación y que no por alguna razón no tengan, o que pretendan mejorar el sistema de tratamientos aguas residuales que ya poseen.

### 8.2. Aspectos generales a tener en cuenta para la base de diseño de un sistema de tratamiento.

A la hora de elegir un sistema de tratamiento de agua residual se deben tener en cuenta como mínimo los aspectos siguientes:

1. **Tipo de agua residual tratar.** Características físicas, químicas y biológicas.
2. **Normativas (legales y técnicas), planes de desarrollo territorial, zonificación ambiental y aspectos administrativos que puedan afectar el proyecto.**
3. **Año horizonte del proyecto.** Debe estimarse como mínimo un límite de 20 años<sup>15</sup>, se estima a partir de:
  - a. Para las aguas residuales ordinarias, a la población actual (*fija y estacional*) que puede ser beneficiada y el estimado el crecimiento que puede experimentar.
4. **Caudal estimado del agua residual a tratar,** estableciéndose los valores mínimos, medios y máximos diarios y su proyección futura (*año horizonte del proyecto*). En el caso de las aguas residuales ordinarias puede calcularse estimando la cantidad de agua promedio que se consume (*dotación por número de habitantes*) de manera puntual y promedio.

Para las aguas residuales especiales provenientes de una industria se tienen que tener en cuenta el balance hídrico dentro del proceso productivo que pretende desarrollar el proyecto. Debe evidenciarse y comprobarse todas las entradas y salidas de agua y se estime un volumen final de aguas residuales, tanto actual como a futura ampliación de operaciones.

5. **Características geográficas del lugar donde se pretenda instalar el sistema.** Haciéndose hincapié en las características de las pendientes existentes. Resulta muy provechoso utilizar las pendientes de un lugar para ubicar el sistema de tratamiento de residuales, como regla primordial se debe ubicar este sistema en donde las pendientes ayuden a que la mayoría del agua residual se traslade por gravedad, evitándose sistemas de bombeos que encarezcan el proceso de tratamiento y de mantenimiento.
6. **Área que puede ocupar el sistema dentro del proyecto (m<sup>2</sup>).** Cada sistema de tratamiento por sus propias características de diseño ocupa una determinada área, sus dimensiones de diseño está muy relacionada con el caudal a tratar, el tipo de agua residual y la eficiencia que se pretende lograr. Siempre se debe tratar de lograr una buena eficiencia ocupando la menor área posible.
7. **Estimación del coste de construcción operación y de mantenimiento del sistema.** Debe incluirse los costos de preparación técnica a los operarios debido a la complejidad del sistema, compra de sistemas automáticos, piezas de repuestos, etc. Como regla general los tratamientos seleccionados deben adecuarse a las condiciones socioeconómicas de El Salvador, recomendándose optar por tratamientos de bajo costo de explotación, de baja complejidad técnica y de mantenimiento sencillo<sup>16</sup>.
8. **Impactos medioambientales que se puedan producir:** Ruidos, olores, contaminación visual, producción gases de efecto invernadero, vectores, etc.
9. **Eficiencia estimada, incorporándose en esa explicación la carga contaminante** (*parámetros físicos, químicos y microbiológicos*) que se logran reducir.
10. **Capacidad de carga del medio receptor:** Debe detallarse el caudal y la calidad que debe alcanzar el efluente y los lodos antes de ser vertido, así como la capacidad de carga y sensibilidad del medio receptor, tal como lo establecen los Arts. 6, 7 y 8 del Reglamento de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.

Se coloca a continuación el procedimiento para la evaluación de la capacidad de carga del medio receptor, de acuerdo al Reglamento de Normas Técnicas de Calidad Ambiental:

#### Límites de Vertidos y Emisiones

Art. 6.- A efecto de establecer las acciones de prevención, atenuación o compensación a que se refiere el Art. 20 de la Ley del Medio Ambiente, el titular de cualquier actividad, obra o proyecto de las establecidas en el Art. 21 de la misma, deberá incorporar al Estudio de Impacto Ambiental respectivo, lo siguiente:

1. Determinación de las características físico químicas y biológicas del ecosistema y del medio receptor, en el área de influencia de la actividad, obra o proyecto, según lo establecido en los lineamientos técnicos y específicos dictados por el Ministerio para los estudios correspondientes;
2. Determinación del tipo, calidad y cantidad de los vertidos o emisiones de la actividad, obra o proyecto y la evaluación técnica de los mismos. Se deberá considerar la minimización de la generación de los vertidos o emisiones con el propósito de prevenir la contaminación en los diferentes medios, y

3. Determinación de los impactos ocasionados por el vertido o emisión en el ecosistema y el medio receptor en el área de influencia de la actividad.

