



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS
RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE
VENTA LIBRE**

Jackeline Estela Quiñónez Aceituno
Asesorado por: Ingeniero Jorge Mario Estrada Asturias
Ingeniero Miguel Fernando Montenegro

Guatemala, junio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS
RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE
VENTA LIBRE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

JACKELINE ESTELA QUIÑÓNEZ ACEITUNO

ASESORADO POR: INGENIERO JORGE MARIO ESTRADA ASTURIAS
INGENIERO MIGUEL FERNANDO MONTENEGRO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA
GUATEMALA, JUNIO 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Teresa Lisely de León Arána
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha octubre del 2008.



Jackeline Estela Quiñónez Aceituno



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Guatemala, 21 de abril de 2009

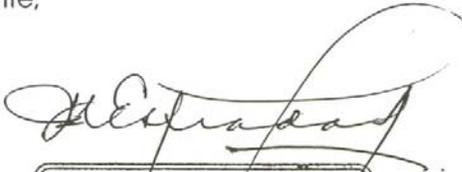
Ingeniero
WILLIAMS GUILLERMO ÁLVAREZ MEJÍA
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Señor Director:

Hago de su conocimiento que a la presente fecha, en mi calidad de ASESOR del trabajo de graduación de la estudiante **JACKELINE ESTELA QUIÑONEZ ACEITUNO**, con carné No. 2002-17468, titulado "**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE**" he revisado que dicho trabajo ha sido concluido cumpliendo con los requisitos del perfil del egresado de nuestra Escuela, por lo que presento respetuosamente a su despacho el **INFORME FINAL** del mencionado trabajo para que tenga a bien revisarlo y proceder con los trámites subsiguientes.

Sin otro particular, suscribo de usted.

Deferentemente,



JORGE MARIO ESTRADA ASTURIAS
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO 685

Guatemala,
21 de abril de 2009.

**Ingeniero
Williams G. Álvarez Mejía
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Ingeniero Williams Álvarez

Por medio de la presente hago constar que en mi calidad de coasesor he revisado y aprobado el trabajo de graduación de la estudiante **Jackeline Estela Quiñónez Aceituno** con número de carné **2002-17468** titulado **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE”**.

Por tal motivo extendiendo la presente para los usos que a la interesada convengan.

Atentamente,


**Miguel Montenegro
Ingeniero Químico**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 21 de Mayo de 2009
Ref. EI.Q.295.2009

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-037-09-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERA QUÍMICA a la estudiante universitaria **JACKELINE ESTELA QUIÑONEZ ACEITUNO**, identificada con carné No. **2002-17468**, titulado: **"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE"** el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico Jorge Mario Estrada Asturias, y Co-asesorado por el Ingeniero Químico Miguel Montenegro, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Quiñonez Aceituno** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación

C.c.: archivo



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía, M.Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación de la estudiante **Jackeline Estela Quiñónez Aceituno** titulado: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE”**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M.Sc.
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, Junio de 2,009

C.c.: archivo
am

Universidad de San Carlos
de Guatemala

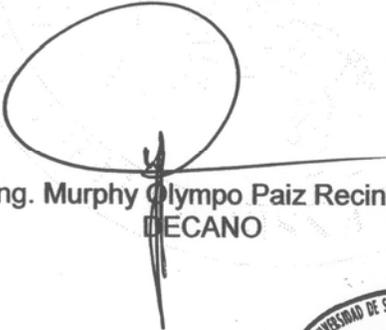


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 191.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE**, presentado por la estudiante universitaria **Jackeline Estela Quiñónez Aceituno**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2009.



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

El Ing. Jorge Mario Estrada Asturias, por su asesoría y colaboración durante el transcurso de la elaboración del presente trabajo.

El Ing. Miguel Montenegro, por su apoyo y colaboración durante el transcurso del desarrollo del presente trabajo.

Inga. Lisely de León, por sus consejos y guía para poder realizar todos lo necesario para la culminación de mi proyecto.

La Escuela de Ingeniería Química, por ser mi centro de estudios y haberme brindado los conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente.

La Facultad de Ingeniería, por permitirme realizar mi formación académica.

La Universidad de San Carlos, por haberme dado la oportunidad de convertirme en un profesional orgullosamente egresado de tan prestigiosa casa de estudios.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por ser el principal responsable de esta meta alcanzada, ya que sin él nada de esto fuera posible.
- MIS PADRES** Estela y Abraham, por su amor, comprensión, apoyo, motivación, confianza y esfuerzo, por guiarme en un buen camino.
- MI HERMANA** Mariela, por su amor, apoyo incondicional y sus consejos.
- MIS HERMANOS** Melvin y Byron, por su apoyo.
- MI NOVIO** José, por su amor, apoyo y comprensión.
- MIS AMIGOS** Cecilia, Patty, Leslie, Sofía, Livia, Yesenia, Enmanuel, Mario, Pinelo, Diego, Juan y Eric.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Agua	3
2.2 Aguas residuales	3
2.2.1 Aguas residuales ordinarias	4
2.2.2 Aguas residuales de tipo especial	4
2.3 Muestra.....	5
2.3.1 Muestras simples.....	5
2.3.2 Muestras compuestas	5
2.4 Recipientes indicados para toma de muestras	6
2.5 Representatividad de las muestras	6
2.6 Punto de descarga.....	6
2.7 Parámetro.....	7
2.7.1 Físicoquímicos.....	7
2.7.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	8
2.7.1.2 Demanda Química de Oxígeno	8
2.7.1.3 Temperatura.....	9
2.7.1.4 Grasas y aceites.....	9
2.7.1.5 Materia flotante.....	10
2.7.1.6 Sólidos en suspensión	11

2.7.1.7	Nitrógeno total.....	11
2.7.1.8	Fósforo total.....	12
2.7.1.9	Potencial de hidrógeno.....	12
2.7.1.10	Metales pesados.....	13
2.7.1.11	Color.....	14
2.7.2	Microbiológicos.....	14
2.7.2.1	Coliformes fecales.....	15
2.8	Tratamiento de aguas residuales.....	15
2.8.1	Pretratamiento.....	17
2.8.2	Tratamiento Primario o Tratamiento Físico-Químico.....	18
2.8.3	Tratamiento Secundario o Tratamiento Biológico.....	19
2.8.4	Tratamiento Terciario, o Tratamiento Físico-Químico.....	20
2.9	Modelo de Reducción Progresiva de Cargas (MRPC).....	23
2.10	Tanque de compensación.....	23
3.	METODOLOGÍA.....	25
3.1	Ubicación y selección de los puntos de muestreo.....	25
3.2	Cómo se captaron las muestras.....	26
3.3	Cómo se conservaron las muestras.....	27
3.4	Identificación de las muestras.....	27
3.5	Parámetros determinados in situ.....	28
3.6	Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos de las muestras.....	29
4.	COSTOS DEL PROYECTO.....	31
5.	RESULTADOS.....	33
5.1	Puntos principales de descarga.....	33
5.2	Cuantificación y caracterización de los parámetros de calidad.....	33
5.2.1	Punto 1. Centro de lavado de contenedores.....	33
5.2.1.1	Promedio centro de lavado de contenedores.....	34
5.2.2	Punto 2. Lavandería de uniformes.....	35
5.2.2.1	Promedio lavandería de uniformes.....	36
5.2.3	Punto 3. Laboratorio Control de Calidad.....	37
5.2.3.1	Promedio laboratorio control de calidad.....	38
5.3	Causas que provocan el incumplimiento.....	39

5.4	Mecanismos de monitoreo gestión y tratamientos.....	39
5.5	Interpretación de los resultados.....	40
5.5.1	Centro de lavado de contenedores	40
5.5.2	Lavandería de uniformes	40
5.5.3	Laboratorio de control de calidad	41
	CONCLUSIONES.....	43
	RECOMENDACIONES.....	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I	Costo del paquete básico de aguas residuales	31
II	Costo del paquete metales pesados	31
III	Costo total (Básico + Metales Pesados)	32
IV	Puntos principales de descarga	33
V	Resultados del efluente del centro de lavado de contenedores	33
VI	Promedio centro de lavado de contenedores	34
VII	Resultados del efluente de la lavandería de uniformes	35
VIII	Promedio lavandería de uniformes	36
IX	Resultados del efluente del laboratorio de control de calidad	37
X	Promedio laboratorio de control de calidad	38
XI	Causas	39
XII	Mecanismos de monitoreo gestión y tratamientos	39

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno.
DQO	Demanda química de oxígeno.
Gpm	Galones por minuto.
min	Minuto.
MRCP	Modelo de reducción progresiva de cargas
NMP	Número más probable.

LISTA DE SÍMBOLOS

° C	Grados Celsius
kg	Kilogramo
l	Litro
mg	Miligramo
mL	Mililitro
pH	Potencial de hidrógeno
Pt-Co	Escala Platino - Cobalto

GLOSARIO

Aguas residuales	Aguas procedentes de hogares o de la industria que se recogen y se transportan por el sistema de alcantarillado (tuberías o túneles).
Alcantarillado pluvial	Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas de lluvia hasta su punto de vertido.
Alcantarillado sanitario	Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido.
Caudal	Volumen de un líquido que pasa por un punto en un tiempo determinado.
Cuerpo receptor	Es todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, canal artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales.

Efluente	Un líquido que fluye hacia afuera del espacio confinado que lo contiene. En el manejo de aguas residuales se refiere al caudal que sale de la última unidad de tratamiento.
Ente generador	Persona física o jurídica, pública o privada, responsable del reuso de aguas residuales o de su vertido en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario.
Laboratorio habilitado	Laboratorio con permiso sanitario de funcionamiento vigente.
Límite Máximo Permisible	El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reuso y lodos.
Muestra	La muestra se refiere a la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.
Muestra compuesta	Dos o más muestras simples que se han mezclado en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio de sus características. Las proporciones se

basan en mediciones de tiempo o de flujo. Dicha muestra debe representar los valores medios de los caudales medidos que se dan durante el periodo de muestreo.

Muestra simple

Es aquella muestra tomada en un corto período de tiempo, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

Parámetro

Es la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

Punto de descarga

Es el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

Reuso

Aprovechamiento de un efluente de agua residual ordinaria o especial para diversos fines.

Tratamiento de agua

Es un proceso que incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del efluente del uso humano o industrial. El objetivo del

tratamiento es producir agua que no cause impacto en el cuerpo receptor o que sea neutralizable para diversos fines.

Vertido

Es la descarga final de un efluente a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario.

RESUMEN

El tema del mejoramiento y cuidado del Medio Ambiente ya se está implementando en Guatemala. El Acuerdo Gubernativo 236 – 2006 “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de Disposición de Lodos”, entró en vigencia en Guatemala desde el año 2006, por tanto todas las industrias del país deben contar con un estudio técnico de descarga de aguas residuales.

El trabajo de graduación que se presenta se basará en la implementación del reglamento anterior en una Industria Farmacéutica productora de medicamentos de venta libre. De igual forma se buscará implementar las Buenas Prácticas Ambientales, aplicables a los procesos, que mejoren la gestión ambiental de la empresa.

Con base en un plano de localización de la planta farmacéutica, se ubicarán los puntos de descarga y el cuerpo receptor; se hará una investigación del proceso correspondiente que se realiza para cada punto de descarga y así establecer los posibles parámetros a controlar; a las muestras de aguas residuales obtenidas se les realizarán una serie de análisis (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, temperatura, grasas y aceite, materia flotante, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total, potencial de hidrógeno, coliformes fecales, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc y color); a partir de los datos obtenidos se detectará si existen parámetros fuera de los límites establecidos por el Reglamento, se buscarán las causas y se harán propuestas para corregir los mismos, de modo que puedan ser reducidos al punto en que se puedan realizar las descargas cumpliendo con el reglamento.

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar y proponer mejoras en la descarga de aguas residuales en una industria farmacéutica de medicamentos sólidos de venta libre, para minimizar el impacto en la calidad del recurso hídrico y cumplir con lo establecido por el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, del Acuerdo Gubernativo 236 – 2006.

ESPECÍFICOS

1. Identificar los principales puntos de descarga de aguas residuales, conectadas a un cuerpo receptor.
2. Realizar una cuantificación detallada de los parámetros de calidad que determinen las características de las aguas residuales que se manejen.
3. Determinar las causas que provoquen el incumplimiento en los límites máximos permisibles.
4. Proponer mecanismos de monitoreo, gestión y tratamiento para controlar los parámetros que no se encuentren dentro de los límites permisibles.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales, contaminadas, son las que han perdido su calidad como resultado de su uso en diversas actividades. También se denominan vertidos. Se trata de aguas con un alto contenido en elementos contaminantes, que a su vez van a contaminar aquellos sistemas en los que son evacuadas. El recurso hídrico es uno de los más importantes para la conservación de la vida vegetal, animal y humana.

El mejoramiento y cuidado del medio ambiente, es un tema de interés a nivel mundial. Actualmente en Guatemala se está dando un mayor énfasis a cerca de la contaminación del agua, por lo cual se han establecido nuevos reglamentos e implementado sistemas de monitoreo de descargas y Rehuso de Aguas Residuales así como la Disposición de Lodos. Todo esto con el fin de tomar responsabilidad en el proceso de cuidado y mejoramiento del recurso hídrico existente en el país y el mundo, ya que el porcentaje de agua dulce es menor en comparación con el agua real existente.

Por lo tanto, es importante aplicar y estudiar el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236 – 2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala C.A.

Para el desarrollo del proyecto se identificarán las principales descargas de aguas residuales, las posibles fuentes contaminantes, así como los posibles parámetros a medir, según sean las actividades que se realicen con agua. Se establecerán los criterios y requisitos que deben cumplirse para realizar las descargas de agua al cuerpo receptor, para proceder a tomar las muestras y a éstas se le realicen los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos según se estipula en el reglamento mencionado.

Con base en los resultados obtenidos de los análisis químicos se identificarán los posibles parámetros que se encuentren fuera de los límites y se harán propuestas para el mejoramiento y cumplimiento de estos, logrando de esta manera tener una producción mas limpia y acorde a la ley.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad todas las empresas de Guatemala deben de cumplir con ciertos parámetros, reglas y leyes vigentes, respecto a realizar su producción de manera que sea lo más limpia posible y amigable con el ambiente.

El tema de la descarga de aguas residuales ya es una realidad que debe tratarse en Guatemala, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Guatemala C.A. implementó el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, con base al Acuerdo Gubernativo 236-2006, esto para el mejoramiento y cuidado del medio ambiente y en este caso el recurso hídrico. Actualmente en Guatemala se está dando un mayor énfasis a cerca de la contaminación del agua, por lo cual se ha establecido el reglamento ya mencionado.

Todas las empresas deben contar con un estudio que describa y muestre qué tanto se cumplen o incumplen con los límites máximos permisibles estipulados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006,

Este tipo de estudio beneficia tanto a la industria como a la comunidad, ya que encamina a acciones para cumplir con las leyes del país y la comunidad tendrá una mejora en el medio ambiente. Ya que la reserva hídrica de agua dulce se agota, debemos cuidarla y contribuir a mantenerla.

Actualmente no se cuentan con estudios de este tipo al alcance de un estudiante de la carrera de Ingeniería Química, ya que el Acuerdo Gubernativo 236-2006 entró en vigencia en el año 2007 y las diversas industrias del país se encuentran en el proceso de investigación de la situación individual de cada una de ellas, por lo cual se realiza el presente trabajo de graduación, el cual usa como guía la aplicación de la Carrera y el reglamento anteriormente mencionado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua

El agua cubre el 70% de la superficie terrestre. Sólo un 3% del agua es fresca, la cual es indispensable para sustentar la vida de plantas y animales. La cantidad de agua fresca se mantiene constante por el ciclo hidrológico. Este ciclo incluye evaporación de los océanos y aguas terrestres, transpiración de las plantas, precipitaciones, infiltración en el suelo. El agua infiltrada es usada para el crecimiento de plantas y recarga las reservas del suelo. (1)

Aunque el agua fresca disponible es suficiente para mantener la vida, la distribución global de agua fresca no es pareja. En algunas áreas la cantidad de agua está limitada debido a las condiciones climáticas o no puede cubrir las demandas de lugares donde la densidad poblacional es alta. En otros lugares, aunque el agua fresca no es limitada, las fuentes de agua son contaminadas por químicos industriales y por tanto no puede ser utilizado para consumo humano. Además los peces y demás especies acuáticas que viven en éstas aguas contaminadas no pueden ser consumidos como alimento. Por lo tanto, la contaminación priva a los animales y a los humanos de dos ingredientes esenciales para sobrevivir: alimentos y agua. (1)

2.2 Aguas residuales

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes

convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO₂, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales (2). Las aguas residuales según su origen se dividen en:

- Aguas residuales ordinarias
- Aguas residuales especiales

2.2.1 Aguas residuales ordinarias

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos (3). Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales
- Aguas de lavado doméstico
- Aguas de limpieza de calles
- Aguas de lluvia y lixiviados

2.2.2 Aguas residuales de tipo especial

Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas (3).

2.3 Muestra

Es la actividad por la cual se toman ciertas muestras de una población de elementos de los cuales vamos a tomar ciertos criterios de decisión, el muestreo es importante porque a través de él podemos hacer análisis de situaciones de una empresa o de algún campo de la sociedad. La muestra se refiere a la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos (4). Las muestras se clasifican en dos tipos que son las siguientes:

- Muestras simples
- Muestras compuestas

2.3.1 Muestras simples

Estas muestras generalmente se toman a mano, y el volumen de la muestra depende de los análisis que deben realizarse (3).

2.3.2 Muestras compuestas

Se forman por dos o más muestras simples recogidas en el mismo lugar en distintos momentos, mediante los siguientes métodos (3):

a. Muestreo integrado en el tiempo: muestras simples de volumen constante tomadas en intervalos iguales de tiempo (3).

b. Muestreo proporcional al flujo con tiempo constante: muestras simples de volumen variable con relación al flujo, en períodos de tiempo semejantes, es decir, a mayor flujo mayor volumen de aguas residuales y a menor flujo menor volumen (3).

c. Muestreo proporcional al flujo con volumen constante: muestras simples de volumen constante recogidas después de que una cantidad fija de aguas residuales ha sido descargada, en intervalos de tiempo variables de acuerdo al flujo (3).

2.4 Recipientes indicados para toma de muestras

Para la toma de muestras de grasas y aceites deberá utilizarse envases de vidrio a fin de evitar las adherencias a las paredes internas del recipiente.

En el caso de Coliformes fecales se deberán tomar muestras simples en recipientes estériles, debido a que estos organismos son altamente susceptibles a cambios físicos o químicos. Es indispensable el uso de guantes para evitar el contacto directo con las aguas residuales (5).

2.5 Representatividad de las muestras

Es muy importante tener presente, que el muestreo a efectuar está dirigido a la determinación de características, físicas y químicas de las aguas residuales, que permitirán conocer los niveles de concentración; además debe tenerse presente la importancia de medir el caudal, simultáneamente con la toma de muestras, para que la asociación entre caudal y concentración de un valor representativo de la carga (5).

2.6 Punto de descarga

Es el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales (3).

2.7 Parámetro

Un parámetro es una medida usada para describir alguna característica de una población, tal como una media aritmética, una mediana o una desviación estándar de una población. Cuando los dos nuevos términos de arriba son usados, por ejemplo, el proceso de estimación en inferencia estadística puede ser descrito como el proceso de estimar un parámetro a partir del estadístico correspondiente, tal como usar una media muestral (un estadístico para estimar la media de la población (un parámetro)). (4). En base al Reglamento estos se dividen en:

- Físicoquímicos
- Microbiológicos

2.7.1 Físicoquímicos

La Directiva entiende que el buen estado biológico únicamente se puede alcanzar como respuesta al buen estado del marco abiótico donde se desarrolla, por lo tanto los indicadores físicoquímicos del medio son considerados condicionantes e interpretativos de los indicadores biológicos. Los parámetros físicoquímicos se estudian mediante la combinación de diversas ciencias, como la química, la física, termodinámica, electroquímica y la mecánica cuántica donde funciones matemáticas pueden representar interpretaciones a nivel molecular y atómico estructural. Cambios en la temperatura, presión, volumen, calor y trabajo en los sistemas, sólido, líquido y/o gaseoso se encuentran también relacionados a estas interpretaciones de interacciones moleculares. (6). De acuerdo con el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, C.A. Acuerdo Gubernativo 236-2006, se deben realizar los siguientes análisis físicoquímicos:

2.7.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBO es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (7).

Para el análisis de DBO_5 existe una prueba empírica que se utiliza para determinar los requerimientos relativos de dióxido (O_2) de las aguas residuales. Mide el O_2 utilizado durante un período de incubación especificado (5 días) para la degradación bioquímica de materia orgánica y de forma menos importante el gastado en la oxidación de los compuestos inorgánicos como sulfuros, ión ferroso, etc., y también el utilizado para oxidar compuestos reductores de Nitrógeno (N_2), a no ser que se adicione un inhibidor (8).

2.7.1.2 Demanda Química de Oxígeno

Se define como la cantidad de oxígeno expresado en mg/l. consumido por las materias oxidables en las condiciones de ensayo, contenidas en 1 litro de agua. Se simboliza D.Q.O. (9) Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica. Generalmente es mayor que el valor de la DBO_5 , porque suele ser mayor el número de compuestos que se oxidan por vía química que biológica, ante la presencia de un oxidante fuerte como los dicromatos. La fijación química se debe al oxígeno consumido por los cuerpos reductores sin intervención de organismos vivos, esto es común en los efluentes industriales. Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua por la presencia de sustancias orgánicas mensurando la cantidad de oxígeno

necesario para su oxidación. El dicromato de potasio en generalmente utilizado como agente oxidante. La D. Q. O. generalmente en produce valores superiores a la D. B. O. y a veces considera sustancias que no son biodegradables. (10)

2.7.1.3 Temperatura

Como se señaló en el manual Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales, la temperatura determina el nivel de actividad de las poblaciones microbianas y altera la solubilidad de los gases. Estos factores están íntimamente ligados con la calidad del agua en los cuerpos receptores, a la presencia de oxígeno disuelto y a una actividad microbiológica adecuada. Éstos permiten la auto depuración de los cuerpos de agua en fase aerobia y, de ahí, hacer posible la presencia de otras forma de vida. Por otra parte, la temperatura afecta los procesos químicos que ocurren dentro del agua, ya que la solubilidad de las sustancias sólidas e incluso el pH, se ven alterados por la temperatura. Ya que la temperatura del cuerpo receptor es importante para mantener y proteger la vida acuática, se ha establecido un intervalo máximo permisible de temperatura en las descargas de aguas residuales. La temperatura ha de medirse con un termómetro de precisión graduado en décimas de grado. (11)

2.7.1.4 Grasas y Aceites

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. (11)

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar. (11)

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética. (11)

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano. (11)

2.7.1.5 Materia flotante

Se considera materia flotante cualquier sustancia sólida de una muestra de agua residual y residual tratada retenida en una malla de acero inoxidable. La determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas es de gran importancia para el control y tratamiento de las descargas. (11)

Es un método cualitativo y se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de aguas residuales en el sitio de muestreo. (11)

2.7.1.6 Sólidos en suspensión

Se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración. Ciertos sistemas de tratamiento de agua como la ozonización ya suponen de por sí un buen método floculante ya que se produce la oxidación del hierro, manganeso y aluminio, óxidos que son los que verdaderamente ejercen un fuerte poder floculante en el agua aumentando la eficacia del filtro y mejorando la transparencia del agua. (12)

2.7.1.7 Nitrógeno total

Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen además de la degradación natural de la materia orgánica, fertilizantes, productos de limpieza y tratamiento de aguas potables. Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de descargas del mismo al ambiente. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kjeldahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado (13).

2.7.1.8 Fósforo total

El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico (7).