#### Alcance del Permiso Ambiental

Art. 7.- Lo establecido en el artículo anterior servirá para definir los límites permisibles de vertidos o emisiones que serán autorizados por el Ministerio, dentro del correspondiente Permiso Ambiental, para su aplicación en el Programa de Adecuación o de Manejo Ambiental.

En ningún caso los límites permitidos serán superiores a los establecidos en las normas de emisión o vertidos correspondiente, según los límites establecidos en los Arts. 10 y 20 de este Reglamento.

#### Determinación del vertido

Art. 8.- En la autorización de vertidos o emisiones por medio del Permiso Ambiental, cuando las condiciones del medio receptor o ecosistema, sobrepasen los límites establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental, deberá considerar límites más estrictos y acciones que promuevan su recuperación.

En caso de que la capacidad de carga del medio receptor o del ecosistema no pudiese ser determinada, la autorización respectiva se fundamentará en lo establecido en la norma de vertido o emisiones y deberá siempre aplicarse las normas de calidad ambiental, según los Arts. 10 y 20 de este Reglamento.

Debe concebirse por todos los medios que los efluentes que emanen del sistema puedan ser reusados (*de acuerdo a la clasificación del tipo de residual establecido<sup>17</sup>*) con la finalidad lograr un sistema de tratamiento completo. El reuso debe realizarse preferiblemente en el mismo lugar donde se desarrolle la actividad, obra o proyecto o en otras áreas cercanas a las mismas.

En los casos en que el reúso del agua residual no sea una alternativa de disposición, se debe georreferenciar dentro de los planos del proyecto, el o los lugares donde se va a descargar los efluentes finales del sistema. Para seleccionar este lugar se tienen que tener en cuenta sobre todo los resultados de los estudios de la Línea Base efectuados para el medio físico.

## **11. Participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental.**

Realizar un mapeo de actores y de las personas potenciales afectados, además de realizar una socialización del proyecto, en el que se incluya la condiciones de funcionamiento del proyecto y la recopilación de las preocupaciones de las partes interesadas para incluirlas en el proceso de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

### 8.3. Descripción, caracterización y cuantificación del medio ambiente actual.

Resulta muy importante explicar que todos los estudios de línea base son únicos. Aunque se posean datos obtenidos a partir de otro EsIA ya realizado a una actividad similar a la que pretendamos ejecutar, estos no pueden ser utilizados de manera fría y sin un análisis científico. Las características individuales de cada actividad, obra o proyecto y los componentes ambientales del lugar de construcción hacen que los datos aportados en un EsIA adquieran características únicas y exclusivas.

#### Medio físico

Los estudios deben estar destinados a conocer fundamentalmente las características del suelo en el cual se pretende implantar el sistema de tratamiento de aguas residuales de cualquier tipo. Se deben presentar estudios relacionados con:

1. Topografía existente. Se utilizan para poder seleccionar adecuadamente el trazado de la red de saneamiento, los terrenos más adecuados para la ubicación del sistema de tratamiento y de los posibles puntos de vertido<sup>18</sup>.

En este tipo de estudio se debe establecer el riesgo de inundación que presenta el área seleccionada. No se permite la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en lugares que corran el riesgo de ser inundables. Construir en este tipo de terrenos significa la adopción de medidas de protección de la infraestructura que influyen en el encarecimiento de construcción, y mantenimiento.

Este tipo de estudios se pueden realizar a partir de informaciones que posean organismos e instituciones públicas y ser verificados a través de los estudios específicos realizados en el lugar.