2.7.1.9 Potencial de hidrógeno

El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno $[H^+]$, o en su efecto de los iones hidroxilo $[OH^-]$, en el agua. Cuando proliferan los iones de hidrógeno el valor del pH se ubica entre 0 y 7, y se dice que es ácido. Por otra parte, cuando los iones hidroxilo son los que abundan, el valor del pH se sitúa entre 7 y 14, y se dice que el agua es básica o alcalina. (11)

Las aguas ácidas pueden corroer los metales y degradar sustancias no metálicas, tales como el concreto; por su parte, las aguas alcalinas pueden tender a formar incrustaciones en las tuberías o provocar la precipitación de los metales.(11)

Los procesos biológicos se llevan a cabo, principalmente, en un intervalo de pH de 6.5 a 8.5; la mayoría de los microorganismos encuentra grandes dificultades para desarrollarse fuera de este rango. Sin embargo, hay algunas bacterias, hongos y algas que se pueden desarrollar en intervalos distintos. Por otra parte, el concepto de pH está fuertemente asociado con los conceptos de acidez y alcalinidad. Si bien los causantes directos de que el agua sea ácida o alcalina son los iones $[H^+]$ y $[OH^-]$, el agua suele tener presentes otros iones que contrarrestan o potencian el efecto de los dos primeros. (11)

La acidez del agua se define como la capacidad del agua para contrarrestar una base o álcali, y está dada por la presencia de iones de hidrógeno. El CO₂ atmosférico se disuelve en el agua y forma ácido carbónico (HCO₃) y genera el sistema carbonato bicarbonato-dióxido de carbono. La alcalinidad ayuda a resistir los cambios de pH causados por la adición de ácidos. Es el resultado de la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. (11)

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales de alcantarillado y a cuerpos receptores; también es considerado como un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, contacto primario y el consumo humano. (11)

2.7.1.10 Metales pesados

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. (14)

El desarrollo tecnológico, el consumo masivo e indiscriminado y la producción de desechos principalmente urbanos, ha provocado la presencia de muchos metales en cantidades importantes en el ambiente, provocando numerosos efectos sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas. Se incorporan con los alimentos o como partículas que se respiran y se van acumulando en el organismo, hasta llegar a límites de toxicidad. Si la incorporación es lenta se producen intoxicaciones crónicas, que dañan los tejidos u órganos en los que se acumulan. (14)

Los parámetros que pertenecen a metales pesados son los siguientes:

- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total
- Cobre
- Cobre hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Zinc

2.7.1.11 Color

La coloración de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez. La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos calorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados (7).

2.7.2 Microbiológicos

Los parámetros microbiológicos se encargan del estudio de los microorganismos, seres vivos pequeños (de mikros "pequeño", bios, "vida" y logos, "estudio"), también conocidos como microbios. Es la rama de la biología dedicada a estudiar los organismos que son solo visibles a través del microscopio como los virus, procariontes y eucariontes simples (15). De acuerdo con el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales

y de la Disposición de Lodos, emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, C.A. Acuerdo Gubernativo 236-2006, se debe realizar el siguiente análisis microbiológico:

2.7.2.1 Coliformes Fecales

Es un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (15).

2.8 Tratamiento de Aguas Residuales

Se refiere a cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales. (16)

Los vertidos industriales debido a su gran diversidad necesitan un estudio propio de cada industria y por lo tanto procesos de tratamiento diferenciados para cada una de ellas. (16)

Los posibles contaminantes que pueden presentarse en los efluentes industriales y los métodos de tratamiento que se pueden aplicar en cada caso, son los siguientes: (16)

- Elementos insolubles separables físicamente con o sin floculación. Se incluyen en este grupo tanto las materias grasas (grasas, hidrocarburos, aceites, etc.) como los posibles sólidos en suspensión (arenas, óxidos, hidróxidos). (16)

- Elementos separables por precipitación. En este caso encontramos los metales como Fe, Cu, Ni, Cr, etc., y aniones como su sulfatos, fosfatos, fluoruros, etc. (16)
- Ácidos y bases. Como ácido clorhídrico, sulfúrico, y bases como hidróxido sódico que deben previamente neutralizarse. (16)
- Elementos que pueden necesitar reacciones de oxidación reducción. Como cianuros, cromo hexavalente, sulfuros, cloro, etc. (16)
- Elementos orgánicos tratables biológicamente. En este grupo se incluiría todos los elementos biodegradables como azúcares, proteínas, fenoles, etc. (16)
- Elementos que pueden eliminarse por intercambio iónico. Entre estos se encuentran los radionucleidos y las sales. (16)
- Elementos separables por desgasificación o "stripping". Como ácido sulfhídrico, amoníaco, etc. (16)

Se tienen cuatro tipos de tratamiento que son los siguientes:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

2.8.1 Pretratamiento

Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores. (16)

Son muy empleados en la industria, y se utilizan para eliminar los posibles elementos que pueden afectar al sistema de depuración posterior como sólidos gruesos, arenas, fibras, etc. En la industria, estos pretratamientos incluyen el desengrasado y la neutralización, siendo muchas veces suficiente este tratamiento para poder ser asimilado aun vertido urbano. (16)

- **Desbaste.** Se realiza normalmente mediante sistemas de rejas o tamices, en vertidos industriales que tienen sólidos de tamaño variable en suspensión, como fábricas de conservas, fábricas de papel, mataderos, etc. Es un método económico y efectivo que muchas veces elimina una porción considerable de la DBO. (16)
- **Homogeneización.** Se utiliza para conseguir que todas las fluctuaciones del influente se unifiquen, evitando descargas puntuales que pudieran afectar a los tratamientos posteriores. Si los picos de temperatura, caudal, carga y sobre todo pH se compensan, se hace posible que los tratamientos posteriores tengan carácter continuo. La homogeneización se realiza en un depósito tampón que debe dimensionarse de acuerdo al vertido de cada industria, y tendrá un sistema de agitación para facilitar la homogeneización y evitar la sedimentación de los sólidos. (16)

- Neutralización. Es necesaria para conseguir que el pH del efluente sea adecuado para verterlo al cauce o bien para los tratamientos posteriores. Los neutralizantes más empleados son la lechada de cal, y la sosa, cuando hemos de alcalinizar un vertido, y ácidos sulfúrico o clorhídrico si es necesario la acidificación del mismo. (16)
- Desengrasado. Consiste en una separación de productos de densidad ligeramente inferior al agua por efecto de la flotación natural o asistida, consiguiéndose eliminaciones del 80% de las materias grasas. (16)

2.8.2 Tratamiento Primario o Tratamiento Físico-Químico

Se entienden como el proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento. Se suelen incluir procesos como: (16)

- Decantación. Consiste en la eliminación de los sólidos en suspensión por diferencia de densidad, de forma que las partículas más pesadas que el agua son separadas por acción de la gravedad. Los decantadores empleados pueden ser: simples, estáticos ó dinámicos y dentro de estos pueden presentar distintas configuraciones (circulares, rectangulares). Además, es posible que contemplen sistemas de recirculación de fangos tanto externa como interna. (16)
- Coagulación-floculación. Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión que se consigue con los pretratamientos, sobre todo de las partículas coloidales. El primer paso consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos químicos que reciben el nombre de coagulantes. Una vez han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse, viéndose este proceso favorecido por los compuestos

denominados floculantes, que dan lugar a flóculos de mayor tamaño y densidad que precipitan con mayor rapidez. Los procesos de coagulación-floculación están regidos sobre todo por el pH, tiempo de contacto, tipo de partícula, etc., por lo que normalmente se realizan ensayos previos para saber la dosis adecuada mediante el ensayo de Jar- Test. (16)

- Precipitación. Consiste en la formación de compuestos insolubles de los elementos que queremos eliminar, mediante la adición de reactivos apropiados. Se emplea principalmente en la eliminación de metales pesados, muy presentes en la industria de tratamiento de superficies. Estos metales tienen la propiedad común que a un pH determinado (8,5-9,5), forman los hidróxidos correspondientes con una baja solubilidad. También sirve para algunos aniones como fluoruros y fosfatos que mediante la adición de reactivos como cal forma sales cálcicas insolubles. (16)

2.8.3 Tratamiento Secundario o Tratamiento Biológico

Entre las operaciones que se utilizan en el tratamiento secundario de las aguas contaminadas están: el proceso de lodos activados, la aireación u oxidación total, filtración por goteo y el tratamiento anaeróbico. Este tratamiento se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica en sus diversas variantes de fangos activados, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. (16)

Fundamentalmente consisten en procesos biológicos empleados para degradar la materia orgánica biodegradable. Pueden agruparse en dos grandes grupos: (16)

Procesos aerobios. Se realizan mediante la acción de microorganismos aerobios o facultativos que, en presencia de oxígeno, son capaces de metabolizar la carga orgánica, sintetizando materia celular y oxidando el carbono a CO₂. Se emplea en aguas con una carga orgánica no muy elevada. (16)

Procesos anaerobios. Presentan un gran interés ya que además de su función intrínseca de eliminar la materia orgánica produce metano que es un gas con un importante potencial energético. Este proceso consiste en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno y por medio de bacterias específicas, a productos gaseosos o biogás y otros productos normalmente inorgánicos y compuestos no biodegradables. El biogás contiene un alto porcentaje de metano (50-70%). Se emplea para efluentes con alta carga orgánica (mataderos, cerveceras, etc.). (16)

2.8.4 Tratamiento Terciario, o Tratamiento Físico-Químico

Este tratamiento no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características (13). Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización. (16)

Durante muchos años se ha considerado el tratamiento terciario como un tratamiento de afino para sustraer los contaminantes que no podían ser eliminados en las fases de tratamiento anteriores, y dependía mucho del uso

posterior que se iba a hacer del agua ya depurada. Sin embargo en los últimos años, este tipo de tratamiento se ha convertido en uso corriente y en el caso de aguas industriales muchas veces es el único que se realiza ya que se trata de eliminar contaminantes muy específicos. (16)

- Adsorción. Consiste en la propiedad que presentan ciertos materiales (adsorbentes) de fijar en su superficie determinados compuestos del agua residual. Este procedimiento se utiliza con compuestos como fenoles, hidrocarburos aromáticos, derivados dorados, etc., y en episodios en los que se generan problemas de olores. El más usado es el carbón activo que se emplea en forma de polvo y granular, debiéndose regenerar posteriormente. (16)
- Intercambio iónico. Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua por otros que forman parte de una fase sólida (intercambiador), siendo esta reacción de intercambio reversible. Esta técnica es muy cara, por lo que sólo se utiliza para elementos tóxicos o por su alto valor para recuperarlos, como por ejemplo: eliminación de isótopos radioactivos, mercurio, cromatos, cianuros, recuperación de oro, platino y otros metales preciosos. (16)
- Ultra filtración. Se trata de una técnica basada en la separación de las moléculas en función de su tamaño, para ello se utiliza una membrana porosa de tamaño definido, quedando retenidas las moléculas que lo superen. Este procedimiento se utiliza en el tratamiento de aguas de lavado de pinturas, aceites usados, recuperación de sueros de efluentes de queserías, etc. (16)
- Osmosis inversa. Consiste en hacer pasar el agua a través de membranas semipermeables, para ello se debe aplicar una presión hidrostática que venza la presión osmótica del agua a tratar. La

ósmosis inversa se utiliza para recuperar metales, para eliminar las sales presentes y para reciclar agua a los procesos. (16)

- Electro diálisis. Consiste en aplicar a efluentes con una alta carga de iones, una diferencia de potencial de forma que los cationes se vayan hacia el cátodo y los aniones al ánodo, entre ambos se introducen membranas de diálisis selectivas, unas permeables a cationes y otras aniones, consiguiendo por lo tanto una parte de agua con alta concentración de iones y agua dulce por otra. (16)
- Stripping. Consiste en la eliminación de ciertos compuestos volátiles por medio de un arrastre con gas. Puede utilizarse vapor de agua (eliminación de amoníaco) ya que la solubilidad de los gases disminuye con la temperatura, y aire a presión para la eliminación de VOC's. (16)
- Oxidación-reducción. Estas reacciones se utilizan para modificar el estado de ciertos metales o compuestos (nitrogenados, sulfurados, cianurados, etc.), con objeto de hacerlos insolubles o no tóxicos. Así por ejemplo se utiliza el bisulfito o el sulfato ferroso en medio ácido para convertir el Cr VI en Cr III, mucho menos tóxico o bien oxidantes como el cloro para transformar el cianuro en cianato, compuesto no tóxico. (16)
- Desinfección. Se utiliza sobre todo si se pretende realizar posteriormente una reutilización del agua. Su objetivo consiste en destruir los gérmenes patógenos mediante la utilización de procesos normalmente químicos. Se emplea para ello de forma prioritaria el cloro, ozono, etc. (16)

2.9 Modelo de Reducción Progresiva de Cargas (MRPC)

Es el Modelo propuesto en el Reglamento de Descargas Residuales. Es una herramienta que se ha concebido con la finalidad de flexibilizar y facilitar el cumplimiento de metas establecidas para la demanda bioquímica de oxígeno, tanto en términos de carga (kg/día) como en concentración (mg/L). Así mismo, con la aplicación del MRPC se logrará que, en el corto, mediano y largo plazo, el uso racional del agua se convierta en uno de los fines principales que los entes generadores de aguas residuales y las personas que descargan al alcantarillado público, incorporen en la gestión ambiental de sus entidades. (3)

2.10 Tanque de compensación

Los tanques de compensación u homogenización son utilizados para mezclar mecánicamente los desagües de diferentes volúmenes y concentraciones es decir son tanques donde se almacenan el líquido con el objeto de uniformar en calidad y en cantidad .El uso del tanque puede significar una gran economía en la construcción de la planta de tratamiento y también una economía en productos químicos y en general en todos los casos se lograra una simplificación en la operación de la planta. (17)

3. METODOLOGÍA

Se tomó como base lo que establece el Acuerdo Gubernativo 236 - 2006 "Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, se presenta la metodología:

3.1 Ubicación y selección de los puntos de muestreo

Con base al plano de localización de la planta farmacéutica, se ubicaron los puntos de descarga y el cuerpo receptor, de esto se seleccionaron tres, los cuales son los siguientes:

1. Centro de lavado de contenedores
2. Lavandería de uniformes
3. Laboratorio de control de calidad

Se realizó una investigación del proceso que se realiza en cada punto de descarga, para establecer si se tenían actividades en las cuales se utilizaba agua.