2. Suelo:
  - a. Tipo de suelo predominante.
  - b. Área de suelo disponible. Nos permite determinar el tipo de sistema a emplear y sus dimensiones.
  - c. Capacidad de resistencia. Describir las áreas del proyecto susceptibles a la licuefacción del suelo, zonas de potencial falla de tierra (*hundimientos, subducciones y deslizamientos*).
  - d. Uso actual.
  - e. Capacidad de infiltración.
3. Clima. Los datos para este acápite deben obtenerse de la estación meteorológica más cercana al lugar donde se ejecutará la construcción del sistema de tratamiento. Los parámetros a estudiar son:

- a. Para procesos aeróbicos y anaerobios:
  - Altura sobre el nivel del mar. Debido a que afecta la presión atmosférica y por ende a los fenómenos de transferencia de oxígeno del aire al agua, aspecto importante en estos tipos de sistemas.
  - Precipitación: media diaria correspondiente a un período de retorno de 20 años.
  - Clima predominante. Haciendo hincapié en la temperatura promedio anual y estacionaria (*teniendo en cuenta las inversiones térmicas*), señalando mes de menor temperatura,
  - Dirección del viento predominante.
  - Evaporación y evapotranspiración.
4. Hidrología. Solo se debe determinar para sistemas de tratamiento en los cuales la disposición final de sus efluentes sean aguas superficiales (*ríos, quebradas, lagos, lagunas*).
  - a. Distancia a la que se encuentra el cuerpo receptor respecto al sistema de tratamiento de agua residual.
  - b. Uso actual del cuerpo receptor.
  - c. Inventario de otros sistemas de tratamientos de aguas residuales que existan en el área y sus respectivos puntos de descarga y cuerpos receptores.
  - d. Determinar el régimen hidrológico y los caudales máximos, medios y mínimos mensuales y multianuales.
  - e. Descripción del patrón natural del drenaje superficial.
5. Hidrogeología.
  - a. Identificar el tipo de acuífero.
  - b. Debe presentarse el informe de perforación de los pozos utilizados para hacer el estudio.
  - c. Profundidad mínima y máxima del nivel freático. En temporada de lluvia y de seca.
  - d. Uso Actual del acuífero
  - e. Inventario de otros sistemas de tratamientos de aguas residual que existan en el área que la puedan afectar directa e indirectamente.
6. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas (Afluente y efluente de la planta de tratamiento)
  - a. La caracterización se debe hacer mediante muestras compuesta y debe georreferenciar el punto escogido para tomar.
  - b. Debe explicarse la metodología aplicada para obtener las muestras y para analizarlas. Los análisis de las muestras se deben realizar en laboratorios con ensayos acreditados de conformidad a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales y en la normativa o reglamentación técnica vigente.



- c. Los parámetros a analizar están condicionados en dependencia del tipo de agua residual a tratar de conformidad a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales y en la normativa o reglamentación técnica vigente:
- Para aguas residuales ordinarias: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial hidrógeno (Ph), Grasas y aceites (G y A), Sólidos sedimentables (Ssed), Sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes totales (CT), y Cloruros (Cl-)<sup>19</sup>.
  - Para aguas residuales especiales: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial hidrógeno (Ph), Grasas y aceites (G y A), Sólidos sedimentables (Ssed), Sólidos suspendidos totales (SST) y Temperatura (T).<sup>20</sup> Además deben determinarse los dispuestos para cada tipo de industria en el Reglamento Especial de Aguas Residuales para las aguas Residuales<sup>21</sup>.

### **Medio biótico.**

1. Identificación (*nombre común y científico*), inventario y distribución de los elementos de la flora y la fauna terrestre, acuática y marina presentes en la región.
2. Mapeo del inventario de los tipos de vegetación y formaciones vegetales terrestres indicando aquellas que serán afectadas y cómo quedarán después de la ejecución del proyecto.
3. Áreas de importancia para cría, reproducción y alimentación de las especies de la fauna.
4. Localización de especies nativas, amenazadas o en peligro de extinción, de valores comerciales u ornamentales.

### **Medio socioeconómico.**

1. Para aguas residuales ordinarias: Cantidad de población (*fija y estacional*) que existe en el lugar y su ubicación respecto a la ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales. Debe realizarse además un estudio del posible crecimiento de la población en relación con el horizonte de proyecto determinado.