1. Centro de lavado de contenedores: Se utiliza agua a diferentes temperaturas para la limpieza de los contenedores utilizados para las formulaciones de los medicamentos.
2. Lavandería de uniformes: Se utiliza agua en 5 ciclos de lavado para los uniformes del personal de la planta de producción.
3. Laboratorio de control de calidad: Se utiliza agua para el lavado de la cristalería.

Se determinaron los horarios de descargas más recurrentes en cada punto, ya que no se tiene una descarga continua, teniendo para cada punto lo siguiente:

Centro de lavado de contenedores: las descargas son realizadas en el horario de 6:00 AM a 3:00 PM, se lavan aproximadamente de 4 a 5 contenedores proceso que dura 24 minutos por cada uno, para esto se tienen 4 ciclos de lavado, los cuales son los siguientes:

1. Prelavado: el prelavado consiste en dispersar agua caliente ≥ 80 ° C al contenedor durante 1 min.
2. Lavado: se dispensa agua a temperatura ambiente con detergente.
3. Enjuague: se dispensa agua caliente ≥ 80 ° C.
4. Enjuague final: se dispensa agua a temperatura ambiente de la planta de agua purificada.

Lavandería de uniformes: las descargas son realizadas en horario de 6:00 AM a 9:00 AM, utilizando lavadoras de ropa que realizan el proceso en 7 ciclos de lavado.

Laboratorio de control de calidad: se utiliza agua en el proceso de lavado de cristalería para lo cual se utilizan dos tipos de jabones biodegradables los cuales tienen pH 7 el horario más recurrente de lavado es de 10:00 AM a 12:00 PM y 15:00 PM a 16:00 PM

Ya establecidos, definidos los puntos de descarga y determinados los horarios de descarga se programaron los muestreos.

3.2 Como se captaron las muestras

Se tomaron en cuenta los siguientes factores para la captación de las muestras:

Se utilizaron guantes en la toma de las muestras.

Se colocaron los recipientes en el centro del flujo, donde la velocidad es mayor y la posibilidad de asentamiento de sólidos es menor.

No se captaron las muestras con presencia de espuma.

No se muestreo la superficie o raspó el fondo del punto donde se tomó la muestra.

Se manipularon las muestras de forma de no alterar los resultados.

Se captaron las muestras a contracorriente para evitar cualquier alteración.

Se lavaron los recipientes dos o tres veces con el agua que se recogió.

3.3 Cómo se conservaron las muestras

Las muestras se conservaron de tal forma que estas no tuvieron variación, desde el momento en el que se tomaron hasta que se analizaron en el laboratorio, las muestras fueron rápidamente almacenadas a una temperatura de 4 ± 2 °C condiciones que disminuyeron la actividad biológica, la volatilización o disolución de gases y sustancias orgánicas.

3.4 Identificación de las muestras

Todas las muestras fueron identificadas con la siguiente información (4):

- Punto de muestreo.
- Fecha y hora de toma de muestra.
- Nombre de la entidad responsable que efectuó la toma de muestra.
- Tipo de muestra.
- Método de conservación.
- Análisis requerido.
- Determinaciones realizadas en el lugar (*in situ*).
- Caudal.
- Información complementaria (algún efecto del clima, alguna actividad extra de la normal)

3.5 Parámetros determinados in situ

Los parámetros que se determinaron *in situ* según al Acuerdo Ministerial 105 – 2008 son los siguientes (4):

Temperatura: se utilizó un termómetro que se encontraba debidamente calibrado el cual fue sumergido en un volumen de agua de 5 litros en cada punto.

Potencial de Hidrógeno: para medir el pH se utilizó un potenciómetro debidamente calibrado.

Material flotante: esto se realizó de forma visual.

Se midió el caudal *in situ*: esto se realizó simultáneamente con la toma de muestras, para que la relación entre caudal y concentración diera un valor representativo de la carga.

Estas mediciones *in situ*, se realizaron en forma continua en un día normal de actividad del ente generador. Se midió durante la captación de las muestras que se tomarán en los puntos establecidos.

3.6 Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos de las muestras

Los análisis se realizaron con base en el reglamento ya mencionado y los parámetros son los siguientes:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- Temperatura
- Grasas y Aceite
- Materia flotante
- Sólidos suspendidos
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Potencial de hidrógeno
- Coliformes fecales
- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total
- Cobre
- Cromo hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Zinc
- Color

Los análisis químicos se realizaron en un laboratorio habilitado, el cual se supervisó durante el tiempo que duró la caracterización de las muestras.

Tabulación de datos obtenidos

Con base en los resultados obtenidos se tabularon los datos, estos se presentan en la sección de resultados.

4. COSTOS DEL PROYECTO

Costos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en agua residual divididos en aguas residuales y metales pesados, estos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla I Costo del paquete básico de aguas residuales.

PARAMETRO	PRECIO
T ° C (<i>in situ</i>)	
Aceites y Grasas	
Materia Flotante	
Sólidos Sedimentables	
Sólidos Suspendidos	
Demanda Química de Oxígeno	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Nitrógeno Total	
Fósforo Total	
pH	
Coliformes Fecales	
Color	
PRECIO TOTAL DEL PAQUETE	Q 3,675.00

Fuente: cotización de costos de laboratorio de análisis.

Tabla II Costo del paquete metales pesados.

PARAMETRO	PRECIO
Arsénico	
Cadmio	
Cobre	
Cromo	
Mercurio	
Níquel	
Plomo	
Zinc	
Cianuro	
PRECIO TOTAL DEL PAQUETE	Q 5,995.00

Fuente: cotización de costos de laboratorio de análisis.

Tabla III Costo total (paquete básico + metales pesados)

DESCRIPCION	PRECIO
Paquete Aguas Residuales	Q 3,675.00
Paquete Metales Pesados	Q 5,995.00
Total de los dos paquetes	Q 9,670.00
TOTAL DE LOS 3 MUESTREOS	Q 29,010.00

Fuente: tabla I y II.

Costo de personal

Se requirió la ayuda del siguiente personal:

- El arquitecto encargado del diseño de los planos de localización
- Dos técnicos para la recolección de las muestras
- Dos personas de mantenimiento y servicios generales
- Dos analistas para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos
- Encargado del proyecto
- Asesor y Revisor de trabajo de investigación

En la estimación de los costos no se incluyeron los honorarios del arquitecto que proporciona los planos de localización de la planta farmacéutica de medicamentos de venta libre ni a las dos personas de mantenimiento y servicios generales ya que esta tarea se les fue asignada como parte de sus labores y dentro del horario de trabajo.

Tampoco se incluye el pago a los técnicos que captan las muestras de agua, ni a los analistas de laboratorio que realizan los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, ya que esto se encuentra incluido en los paquetes que se muestran en las tablas I y II. Los recipientes para captar las muestras, el potenciómetro, guantes, cronómetro, cubeta y erlenmeyers también vienen incluidos en los precios de los paquetes ya mencionados.

5. RESULTADOS

5.1 Puntos principales de descarga

Los puntos identificados para la descarga de aguas residuales conectadas al cuerpo receptor fueron los siguientes:

Tabla IV Puntos principales de descarga

Punto Identificado	Etapas del Proceso
Punto # 1	Centro de lavado de contenedores
Punto # 2	Lavandería de uniformes
Punto # 3	Laboratorio de control de calidad

Fuente: datos obtenidos en investigación de campo.

5.2 Cuantificación y caracterización de los parámetros de calidad

Los resultados de la cuantificación detallada de los parámetros de calidad para determinar las características de las aguas residuales en cada punto se muestran a continuación:

5.2.1 Punto 1. Centro de lavado de contenedores

Tabla V Resultados del efluente del centro de lavado de contenedores.

Parámetros	Unidades	Límite Max. Permisible ⁽²⁾	Muestra No. 1 ⁽¹⁾	Muestra No. 2 ⁽¹⁾	Muestra No. 3 ⁽¹⁾
Temperatura	°C	40.00	40.00	23.80	31.50
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	7.00	6.00	7.00
Material flotante	---- ⁽⁴⁾	Presente / Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	32.00	78.00	55.00
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	14.00	17.00	15.00
Fósforo total	mg/L	700.00	0.10	0.10	0.10
pH	---- ⁽⁴⁾	6.00 a 9.00	7.20	9.40	7.30
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	2.40x10 ⁴	1.10x10 ⁷	1.70x10 ⁵
Arsénico	mg/L	1.00	ND ⁽³⁾	0.01	ND ⁽³⁾
Cadmio	mg/L	1.00	0.02	0.02	0.02

Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Cobre	mg/L	4.00	0.02	0,05	0.03
Cromo Total	mg/L	1 .00	0.01	0.01	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04	0.04	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06	0.06	0.06
Zinc	mg/L	10.00	0.15	0.15	0.15
Color	Pt-Co	1,500.00	93.00	172.00	130.00
DBO5	mg/L	3,500.00	139.00	231.00	185.00
DQO	---- ⁽⁴⁾	---- ⁽⁴⁾	206.00	404.00	305.00
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽⁴⁾	5.68	5.68	5.68

(1) Fuente: datos originales obtenidos del laboratorio.

(2) Según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(3) No se detectó.

(4) No existe límite máximo permisible según acuerdo gubernativo 236-2006.

5.2.1.1 Promedio centro de lavado de contenedores

Tabla VI Promedio centro de lavado de contenedores.

Parámetros	Unidades	Límite Max. Permissible ⁽²⁾	Promedio ⁽¹⁾ de las 3 Muestras
Temperatura	°C	40.00	31.90
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	7.00
Material flotante	---- ⁽³⁾	Presente / Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	55.00
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	15.50
Fósforo total	mg/L	700.00	0.10
pH	---- ⁽³⁾	6.00 a 9.00	8.30
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	5,51x10 ⁶
Arsénico	mg/L	1.00	0.01
Cadmio	mg/L	1.00	0.02
Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽⁴⁾
Cobre	mg/L	4.00	0,05
Cromo Total (*)	mg/L	1 .00	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽⁴⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06

Zinc	mg/L	10.00	0,15
Color	Pt-Co	1,500.00	132,5
DBO5	mg/L	3,500.00	185
DQO	---- ⁽³⁾	---- ⁽³⁾	305
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽³⁾	5.68

(1) Fuente: promedio de muestra 1, 2 y 3 de la tabla IV.

(2) Según acuerdo gubernativo 236-2006.

(3) No existe límite máximo permisible según acuerdo gubernativo 236-2006.

(4) No se detectó.

5.2.2 Punto 2. Lavandería de uniformes

Tabla VII Resultados del efluente de la lavandería de uniformes.

Parámetros	Unidades	Límite Máx. Permisible ⁽²⁾	Muestra No. 1 ⁽¹⁾	Muestra No. 2 ⁽¹⁾	Muestra No. 3 ⁽¹⁾
Temperatura	°C	40.00	24.30	22.60	23.00
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	26.00	29.00	27.00
Material flotante	---- ⁽⁴⁾	Presente / Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	78.00	27.00	53.00
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	11.00	2.50	2.50
Fósforo total	mg/L	700.00	4.00	3.00	4.00
pH	---- ⁽⁴⁾	6.00 a 9.00	9.70	7.40	8.00
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	< 3	< 3	< 3
Arsénico	mg/L	1.00	ND ⁽³⁾	0,013	ND ⁽³⁾
Cadmio	mg/L	1.00	0.02	0.02	0.02
Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽³⁾	0,012	ND ⁽³⁾
Cobre	mg/L	4.00	0.03	0.06	0.04
Cromo Total (*)	mg/L	1.00	0.01	0.01	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04	0.04	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06	0.06	0.06
Zinc	mg/L	10.00	0.01	0.16	0.10
Color	Pt-Co	1,500.00	224.00	75.00	150.00
DBO5	mg/L	3,500.00	200.00	208.00	204.00
DQO	---- ⁽⁴⁾	---- ⁽⁴⁾	334.00	476.00	405.00
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽⁴⁾	16.54	16.54	16.54

(1) Fuente: datos originales obtenidos del laboratorio.