Para estimar el crecimiento de la población existen varios métodos de estimación basados en sistemas aritméticos, geométricos (*períodos de tiempo cortos*) o exponenciales o por medio de estimación de la curva logística (*para períodos de tiempo más largos*). Ambos modelos ayudan a simular la evolución de la población hasta que se logre alcanzar la población de saturación. Ambos sistemas como mínimo deben hacer una proyección no menor a los 25 años.

2. Para aguas residuales especiales. Detallarse la cantidad de industrias o hospitales que existen en el área y prever su evolución futura, así como las que puedan ser construidas en un futuro de acuerdo al plan de ordenamiento existente.
3. Descripción de las infraestructuras de abastecimiento de agua. Debe detallarse, los componentes del sistema, el estado en que se encuentran, ciclo de distribución, estado de las redes de distribución, población beneficiada (*incluyendo industrias*), sistema de mantenimiento, tarifas de abastecimiento.
4. Descripción de las infraestructuras de saneamientos existentes. Debe explicarse el tipo o los tipos de sistemas existentes, elementos que lo componen, estado de funcionamiento en que se encuentran, población que lo utiliza (*incluyendo industrias*).

## 9. Principales impactos ambientales que pueden causar los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Metodologías para determinarlos.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales puede provocar, entre otros, los impactos siguientes:

### **Positivo**

1. Disminución de enfermedades.
2. Creación o aumento de empleos (*para la construcción, operación y mantenimiento*).
3. Protección de las comunidades aguas abajo de las descargas de aguas residuales.
4. Fertilización de suelos agrícolas con lodos tratados que contienen materia orgánica y minerales.
5. Sustitución del empleo de agua subterránea en lugares donde es la única fuente de riego.
6. Disminución de vertimiento de carga orgánica a las aguas (superficiales o subterráneas), el suelo y la atmósfera.

### **Negativos.**

1. Pérdida de valor de los terrenos aledaños si se presentan malos olores o molestias por el diseño incorrecto o inadecuada operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
2. Peligros para la salud pública en las cercanías de los sitios de descarga o reutilización, durante la operación normal del sistema.
3. Contaminación de las aguas, el suelo, los cultivos, la atmósfera.
4. Afectaciones por ruidos.
5. Reproducción o alimentación de vectores, especialmente en los sitios de almacenaje, reutilización o eliminación del lodo.
6. Deterioro del suelo por incremento de la tasa de salinización y saturación del agua, si no se presta la debida atención a las necesidades de filtración y drenaje.
7. Accidentes laborales durante la construcción y operación, especialmente en las operaciones con zanjas profundas.
8. Problemas regionales del manejo de desechos sólidos, exacerbados por el lodo.
9. Reducción de la actividad turística o recreativa.

Existen diferentes metodologías para determinar los impactos que pueden generar la construcción de este tipo de proyecto. La selección de la metodología debe suscribirse a las consideraciones siguientes:<sup>22</sup>

1. Marco normativo vigente.
2. Tipo de proyecto (estructural-no estructural), la magnitud y complejidad del mismo, y las características del medio social y físico-biótico potencialmente afectable.

3. Objetivo del EsIA (selección de alternativas tecnológicas o de localización, e identificación de impactos).
4. Etapas de concepción, desarrollo y finalización del proyecto en la cual se aplica la metodología (pre- factibilidad, factibilidad, diseño, desarrollo y abandono).
5. Relación entre los requerimientos de datos para cada metodología y la disponibilidad de los mismos.
6. Relación entre los costos económicos y el requerimiento de personal y equipamiento necesarios, con la magnitud y los impactos potenciales esperables del proyecto.
7. Aseguramiento de la independencia de los resultados que se obtengan en relación con la percepción de los evaluadores.

En el EsIA debe explicarse al detalle cual fue la metodología empleada, los parámetros estudiados y los resultados obtenidos a partir de la aplicación de dicha metodología.

## 10. Aspectos a tener en cuenta en el monitoreo para control del funcionamiento de un sistema de tratamiento de agua residual.

Este aspecto constituye uno de los aspectos principales a tener en cuenta una vez que el sistema de tratamiento de agua residual esté en funcionamiento. Tiene como principal objetivo verificar la efectividad del sistema seleccionado y su correcto funcionamiento. Así también establecer actividades de vigilancia y control higiénico- sanitario de las aguas residuales y de los lodos con el fin de impedir la degradación del medio ambiente y la transmisión de enfermedades o daños al hombre; controlando que los vertimientos de efluentes líquidos y la disposición de los lodos de las industrias, los establecimientos agropecuarios y los sistemas de tratamiento de los asentamientos humanos e instalaciones sociales y económicas, (*así como el reuso de éstas*), cumplan con las normas establecidas por las autoridades competentes<sup>23</sup>.

En el monitoreo se deben establecer al menos dos puntos de control. El primero debe estar ubicado en la entrada del residual al sistema y el segundo a la salida del mismo.

La frecuencia y los parámetros a controlar (*son los mismos que se usaron para determinar y diseñar el sistema de tratamiento*) **y el registro de los resultados deben estar en concordancia con lo estipulado en el Reglamento Especial de Aguas Residuales de El Salvador<sup>24</sup>.**

## II. Bibliografía

ALVARADO GRANADOS ALEJANDRO R. (coord.), 2012: Experiencia en el Tratamiento de aguas residuales en el Estado de México. México, Universidad Autónoma del Estado de México.

ALVAREZ JORGE, ALVAREZ CARLOS E. Y CASANOVA ANTONIO. 2015. Elementos Básicos para el Trabajo del Inspector Ambiental Estatal, CITMA-ORASEN-PNUD, La Habana, Cuba.

ANESAPA 2010. Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia. La Paz, Bolivia.

AYALA CARLOS A, DIAZ ELÍ. 2008. Manual para el Diseño de Unidades de Tipo Biológico en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en El Salvador. Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Civil, San Salvador, república de El Salvador.

BLAZQUEZ PAMELA, MONTERO MARÍA C. 2010. Reutilización de agua en Bahía Blanca –Plata 3era Cuenca Blanca. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, República Argentina.

Boffil, Sinái y otros, 2009: “Desarrollo local Sostenible a partir del Manejo Integrado en el Parque Nacional Caguanes de Yaguajay” en revista Desarrollo Local Sostenible. La Habana, Cuba: [www.eumed.net/rev/delos/04/](http://www.eumed.net/rev/delos/04/).

Canter, L.W. 1998. Methods for Effective Environmental Information Assessment: EIA Practice. Nueva York, United States of América.

CITMA, MINSAP, INRH. 1998. Programa De Vigilancia Y Control De Los Residuales Líquidos, La Habana, Cuba.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2007: Programa de Sustentabilidad  
CRUZ AMILCAR, 2008. Caracterización y Tratamiento de las Aguas Residuales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 1998. Ley de Medio Ambiente, San Salvador. República de El Salvador.

DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000 Reglamento Especial de Aguas Residuales, Capítulo IV San Salvador.

DÍAZ-CUENCA, ELIZABETH; ALVARADO-GRANADOS, ALEJANDRO RAFAEL; CAMACHO-CALZADA, KARINA ELIZABETH. 2012. El Tratamiento de Agua Residual Doméstica para el Desarrollo Local Sostenible: El Caso de la Técnica del Sistema Unitario de Tratamiento de Aguas, Nutrientes y Energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México Quivera, vol. 14. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

ESPIGARES M. y PÉREZ J. A. 1985. AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada, España.

García T, Rodríguez M, 2005: Diseño construcción y evaluación preliminar de un humedal de flujo subsuperficial. Revista de ingenierías. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/760>.

HIDALGO MARITZA, MEJÍA ELIZABETH. 2010. Diagnóstico de la Contaminación por Aguas Residuales Domésticas, Cuenca Baja de la Quebrada La Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Hídrica del Valle de México, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Gobierno Federal, México.

INSTITUTO CINARA, UNIVERSIDAD DEL VALLE 2004. Guía de Selección de Tecnología para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por Métodos Naturales. Bernal, D. P., Cardona y otros., AA 25157, Cali, Colombia.

LARA, J, 1999: Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Universidad politécnica del Cataluña. 122 p.

Ley de Medio Ambiente de la República del El Salvador.

LOZANO-RIVAS WILLIAM A. 2012. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Bogotá D.C., Colombia.

MARIÑELARENA ALEJANDRO. 1996. Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Domiciliaria. FREPLATA Editores, La Plata, buenos Aires, República de Argentina.

MARN. 2016. Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador. San Salvador, República de El Salvador.