(2) Según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(3) No se detectó.

(4) No existe límite máximo permisible según acuerdo gubernativo 236-2006.

5.2.2.1 Promedio lavandería de uniformes

Tabla VIII Promedio lavandería de uniformes.

Parámetros	Unidades	Límite Máx. Permissible ⁽²⁾	Promedio de las 3 Muestras ⁽¹⁾
Temperatura	°C	40.00	23.45
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	27.50
Material flotante	---- ⁽³⁾	Presente / Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	52.50
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	11.00
Fósforo total	mg/L	700.00	3.67
pH	---- ⁽³⁾	6.00 a 9.00	8.55
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	3
Arsénico	mg/L	1.00	0.01
Cadmio	mg/L	1.00	0.02
Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽⁴⁾
Cobre	mg/L	4.00	0.05
Cromo Total (*)	mg/L	1.00	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽⁴⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06
Zinc	mg/L	10.00	0.16
Color	Pt-Co	1,500.00	149.50
DBO5	mg/L	3,500.00	204.00
DQO	---- ⁽³⁾	---- ⁽³⁾	405.00
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽³⁾	16.54

(1) Fuente: promedio de muestra 1, 2 y 3 de la tabla VI.

(2) Según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(3) No existe límite máximo permisible según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(4) No se detectó.

5.2.3 Punto 3. Laboratorio Control de Calidad

Tabla IX: Resultados del efluente de el laboratorio de control de calidad.

Parámetros	Unidades	Límite Máx. Permisible ⁽²⁾	Muestra No. 1 ⁽¹⁾	Muestra No. 2 ⁽¹⁾	Muestra No. 3 ⁽¹⁾
Temperatura	°C	40.00	36.20	24.30	30.00
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	6.00	6.00	6.00
Material flotante	---- ⁽⁴⁾	Presente / Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	42.00	12.00	27.00
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	8.00	2.50	2.50
Fósforo total	mg/L	700.00	5.00	22.00	13.00
pH	---- ⁽⁴⁾	6.00 a 9.00	7.50	7.00	7.20
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	<4	<3	<3
Arsénico	mg/L	1.00	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Cadmio	mg/L	1.00	0.02	0.02	0.02
Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Cobre	mg/L	4.00	0.06	0.08	0.07
Cromo Total (*)	mg/L	1.00	0.01	0.01	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾	ND ⁽³⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04	0.04	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06	0.06	0.06
Zinc	mg/L	10.00	0.31	0.39	0.35
Color	Pt-Co	1,500.00	121.00	35.00	78.00
DBO5	mg/L	3,500.00	6.00	114.00	6.00
DQO	---- ⁽⁴⁾	---- ⁽⁴⁾	6.00	202.00	6.00
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽⁴⁾	0.67	0.67	0.67

(1) Fuente: datos originales obtenidos del laboratorio.

(2) Según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(3) No se detectó.

(4) No existe límite máximo permisible según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

5.2.3.1 Promedio laboratorio control de calidad

Tabla X Promedio laboratorio control de calidad.

Parámetros	Unidades	Límite Máx. Permisible ⁽²⁾	Promedio de las 3 Muestras ⁽¹⁾
Temperatura	°C	40.00	30.25
Grasas y aceites	mg/L	1,500.00	6.00
Material flotante	---- ⁽³⁾	Presente / Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3,500.00	27.00
Nitrógeno total	mg/L	1,400.00	4.33
Fósforo total	mg/L	700.00	13.50
pH	---- ⁽³⁾	6.00 a 9.00	7.25
Coliformes fecales	NMP/mL	<1X10 ⁸	4.50
Arsénico	mg/L	1.00	ND ⁽⁴⁾
Cadmio	mg/L	1.00	0.02
Cianuro total	mg/L	6.00	ND ⁽⁴⁾
Cobre	mg/L	4.00	0,07
Cromo Total (*)	mg/L	1 .00	0.01
Mercurio	mg/L	0.10	ND ⁽⁴⁾
Níquel	mg/L	6.00	0.04
Plomo	mg/L	4.00	0.06
Zinc	mg/L	10.00	0.35
Color	Pt-Co	1,500.00	78.00
DBO5	mg/L	3,500.00	114.00
DQO	---- ⁽³⁾	---- ⁽³⁾	202.00
Q = caudal promedio	Gpm	---- ⁽³⁾	0.67

(1) Fuente: promedio de muestra 1, 2 y 3 de la tabla VII.

(2) Según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(3) No existe límite máximo permisible según Acuerdo Gubernativo 236-2006.

(4) No se detectó.

5.3 Causas que provocan el incumplimiento

Se determinó que las posibles causas que provocaron el incumplimiento en los límites máximos permisibles son las siguientes:

Tabla XI Causas

Parámetro	Problema detectado	Posible causa
pH	En el punto # 1, se obtuvo 9.4 para la muestra número 2	Durante la toma de la muestra se encontraban lavando un contenedor de formulación de bicarbonato
Temperatura	En el punto # 1, se obtuvo 40 ° C para la muestra número 1	En el proceso de lavado de los contenedores se utilizan ciclos de lavado de agua caliente ≥ 80 ° C y agua a temperatura ambiente
pH	En el punto # 2, se obtuvo 9.7 para la muestra número 2	Medición inexacta de neutralizante de jabones

Fuente: datos obtenidos en investigación de campo.

5.4 Mecanismos de monitoreo gestión y tratamientos

Con base al análisis de los resultados anteriores y a las observaciones de campo se propusieron los mecanismos de monitoreo gestión y tratamiento para controlar los parámetros que no se encontraron dentro de los límites máximos permisibles, estos se detallan a continuación:

Tabla XII Mecanismos de monitoreo gestión y tratamientos

Problema detectado	Propuesta de mejoras
pH = 9.4 Centro de lavado de contenedores	Instalar un tanque de compensación
Temperatura = 40 ° C Centro de lavado de contenedores	Instalar un tanque de compensación
pH = 9.7 Lavandería de uniformes	Utilizar medida exacta de neutralizante de jabones
Diversidad de efluentes	Unir dos efluentes

Fuente: datos obtenidos en investigación de campo.

5.5 Interpretación de los resultados

En base a los resultados obtenidos se tiene lo siguiente para cada punto de descarga:

5.5.1 Centro de lavado de contenedores

Según tabla V, el parámetro de pH en la muestra No. 2 no cumple con el límite máximo permisible, se identificó que el contenedor que se encontraba en el proceso de lavado durante el muestreo era de una formulación de bicarbonato por lo que el valor pH obtenido fue de 9.4.

Así mismo la temperatura de la muestra No. 1 se encontró en el límite superior debido a que en el proceso de lavado de contenedores se utilizan ciclos de agua fría y agua caliente como se explica en la metodología.

Los coliformes fecales detectados en los tres muestreos se debieron a que las descargas del centro de lavado y un servicio sanitario se encuentran en el mismo punto teniendo de esta forma una contaminación cruzada en la descarga y en la toma de las muestra.

Se realizó un promedio de cada parámetro y los valores obtenidos se muestran en la tabla V, los resultados de esta tabla cumplen con los límites máximos permisibles del acuerdo gubernativo 236-2006, lo que da la idea de que una adecuada homogenización de los efluentes podría ayudar al cumplimiento de los límites legales al mismo tiempo de la reducción de las etapas del tratamiento y por consiguiente los costos.

5.5.2 Lavandería de uniformes

Según la tabla VII los resultados muestran que el parámetro de pH para la muestra No. 1 no se encuentra dentro de los límites máximos

permisibles esto se debió a que el neutralizante de detergente biodegradable utilizado en este proceso de lavado no se había aplicado en la cantidad correspondiente por lo que se obtuvo un pH de 9.70.

Se realizó un promedio de cada parámetro y los valores obtenidos se muestran en la tabla VIII, los cuales cumplen con los límites máximos permisibles del acuerdo gubernativo 236-2006, lo que da la idea de que una adecuada homogenización de los efluentes podrían ayudar al cumplimiento de los límites legales al mismo tiempo de la reducción de las etapas del tratamiento y por consiguiente los costos.

5.5.3 Laboratorio de control de calidad

Según resultados de la tabla IX se puede observar que todos los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Se realizó un promedio de cada parámetro los cuales se muestran en la tabla X, los resultados de esta tabla cumplen con los límites máximos permisibles actualmente estipulados.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron tres puntos claves de descarga de aguas residuales, centro de lavado de contenedores, lavandería de uniformes y laboratorio de control de calidad.
2. Las muestras se caracterizaron y cuantificaron de acuerdo a los parámetros de calidad de las aguas residuales de los tres puntos de descarga detectados y fueron comparados, según los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y se muestran en las tablas V, VII y IX.
3. En el centro de lavado de contenedores el valor de pH se ve influenciado por el lavado de contenedores, utilizados para la formulación de bicarbonato, la temperatura se ve afectada por los ciclos de lavado que incluyen agua caliente $\geq 80^{\circ} \text{C}$ y agua a temperatura ambiente para el ciclo de agua fría, los coliformes fecales detectados se debió a una contaminación cruzada con una tubería de un servicio sanitario.
4. El valor de pH se ve influenciado por la medición inexacta de neutralizante de jabones en la lavandería de uniformes.
5. Con base a los resultados obtenidos en cada muestreo realizado en el laboratorio de control de calidad, todos los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

6. Basado en los resultados obtenidos fuera de los límites máximos permisibles, se determina necesario realizar un tratamiento para el control de pH y temperatura en el Centro de Lavado de Contenedores, así como la eliminación del servicio sanitario que contamina la descarga.

RECOMENDACIONES

1. Implementar muestreos semestrales y realizar los análisis fisicoquímicos estipulados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en cada punto de descarga, esto con el objeto de mantener el control de las actividades y aplicación correcta de los métodos de lavado y optimizar la utilización del agua y de esta forma poder detectar posibles desviaciones respecto a los límites máximos permisibles, buscar las posibles causas y corregirlas para poder continuar cumpliendo con lo estipulado en el acuerdo.
2. Realizar un tratamiento para controlar el pH en el centro de lavado de contenedores, esto debido a que los contenedores en los que se formulan los bicarbonatos elevan el valor pH del agua descargada al momento de llevar a cabo el lavado de estos, por tal motivo el tratamiento propuesto para regular este parámetro es el de instalar un tanque de compensación donde se almacene el líquido con el objeto de homogenizarlo en calidad y en cantidad.

El uso de este tipo de tanque puede significar una gran economía, ya que es un tratamiento fácil, de poca inversión y representa un ahorro en la compra de productos químicos, en general en todos los casos se logra una simplificación en la operación del tratamiento y obtención de resultados satisfactorios respecto a este parámetro a tratar.

Utilizar el tanque de compensación como pretratamiento favorecería la regulación de la temperatura en el centro de lavado, donde se obtuvo un dato en el límite superior, pues el tanque no se encontrará enchaquetado o con algún tipo de recubrimiento que funcione como

aislante, por lo que ayudaría a reducir este parámetro por medio de transferencia de calor con el ambiente.

3. Eliminar el servicio sanitario así como su tubería para que no se de la contaminación cruzada en la descarga del centro de lavado de contenedores y así evitar la presencia de coliformes fecales, los cuales fueron detectados en los análisis microbiológicos realizados en este punto. Así mismo se detectó que no hay inconveniente en eliminar dicho servicio ya que existen otros alternativos cuya descarga no interfiere con el sistema en estudio.
4. En la lavandería de uniformes se deberá aplicar el neutralizante necesario en todos los lavados y en la dosificación adecuada. Adicionalmente, debido a que ya existe un procedimiento validado para la dosificación de neutralizante, deberá motivarse a la supervisión respectiva para el cumplimiento del procedimiento.
5. En el laboratorio de control de calidad, se deberán monitorear los resultados obtenidos en los muestreos semestrales, ya que en este punto se cumplen con todos los límites máximos permisibles.
6. Sería conveniente unir la descarga del centro de lavado de contenedores y la lavandería de uniformes, para que estas sean recibidas en el tanque de compensación mencionado en el inciso 2 y de esta forma se reducirían costos respecto al ahorro en la realización de los análisis semestrales y construcción de un solo tanque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.
Zakrzewski, Sigmund F. **Principles of Enviromental Toxicology**. (1th. Edition). American Chemical Society, Washington, DC. 1991 pp 135
2.
Laura Milena Baron
Aguas Residuales
Consultado en:
<http://www.monografias.com/trabajos11/agres/agres.shtml#intro>
Marzo 2009.
3.
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala C.A., **Manual General del Acuerdo Gubernativo 236-2006**. Acuerdo Gubernativo Número 105 – 2008.
4.
Olger Rodas
Teoría básica del muestreo
Consultado en:
<http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>
Marzo 2009
5.
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala C.A..
Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos. Acuerdo Gubernativo Número 236-2006.
6.
Universidad de Oviedo
Fisicoquímica
Consultado en:
<http://www.indurot.uniovi.es/areas/actividades/subsitio/MARCO/subsitio/ASPX/fiscoquimicos.aspx>
Agosto 2008
7.
Echarri Prim, Luis.
DBO₅
Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Libro electrónico.
Consultado en:
www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/01IntrCompl/111Model.htm
Agosto 2008

8.
Rojo Alba, Susana.
DBO5
Consultado en:
biologia.usal.es/sitioweb/Alumnos/Practicas_empresas/MemoriasParaWeb/Aquagest06_SusanaRojo.pdf
Marzo 2009

9.
Clesceri, Leonore; Greenberg, Arnold; et.al. **Standard Methods for the Examination of water and Waste Water**. (20th. Edition) American Public Health Association Washington, United States, 1998. pp. 1-55

10.
Eco Portal
DQO
<http://www.ecoportel.net/content/view/full/169/offset/3>
Marzo 2009

11.
Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Parametros_en_campo.pdf
Marzo 2009

12.
Tecnología y gestión de recursos hídricos
Sólidos en suspensión
<http://www.hidritec.com/doc-parametros2.htm>
Marzo 2009

13.
Análisis de agua – Determinación de Nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales
Nitrógeno
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-026-SCFI-2001.pdf>
Marzo 2009

14.
Inge Thiel,
Metales Pesados
Consultado en:
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/términos/MetalesPes.htm>
Agosto 2008

15.
Germán Luis Puigdomenech. Introducción al Concepto de la
Microbiología
Consultado en:
www.monografias.com/trabajos14/microbialhistorias.shtml#INTRO.
Agosto 2008

16.
Tecnología ambiental.
Escuela universitaria politécnica de Sevilla
Tratamiento de Aguas Residuales
Consultado en:
http://www.grupotar.net/master/ponencias/modulo1/ponencias_modulo01_master_04-06/ari_generalidades.pdf
Marzo 2009

17.
Estudios necesarios para el proyecto de la planta de tratamiento de
efluentes industriales
Consultora Masil, Ingeniero Ambiental
Compensación
<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=842>
Marzo de 2009

ANEXOS

Acuerdo Gubernativo 236-2006 publicado en el Diario de Centro América.

8 Guatemala, JUEVES 11 de mayo de 2006

DIARIO de CENTRO AMÉRICA

NÚMERO 26



YO, OSCAR BERGER PERDOMO
Presidente Constitucional de la República de Guatemala

DECLARO:

Que el Gobierno de la República de Guatemala, habiendo firmado con fecha 12 de septiembre de 2005 la "ENMIENDA AL AJUSTE COMPLEMENTARIO DEL ACUERDO BÁSICO DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA ENTRE EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA Y EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL MODIFICADO POR ADENDUM DE FECHA VEINTIDÓS DE AGOSTO DE DOS MIL DOS, PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO ALFABETIZACIÓN SOLIDARIA EN GUATEMALA", ratifica por el presente dicha Enmienda y se compromete a cumplir y aplicar fielmente las disposiciones que en ella figuran.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, firmo el presente instrumento.

Hecho en la Ciudad de Guatemala, a diez días del mes de febrero de dos mil seis.

EL VICEMINISTRO DE RELACIONES EXTERIORES
ENCARGADO DEL DESPACHO

JUAN JOSÉ CABRERA ALONZO

OSCAR BERGER PERDOMO
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA

ENMIENDA AL AJUSTE COMPLEMENTARIO DEL ACUERDO BÁSICO DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA ENTRE EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA Y EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL MODIFICADO POR ADENDUM DE FECHA VEINTIDÓS DE AGOSTO DE DOS MIL DOS, PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO ALFABETIZACIÓN SOLIDARIA EN GUATEMALA

El Gobierno de la República de Guatemala
y
El Gobierno de la República Federativa de Brasil,

ACUERDAN:

ARTÍCULO I

Se modifica el apartado 2, del artículo II del Ajuste Complementario y Adendum, el cual queda así:

El Gobierno de la República de Guatemala designa:

- a) la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) como responsable por la coordinación de las acciones resultantes del presente Ajuste Complementario; y el Ministerio de Educación como co-partícipe y responsable por la coordinación sectorial; y
- b) el Comité Nacional de Alfabetización de Guatemala (CONALFA), como responsable por la ejecución de las acciones resultantes del presente Ajuste Complementario.

ARTÍCULO II

La presente enmienda entrará en vigor a partir de la fecha en que Guatemala comunique, por la vía diplomática, el cumplimiento de sus requisitos legales para el efecto.

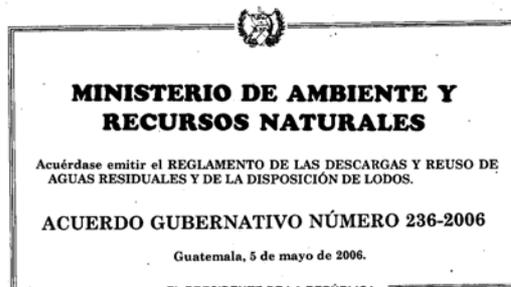
Dado en la ciudad de Guatemala, el 12 de septiembre de 2005, en dos ejemplares originales, en español y portugués siendo ambos textos igualmente auténticos.

POR EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

POR EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL

"LA ENMIENDA CIENTÍFICA Y TÉCNICA ENTRE EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA Y EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL MODIFICADO POR ADENDUM DE FECHA VEINTIDÓS DE AGOSTO DE DOS MIL DOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO ALFABETIZACIÓN SOLIDARIA EN GUATEMALA, fue ratificada por el Presidente de la República el 10 de febrero de 2006 y, de conformidad con lo establecido en el artículo II de la Enmienda, entró en vigor el 28 de marzo de 2006".

(E-375-2006)-11-22ayb



CONSIDERANDO:

Que por imperativo constitucional el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación.

CONSIDERANDO:

Que la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, se deben emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; así como prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

CONSIDERANDO:

Que es necesario contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico; coordinando para el efecto los esfuerzos de los órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.

POR TANTO:

En uso de las funciones que le confieren el artículo 183 literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

ACUERDA:

Emitir el siguiente

**REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES
Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS**

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. OBJETO. El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

Artículo 2. APLICACIÓN. El presente Reglamento debe aplicarse a:

- Los entes generadores de aguas residuales;
- Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- Las personas que produzcan aguas residuales para reuso;
- Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
- Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

Artículo 3. COMPETENCIA. Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

CAPÍTULO II

DEFINICIONES

Artículo 4. DEFINICIONES. Para los efectos de la aplicación e interpretación de este Reglamento, se entenderá por:

AFLUENTE: el agua captada por un ente generador.

AGUAS RESIDUALES: las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL: las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO: las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, piletas, lavamanos, lavabos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

ALCANTARILLADO PLUVIAL: el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

ALCANTARILLADO PÚBLICO: el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA: la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

CARACTERIZACIÓN DE UN EFLENTE O UN AFLUENTE: la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.

CARGA: el resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

CAUDAL: el volumen de agua por unidad de tiempo.

COLIFORMES FECALES: el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

CUERPO RECEPTOR: embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO: la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un periodo de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO: la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

DILUCIÓN: el proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.

EFLENTE DE AGUAS RESIDUALES: las aguas residuales descargadas por un ente generador.

ENTES GENERADORES: la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

ENTES GENERADORES EXISTENTES: los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente Reglamento.

ENTES GENERADORES NUEVOS: los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

ESTABILIZACIÓN DE LODOS: el proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.

ESTERO: la zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales.

EUTROFIZACIÓN: el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.

FERTIRRIEGO: la práctica agrícola que permite el reuso de un efluente de aguas residuales, que no requiere tratamiento, a fin de aprovechar los diversos nutrientes que posee para destinarlos en la recuperación y mejoramiento de suelos así como en fertilización de cultivos que no se consuman crudos o precocidos.

HUMEDAL: el sistema acuático natural o artificial, de agua dulce o salada, de carácter temporal o permanente, generalmente en remanso y de poca profundidad.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL: los documentos técnicos definidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo No. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los Acuerdos Gubernativos No. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción, hasta la fase de abandono.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE: el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reuso y lodos.

LODOS: los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.

MANTO FREÁTICO: la capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

META DE CUMPLIMIENTO: la determinación numérica de los valores que deben alcanzarse en la descarga de aguas residuales al final de cada etapa de cumplimiento. En el caso de los entes generadores nuevos y de las personas nuevas que descargan al alcantarillado público, al iniciar operaciones.

MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA: el régimen de cumplimiento de valores de parámetros en cargas, con parámetro de calidad asociado, en distintas etapas.

MONITOREO: el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes aguas para reuso y lodos.

MUESTRA: la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

MUESTRAS COMPUESTAS: dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

MUESTRA SIMPLE: la muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos en el momento de la toma.

PARÁMETRO: la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO: el valor de concentración de demanda bioquímica de oxígeno, expresado en miligramos por litro, que determina la condición del efluente y se aplica en el modelo de reducción progresiva de cargas.

PERSONA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona individual o jurídica, pública o privada, que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.

PERSONA EXISTENTE QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona que descarga al alcantarillado público establecida previo a la vigencia del presente Reglamento.

PERSONA NUEVA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona que descarga al alcantarillado público establecida posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

PUNTO DE DESCARGA: el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

REUSO: el aprovechamiento de un efluente, tratado o no.

SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES: aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionarios y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO PRIVADO: el conjunto de tuberías y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo especial, originadas por distintas personas individuales o jurídicas privadas, hasta su disposición a una planta de tratamiento de aguas residuales privada.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

CAPÍTULO III

ESTUDIO TÉCNICO

Artículo 5. ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reuso y lodos.

Artículo 6. CONTENIDO DEL ESTUDIO TÉCNICO. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas, indicadas en el artículo 5 del presente Reglamento, para documentar el estudio técnico deberán tomar en cuenta los siguientes requisitos:

I. Información general:

- a) Nombre, razón o denominación social.
- b) Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- c) Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente Reglamento.
- d) Horarios de descarga de aguas residuales.
- e) Descripción del tratamiento de aguas residuales.
- f) Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.
- g) Caracterización de las aguas para reuso.
- h) Caracterización de lodos a disponer.
- i) Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
- j) Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- k) Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- l) Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

II. Documentos:

- a) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
- b) Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del afluente como del efluente. En el caso del afluente cuando aplique.
- c) Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
- d) Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
- e) Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

Artículo 7. RESGUARDO DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica conservará el Estudio Técnico, manteniéndolo a disposición de las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando se lo requieran por razones de seguimiento y evaluación.

Artículo 8. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL. Para los efectos del cumplimiento del artículo 97 del Código de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales al aprobar un Instrumento de Evaluación Ambiental a los entes generadores nuevos, incluirá en la resolución el dictamen relacionado con la descarga de aguas residuales de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento.

Para efectos de verificación y control del cumplimiento de este Reglamento, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá utilizar los Instrumentos contenidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.

Artículo 9. PLAZO PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO Y CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá evaluar en forma permanente el desempeño ambiental y el cumplimiento de los planes contemplados en el numeral II Documentos, literales c) y d) del artículo 6.

Artículo 10. VIGENCIA DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas deberá, cada cinco años, actualizar el contenido del estudio técnico estipulado en el presente Reglamento.

Artículo 11. AMPLIACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO. En caso de que las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales determinen que la información del artículo 6 se puede fortalecer adicionando datos, justificará por escrito su requerimiento.