METCALF-EDDY. 1977. Tratamiento y depuración de aguas residuales. Ediciones. Labor, S.A. Barcelona, España.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL, DIRECCIÓN DE REGULACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD UNIDAD DE ATENCIÓN AL AMBIENTE 2009. Guía Técnica Sanitaria para la Instalación y Funcionamiento de Sistemas de Tratamiento Individuales de Aguas Negras y Grises. San Salvador, República del Salvador.

NSO 13. 49.01.09. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor.

PROARCA. 2003 Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales., Programa Ambiental Regional para Centro América.

RAFFO, EDUARDO; RUIZ EDGAR. 2014 Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data, vol. 17, núm. 1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú.

Reglamento Especial de Aguas Residuales de la República del El Salvador.

RIVAS MIJARES, G. 1978. Tratamiento de aguas residuales. 2ª ed. Ediciones Vega. Caracas, Venezuela.

SPIGARES GARCÍA, M. y PÉREZ LÓPEZ, JA. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada. 1985.

Terry C. y col. 2006. *Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental*. CIGEA, la Habana, Cuba.

Torres E. 2002. *Reutilización de Aguas y Lodos Residuales*. BVSDE. OPS.

[www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)

[www.geocities.com/ialarab](http://www.geocities.com/ialarab).

---

<sup>1</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 1998. *Ley de Medio Ambiente (artículo 5)* San Salvador, República de El Salvador.

<sup>2</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000. *Reglamento Especial de Aguas Residuales, (artículo 3)* San Salvador, República de El Salvador.

<sup>3</sup> ESPIGARES M y PÉREZ J. A. 1985. *Aguas residuales. Composición*. Granada. España.

<sup>4</sup> MARN. 2016. *Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador*. San Salvador, República de El Salvador

<sup>5</sup> ALVAREZ JORGE, ALVAREZ CARLOS E. Y CASANOVA ANTONIO. 2015. *Elementos Básicos para el Trabajo del Inspector Ambiental Estatal, CITMA-ORASEN-PNUD*, La Habana, Cuba.

<sup>6</sup> <http://clarancelariasolcomex.blogspot.com/p/dian-clasificacion-de-una-planta-de.html>.

<sup>7</sup> Ídem a 7

<sup>8</sup> Torres E. 2002. *Reutilización de Aguas y Lodos Residuales*. BVSDE. OPS.

<sup>9</sup> Ortega Enrique. 2017. *Tratamiento Biológico de Fangos Activos. Aspectos Generales. Procesos de Media, Baja y Alta Carga*. Madrid, España.

<sup>10</sup> Terry C. y col. 2006. *“Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental. CIGEA”*, la Habana, Cuba.

<sup>11</sup> United States Environmental Protection Agency. 2014. *Guías para el Usos de las Aguas Residuales*.EPA, <https://www.epa.gov/>.

<sup>12</sup> Ídem a 7

<sup>13</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2009. *NSO 13. 49.01.09. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor*. San Salvador, República de El Salvador.

<sup>14</sup> MARN. 2017. *Términos de Referencia Generales para la Evaluación de Estudios de Impacto ambiental*. San Salvador, República de El Salvador.

<sup>15</sup> Ídem a 7

<sup>16</sup> Ídem a 6

<sup>17</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000. *Reglamento Especial de Aguas Residuales (Artículo 23)*. San Salvador, República de El Salvador

<sup>18</sup> Ídem a 6

<sup>19</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000 *Reglamento Especial de Aguas Residuales, (Artículo 13)* San Salvador, República de El Salvador.

<sup>20</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000 *Reglamento Especial de Aguas Residuales, (Artículo 15)* San Salvador, República de El Salvador.

<sup>21</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000 *Reglamento Especial de Aguas Residuales, (Artículo 16)* San Salvador, República de El Salvador.

<sup>22</sup> Canter, L.W. 1998. *Methods for Effective Environmental Information Assessment: EIA Practice*. Nueva York, United States of America.

<sup>23</sup> CITMA, MINSAP, INRH. 1998. *Programa De Vigilancia Y Control De Los Residuales Líquidos*, La Habana, Cuba

<sup>24</sup> DIARIO OFICIAL República de El Salvador. 2000 *Reglamento Especial de Aguas Residuales, Capítulo IV* San Salvador.