Artículo 12. EXENCIÓN DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS. La exención de medición de parámetros procederá cuando se demuestre a través del Estudio al que se refiere el artículo 5 del presente Reglamento, que por las características del proceso productivo no se generan algunos de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, aplicables a descarga de aguas residuales, reuso de aguas residuales y lodos.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN

Artículo 13. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y DEL EFLENTE DE AGUAS RESIDUALES. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas en un cuerpo receptor o al alcantarillado público, deberá realizar la caracterización del afluente, así como del efluente de aguas residuales e incluir los resultados en el estudio técnico.

Artículo 14. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS PARA REUSO. La persona individual o jurídica, pública o privada, que genere aguas residuales para reuso o las reuse, deberá realizar la caracterización de las aguas que genere y que desea aprovechar e incluir el resultado en el estudio técnico.

Artículo 15. CARACTERIZACIÓN DE LODOS. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar lodos, deberá realizar la caracterización de los mismos e incluir el resultado en el estudio técnico.

CAPÍTULO V

PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA A CUERPOS RECEPTORES

Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

- a) Temperatura,
- b) Potencial de hidrógeno,
- c) Grasas y aceites,
- d) Materia flotante,
- e) Sólidos suspendidos totales,
- f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- g) Demanda química de oxígeno,
- h) Nitrógeno total,
- i) Fósforo total,
- j) Arsénico,
- k) Cadmio,
- l) Cianuro total,
- m) Cobre,
- n) Cromo hexavalente,
- o) Mercurio,
- p) Níquel,
- q) Plomo,
- r) Zinc,
- s) Color y
- t) Coliformes fecales.

Artículo 17. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Etapa	Uno				
	Dos de mayo de dos mil once				
Fecha máxima de cumplimiento					
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000xEG+8000	6000xEG+12000	12000xEG+25000	25000xEG+50000	50000xEG+250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapa	Dos				
	4				
Fecha máxima de cumplimiento					
Duración, años	4				
Carga, kilogramos por día	3000xEG+5500	5500xEG+10000	10000xEG+30000	30000xEG+50000	50000xEG+125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Etapas				
Tres				
Fecha máxima de cumplimiento				
Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5			
Carga, kilogramos por día	3000E-G-5000	5000E-G+10000	10000E-G-30000	30000E-G-85000
Reducción porcentual	50	70	85	90
Etapas				
Cuatro				
Fecha máxima de cumplimiento				
Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4			
Carga, kilogramos por día	3000E-G+4000		4000E-G+7000	
Reducción porcentual	40		60	

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico. Dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno, se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

Artículo 18. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 19. META DE CUMPLIMIENTO. La meta de cumplimiento, al finalizar las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas, se establece en tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. Los entes generadores existentes que alcancen y mantengan éstos valores habrán cumplido con la meta establecida en este artículo y con el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17 del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes que registren cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, pero que registren valores mayores a doscientos miligramos por litro en el parámetro de calidad asociado, procederán a efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes correspondientes a la primera columna del lado izquierdo correspondiente a los rangos, en el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17, del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes de aguas residuales de tipo especial y ordinario que después de tratar dichas aguas, y que en cualesquiera de las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas alcancen y mantengan valores en el parámetro de calidad asociado, iguales o menores que cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES. Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Etapas			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	800	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Artículo 21. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA ENTES GENERADORES NUEVOS. Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. En el caso de que el parámetro de calidad asociado sea igual o menor a cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Adicionalmente, deberán cumplir los límites máximos permisibles de los parámetros siguientes:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente se requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, el ente generador deberá cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el presente artículo.

El ente generador nuevo que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un período de estabilización productiva, definirá en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del período de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho período de estabilización.

Artículo 22. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN ESTEROS. Cuando el cuerpo receptor sea un estero se aplicarán las siguientes disposiciones:

- a) Los entes generadores existentes deberán observar los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del presente Reglamento. El parámetro de demanda bioquímica de oxígeno aplicable es el siguiente:

Parámetro	Dimensional	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Etapas			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	500	300	250	150	100

- b) Los entes generadores nuevos deberán aplicar los límites máximos permisibles y la reducción de la última etapa del artículo 20 y del artículo 22 literal a).
- c) Para los entes generadores que descargan aguas residuales de tipo especial a esteros, los valores de las concentraciones de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, se determinan de acuerdo a la diferencia entre la concentración del efluente y la del afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles de los artículos 20 y 22 literal a) del presente Reglamento.
- d) A los entes generadores regulados en el presente artículo no les serán aplicables los artículos 17 y 19, del presente Reglamento.

Artículo 23. DEDUCCIÓN ESPECIAL DE VALORES EN PARÁMETROS. A los entes generadores de aguas residuales de tipo especial que registren en sus afluentes valores mayores a los límites máximos permisibles de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos, se aplicará el concepto de deducción especial. Dicha deducción especial consiste en restar el valor de cada parámetro del afluente del valor registrado en el efluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles del presente Reglamento.

Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores, de cualesquiera de las formas siguientes:

- a) Con lo preceptuado en los artículos 17, 18, 19 y 20, de conformidad con los plazos establecidos en estos artículos del presente Reglamento.
- b) Con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el siguiente cuadro:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ³	< 1x10 ²
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Piombo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario al cumplirse a más tardar el dos de mayo del dos mil quinientos.

Las municipalidades que reciban descargas de aguas residuales de tipo especial en el alcantarillado público, que contengan compuestos que no puedan ser tratados en un sistema de tratamiento primario, no estarán sujetas a los límites máximos permisibles de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total y fósforo total en la etapa uno del cuadro anterior, del presente artículo. lo cual deberá ser acreditado en el Estudio Técnico.

La anterior disposición no exime a las municipalidades de cumplir con límites máximos permisibles de los parámetros del párrafo anterior en las etapas subsiguientes.

CAPÍTULO VI

PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO

Artículo 25. PARÁMETROS. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes:

- Temperatura,
- Potencial de hidrógeno,
- Grasas y aceites,
- Materia flotante,
- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- Demanda química de oxígeno,
- Sólidos suspendidos totales,
- Nitrógeno total,
- Fósforo total,
- Arsénico,
- Cadmio,
- Cianuro total,
- Cobre,
- Mercurio,
- Níquel,
- Piombo,
- Zinc,
- Color y
- Coliformes fecales.

Artículo 26. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas existentes que descargan al alcantarillado público deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno, conforme a los valores y las etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Etapa	Uno				
	Dos de mayo de dos mil once				
	Etapa				
Fecha máxima de cumplimiento	5				
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000EG-5000	6000EG-10000	12000EG-25000	25000EG-50000	60000EG-125000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapa	Dos				
Fecha máxima de cumplimiento	4				
Duración, años	4				
Carga, kilogramos por día	3000EG-5000	5000EG-10000	10000EG-30000	30000EG-60000	60000EG-125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50

Etapa	Tres			
	Dos de mayo de dos mil veinte			
	Etapa			
Fecha máxima de cumplimiento	5			
Duración, años	5			
Carga, kilogramos por día	3000EG-5000	5000EG-10000	10000EG-30000	30000EG-60000
Reducción porcentual	50	70	85	90
Etapa	Cuatro			
Fecha máxima de cumplimiento	4			
Duración, años	4			
Carga, kilogramos por día	3000EG-5000	4000EG-7000		
Reducción porcentual	40	60		

Las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público y que registran cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, deben continuar con la reducción de la carga, hasta alcanzar el parámetro de valor asociado de cada etapa.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico; dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

Artículo 27. PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 25 y con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno, que se presentan en el siguiente cuadro:

Parámetro	Dimensional	Valor Inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	3500	1500	750	450	200

Artículo 28. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Para la descarga de las aguas residuales de tipo especial hacia un alcantarillado público, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles de conformidad con las etapas de cumplimiento correspondientes establecidos en el cuadro siguiente:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	200	100	60	60
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	1500	700	400	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	180	150	80	40
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	40	25	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ³	< 1x10 ²
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Piombo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

Las personas que empleen colorantes no biodegradables en sus procesos productivos y que descarguen aguas residuales al alcantarillado público, deberán indicar en el estudio técnico los tratamientos utilizados para cumplir con los límites máximos permisibles de color en las etapas correspondientes, con el propósito de evitar su incorporación al cuerpo receptor.

Artículo 29. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deberán incluir en el Estudio Técnico a que se hace referencia en el artículo 5 del presente Reglamento, la determinación de la demanda química de oxígeno a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 30. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA PERSONAS NUEVAS QUE DESCARGUEN AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, a las personas nuevas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, se les requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, deberán cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el siguiente cuadro:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	200
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	40
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

La persona que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un período de estabilización productiva, definirá en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del período de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho período de estabilización.

Artículo 31. OPCIONES DE CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que se encuentren autorizadas por la municipalidad para descargar aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, podrán cumplir los límites máximos permisibles de cualesquiera de las formas siguientes:

- Estableciendo sistemas de tratamiento propios.
- Pagando a la municipalidad o a las empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, una tasa correspondiente al servicio que se preste, siempre y cuando dichas municipalidades cuenten con sistema de tratamiento para aguas residuales en operación.

Se exceptúan de la opción de cumplimiento contenida en el inciso b) del presente artículo, las personas que descarguen aguas residuales con metales pesados cuyos límites máximos permisibles excedan de los valores establecidos en los artículos 26 y 30.

Artículo 32. EXENCIÓN DE PAGO POR SERVICIOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Las personas que descarguen sus aguas residuales al alcantarillado público, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la literal b) del artículo 24 del presente Reglamento, estarán exentas de todo pago por los servicios de tratamiento de aguas residuales brindado por las Municipalidades o las concesionarias.

Artículo 33. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE TARIFAS DE SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. De acuerdo con lo establecido en el artículo 3 del Código Municipal, y para efectos de este Reglamento, las municipalidades coordinarán con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la determinación de los criterios técnicos que servirán de base para establecer las tarifas del servicio de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se tomará en cuenta como mínimo lo siguiente:

- Los costos de operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.
- Los límites máximos permisibles establecidos en este Reglamento.
- Los estudios técnicos cuyos valores y caracterización sean conocidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el que deba realizar la Municipalidad jurisdiccional.
- La tarifa será diferenciada atendiendo a las características de cada descarga.

Las Municipalidades establecerán las tarifas o tasas respectivas de conformidad con el propio Código Municipal.

CAPÍTULO VII

PARÁMETROS DE AGUAS PARA REUSO

Artículo 34. AUTORIZACIÓN DE REUSO. El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reuso de aguas residuales, que cumplan con los límites máximos permisibles que a cada uso correspondan.

TIPO I: REUSO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN GENERAL: uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertiriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35. Se exceptúa de este reuso los cultivos considerados en el tipo II.

TIPO II: REUSO PARA CULTIVOS COMESTIBLES: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas. Para el caso de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, deberá cumplirse de conformidad con los límites máximos permisibles del artículo 35. Adicionalmente, para otros parámetros, deberán cumplir los límites máximos permisibles presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento, a excepción de sólidos en suspensión, nitrógeno total y fósforo total.

TIPO III: REUSO PARA ACUICULTURA: uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

TIPO IV: REUSO PARA PASTOS Y OTROS CULTIVOS: con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

TIPO V: REUSO RECREATIVO: con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35. Cualquier otro reuso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Artículo 35. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA REUSO. El agua residual para reuso deberá cumplir con los límites máximos permisibles del siguiente cuadro:

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	< 2x10 ⁴
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	< 1x10 ⁴
Tipo V	200	< 1x10 ⁴

Artículo 36. METALES PESADOS Y CIANUROS. Los límites máximos permisibles de metales pesados y cianuros en las aguas para reuso son los presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento.

Artículo 37. RECIRCULACIÓN INTERNA DE AGUA. Todo ente generador podrá recircular las aguas residuales antes de que las mismas se viertan al cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reuso ni estará sujeta a las disposiciones del presente Reglamento.

CAPÍTULO VIII

PARÁMETROS PARA LODOS

Artículo 38. OBLIGATORIEDAD. Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final del presente Reglamento.

Artículo 39. APLICACIÓN. Los lodos que se regulan en el presente Reglamento son aquellos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario o especial.

Artículo 40. TECNOLOGÍA Y SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS. Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.

Artículo 41. DISPOSICIÓN FINAL. Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas:

- Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost;
- Disposición en rellenos sanitarios;
- Confinamiento o aislamiento; y,
- Combinación de las antes mencionadas.

Artículo 42. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LODOS. Para poder efectuar la disposición final de lodos de acuerdo a las formas descritas en el artículo 41 del presente Reglamento, los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Los expresados en el cuadro anterior son los límites máximos permisibles para suelos con potencial de hidrógeno menor que siete unidades. En los suelos que posean potencial de hidrógeno mayor o igual que siete unidades se podrán disponer lodos hasta un cincuenta por ciento más de los valores presentados como límites máximos permisibles.

Artículo 43. APLICACIÓN AL SUELO. Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 42, podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.

Artículo 44. DISPOSICIÓN HACIA RELLENOS SANITARIOS. Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean bioeficaces, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles del artículo 42 del presente Reglamento.

Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Artículo 45. CONFINAMIENTO O AISLAMIENTO. Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.

Artículo 46. COMERCIALIZACIÓN. La comercialización de los lodos producidos es libre, siempre que los mismos se caractericen y se cumpla con los tratados y convenios internacionales que rijan en la materia ratificados por Guatemala y con lo siguiente:

- No debe permitirse el contacto humano directo con los lodos.
- Los lodos deben cumplir las especificaciones descritas en el artículo 42.
- El transporte de lodos debe realizarse en recipientes y vehículos acondicionados para evitar fugas y derrames.
- Los recintos para su almacenamiento transitorio deben ser autorizados para el efecto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final deben contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y si es aplicable del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 47. CONTRATACIÓN DE SERVICIOS. Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final de lodos deberán cumplir lo dispuesto en los artículos 41, 42, 43, 44, 45 y 46 del presente Reglamento. En el caso de la contratación de cualquiera de los servicios establecidos en este artículo, el ente generador queda exento de responsabilidad.

Artículo 48. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales coordinará a través de sus dependencias la realización, a su costa, de muestreos aleatorios de los lotes de lodos que sean dispuestos, a efecto de verificar el cumplimiento de los parámetros del artículo 42 del presente Reglamento, cuando sea aplicable.

**CAPÍTULO IX
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN**

Artículo 49. DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS. Para el seguimiento y evaluación de aguas residuales y de aguas para reuso, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico.

Para el seguimiento y evaluación de lodos, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico. En el caso de las entidades contratadas para prestar los servicios de extracción, manejo y disposición final de lodos, éstas tendrán que realizar su toma de muestras de acuerdo al siguiente cuadro:

Peso promedio de lodos producidos	Periodicidad
Entre 0 y 1500 kilogramos diarios	Trimestral
Entre 1501 y 3000 kilogramos diarios	Bimensual
Más de 3000 kilogramos diarios	Mensual

Los entes generadores deberán llevar un registro de los resultados de estos análisis y conservarlos durante un plazo de cinco años posteriores a su realización, para su presentación al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando le sea requerido por razones de seguimiento y evaluación.

El número de muestras simples requeridas para conformar una muestra, se indica en el cuadro siguiente:

Horas por día que opera la actividad que genera la descarga de aguas residuales	Número mínimo de muestras simples para conformar una muestra compuesta	Intervalo mínimo en horas entre toma de muestras simples
Menor que 8	2	2
De 8 a 12	3	3
Mayor que 12	4	3

Artículo 50. MEDICIÓN DE CAUDAL. En la toma de cada muestra simple se hará una medición de caudal, para poder relacionarla con la concentración y así determinar la carga.

Artículo 51. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales vigilará que se cumplan con todos los requisitos y procedimientos, establecidos en el presente Reglamento para los entes generadores y para las personas que descargan aguas residuales al alcantarillado público. Asimismo,

coordinará a través de sus dependencias competentes, la realización de muestreos aleatorios en los cuerpos receptores y en los dispositivos para toma de muestras, para evaluar el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y el cumplimiento del presente Reglamento.

Artículo 52. CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS. Los entes generadores deberán contar, en todos los puntos de descarga, con un dispositivo para facilitar la toma de muestras y la medición de caudales, dichos dispositivos deberán estar ubicados en lugares accesibles para la inspección. En el caso de los entes generadores a los cuales se aplique el artículo 22 y 23 contarán con el dispositivo para la toma de muestras del afluente.

Artículo 53. LUGARES EXCLUSIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y otras entidades de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, de acuerdo con las competencias asignadas por la Ley, a través de sus dependencias respectivas, coordinarán las acciones para la toma de muestras, exclusivamente en lugares donde se encuentran ubicados los dispositivos de descarga mencionados en el artículo 52.

Artículo 54. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO. Para los efectos de lo previsto en el presente Reglamento, los laboratorios estatales, universitarios, privados legalmente constituidos, o los laboratorios establecidos por los entes generadores, emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas; o en su defecto por entidades como:

- Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Obras de Agua y Federación de Ambientes Acuáticos en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales;
- Organizaciones técnicas reconocidas en el ámbito nacional e internacional, y
- Especificaciones del fabricante de los equipos que se utilicen.

Los informes de los resultados de los análisis de laboratorio, deberán ser firmados por profesional colegiado activo especializado en la materia.

**CAPÍTULO X
PROHIBICIONES Y SANCIONES**

Artículo 55. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES. Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.

Artículo 56. PROHIBICIÓN DE DESCARGA DIRECTA. Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.

Artículo 57. PROHIBICIÓN DE DILUIR. Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales. Ninguna meta contemplada en el presente Reglamento se puede alcanzar diluyendo.

Artículo 58. PROHIBICIÓN DE REUSOS. Se prohíbe el reuso de aguas residuales en los siguientes casos:

- En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre;
- En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas;
- En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana;
- Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V, indicado en el artículo 34.

Artículo 59. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE LODOS. Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.

Artículo 60. APLICACIÓN DE SANCIONES. Las infracciones a este Reglamento darán lugar a la aplicación de cualesquiera de las sanciones establecidas en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, según el grado de incumplimiento de límites máximos permisibles observando:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

- a) La mayor o menor gravedad del impacto ambiental, según el tipo de incumplimiento de que se trate,
- b) La trascendencia del perjuicio a la población,
- c) Las condiciones en que se produce, y
- d) La reincidencia del infractor.

La omisión del cumplimiento de alguno de los requerimientos establecidos en el artículo 6 del presente reglamento, dará lugar a que el Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales, de conformidad con lo estipulado en el artículo 29, 31 y 34 de la Ley de la Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, inicie el proceso administrativo correspondiente.

CAPÍTULO XI

DISPOSICIONES FINALES

Artículo 61. EXCEPCIÓN DE LA PREPARACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO. Se exceptúan de la preparación del estudio técnico contemplado en el artículo 5 como ente generador toda vivienda unifamiliar y aquellas edificaciones, públicas y privadas, que generen solamente aguas residuales de tipo ordinario y que cuenten con acometida autorizada hacia el alcantarillado público o de entes administradores de servicios de tratamiento de aguas residuales.

Esta excepción no aplica para las municipalidades ni las empresas que tienen concesionados los servicios de recolección, transporte, manejo o disposición de aguas residuales; ni las plantas de tratamiento de urbanizaciones que no estén conectadas a una acometida municipal; porque de conformidad con lo estipulado en el artículo 5 del presente Reglamento, son generadores de aguas residuales.

Artículo 62. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE FÓSFORO. Quienes efectúen descargas hacia cuencas de lagos, lagunas o embalses naturales, tendrán obligación de cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al finalizar la cuarta etapa. Asimismo, en el caso de los entes generadores nuevos deberán cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al inicio de sus operaciones.

Artículo 63. INCUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y SUS ETAPAS CORRESPONDIENTES. Se entenderá que hay contaminación cuando los entes generadores existentes y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles establecidos en las etapas correspondientes del artículo 17 y, también, cuando incumplan con las consideraciones de los artículos 19, 20, 22, 26, 27 y 28.

Se entenderá que existe contaminación cuando los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles en las etapas de cumplimiento correspondientes y las consideraciones contempladas en los artículos 17, 19, 20, 22, 26, 27 y 28, siempre y cuando los valores de sus descargas excedan los límites máximos permisibles que en el momento tengan autorizados los entes generadores existentes.

El incumplimiento de los límites máximos permisibles por parte de los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, de conformidad con los artículos 21 y 22, y 30, respectivamente, con valores que no excedan los límites máximos permisibles autorizados para los entes generadores existentes, conforme a los artículos 17, 19, 20 y 22 y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, conforme a los artículos 26, 27 y 28, en las etapas de cumplimiento uno, dos y tres, dará lugar a la aplicación de las sanciones administrativas que contempla la ley.

Para todos los efectos legales, el periodo de estabilización otorgado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales a un ente generador nuevo o a una persona nueva que descarga aguas residuales al alcantarillado público, se considerará como una situación de caso fortuito o desastres naturales, y en consecuencia cualquier incumplimiento dentro de dicho periodo estará excluido de responsabilidad penal o administrativa.

Artículo 64. REVISIÓN DEL REGLAMENTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES. La revisión del presente Reglamento deberá hacerse cada cuatro años, respetando el principio de gradualidad en las etapas de cumplimiento y considerando el grado de cumplimiento de los entes generadores y de las personas que descargan al alcantarillado público.

Artículo 65. CUMPLIMIENTO DE LAS MUNICIPALIDADES. Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidos, hasta el final de los dieciocho años.

Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.

Artículo 66. CUMPLIMIENTO DE PERSONAS PRIVADAS QUE DESCARGAN A SISTEMAS DE TRATAMIENTO PRIVADOS. Las personas individuales o jurídicas privadas que descargan aguas residuales de tipo especial a un sistema de alcantarillado privado para conducir dichas aguas a la planta de tratamiento de aguas residuales privada en operación no se consideran entes generadores de aguas residuales o personas que descargan aguas residuales de tipo especial al alcantarillado

público, porque para los efectos de aplicación del presente Reglamento, la persona individual o jurídica responsable de administrar la planta de tratamiento será considerada el ente generador o la persona que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público para todos los efectos del presente Reglamento. El único punto de referencia para el control de la descarga en estos casos es el efluente de la planta de tratamiento.

Artículo 67. EPIGRAFES. Los epígrafes que preceden a los artículos del presente Reglamento, no tienen validez interpretativa y no pueden ser citados con respecto al contenido y alcances de esta norma.

CAPÍTULO XII

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 68. PLAZO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público deberá realizar el estudio técnico estipulado en el presente Reglamento, en el plazo de un año, contado a partir de la vigencia del mismo.

Artículo 69. EXPEDIENTES EN TRÁMITE. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que vierten las aguas residuales a cuerpos receptores cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, se considerarán entes generadores existentes para todos los efectos de su aplicación, de acuerdo a los artículos 17, 18, 19, 20 y 22.

Asimismo a las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que vierten sus descargas al alcantarillado público y cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, les será aplicable lo preceptuado en los artículos 26, 27, 28 y 29 del mismo.

Artículo 70. LÍMITES APROBADOS EN ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Cuando en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental, se hayan aprobado límites con valores menores que los contenidos en el presente Reglamento, dichos límites continuarán siendo aplicables a ese ente generador existente. En caso de que los valores de los límites aprobados en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental sean mayores a los establecidos en los artículos 17, 19, 20, 22, 26, 27 y 28, ese ente generador o persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público, deberá cumplir con lo dispuesto en las etapas y las fechas máximas de cumplimiento que corresponda a los artículos mencionados.

Artículo 71. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Los resultados que se obtengan en los Estudios Técnicos servirán de base para elaborar, en un plazo no mayor de dieciocho meses a partir de la vigencia del presente Reglamento, el modelo de reducción progresiva de cargas correspondiente a la demanda química de oxígeno.

Artículo 72. OTROS PARÁMETROS. Otros parámetros que en el futuro se identifiquen como materia de este Reglamento serán agregados al presente cuerpo normativo al determinarse los mismos.

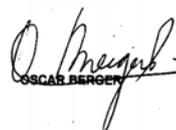
Artículo 73. MANUALES. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales queda facultado para que, en el plazo de un año a partir de la vigencia del presente Reglamento, elabore el Manual General que contenga, entre otros temas, los siguientes:

- a) Toma de muestras de aguas residuales, aguas para reuso y lodos.
- b) Cálculo de cargas.
- c) Aplicación del modelo de reducción progresiva de cargas.
- d) Deducción especial de valores en parámetros.

Artículo 74. DEROGATORIA. Se deroga el Acuerdo Gubernativo número 66-2005 de fecha 17 de febrero de 2005, que contiene el Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y cualquier otra disposición que se oponga al presente Reglamento.

Artículo 75. VIGENCIA. El presente Acuerdo empezará a regir el día siguiente de su publicación en el Diario de Centro América.

COMUNIQUESE.


OSCAR BERGER



MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES