

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**

ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**“DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA
PILOTO PARA EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LODOS DE
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
PUENTE PIEDRA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR:

**MANUEL ANGEL PERCCA ALAMO
KATTY MILAGROS ENCARNACION MELO**

LIMA - PERU

2007

*A nuestra hija Heidy Pilar
que llego a nosotros por amor
para alegramos la vida y el alma.*

*A Dios
A nuestros Padres
A nuestras hermanas y hermanos
que siempre nos alentaron para concluir
con este proyecto*

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a todos quienes pertenecen a la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería. En especial a nuestro asesor, el ingeniero Otto Rosasco Gerkes, por su conocimiento y aporte en nuestra formación profesional.

Agradecer a la ingeniera Sara Sarmiento Jefe de Equipo del área de recolección y disposición final de la empresa SEDAPAL por permitirnos el ingreso a la planta de tratamiento de puente piedra para extraer el lodo que fue tratado en este proyecto y al ingeniero Ronald Huertas encargado de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra por brindarnos la información requerida y por su disposición a querer colaborar con el proyecto realizado.

También quisiéramos reconocer y agradecer la labor del personal que labora en laboratorio de la facultad de ingeniería ambiental, a los Ingenieros Arturo Zapata, Rosa Yaya y Dr. Alejandro Mendoza quienes con su apoyo remitieron concretar el desarrollo de nuestra tesis.

Por último, agradecemos de manera especial a nuestros compañeros, por su amistad, que gracias a ellas pude llevar a cabo este anhelado proyecto.

RESUMEN

Se estudió y evaluó la capacidad de estabilización y reducción de residuos que se generan en el proceso del tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra, llamados comúnmente lodos, mediante digestión anaerobia.

Estos lodos están constituidos principalmente por agua en un 99.043% y 0.957% de sólidos.

En el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental se trabajó con un reactor cilíndrico metálico (el metal tiene un recubrimiento que lo protege de la corrosión), con una capacidad de 15 litros, bajo condiciones mesofílicas (33°C). El tiempo de estabilización para el proceso es de 13 días, para este día la producción de gas es 6.45 y para el día 20 ya hay una producción de 44.76 %v/v de gas metano.

Se inicio el proceso de operación del reactor con un tiempo de residencia de 54 días. Durante el proceso de operación se controló pH, temperatura, alcalinidad, ácidos grasos volátiles, DQO, SSV, CH₄, H₂S.

Los resultados obtenidos muestran que la digestión anaerobia logra reducir la materia orgánica de los lodos de manera exitosa. La eficiencia de remoción de la DQO fue de un 63.91%, Sólidos Suspendidos Volátiles 35.65%. El día de máxima producción de metano se ubicó el día 20, con una producción de metano de 44.76% v/v y de 0.08 ppm de H₂S, este último se dio para el día 25.

El lodo producido en la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra, después haber sido estabilizado mediante un tratamiento anaerobio mesofílico con un periodo de residencia de 54 días, a logrado una reducción del 73.41% del lodo inicial.

A la luz de estos resultados se puede concluir que el sistema de digestión anaerobia mesofílica constituye una opción adecuada para el tratamiento y reducción de los lodos producido en la planta de tratamiento de agua residuales de Puente Piedra.

INDICE

1.0	Introducción	1
2.0	Antecedentes Generales.....	2
2.1	Depuración de aguas residuales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra.....	2
2.1.1	Descripción general.....	2
2.1.1.1	Área y ubicación geográfica.....	3
2.1.2	Partes del proceso de tratamiento.....	4
2.1.2.1	Esquema general de tratamiento.....	4
2.1.2.2	Descripción de las unidades de tratamiento.....	5
2.2	Manejo de lodos en la P.T.A.R. de Puente Piedra.....	10
2.2.1	Pre – tratamiento de lodos	10
2.2.1.1	Tanque de homogenización.....	10
2.2.1.2	Espesador de lodos.....	11
2.2.1.3	Dosificador de polímeros.....	11
2.2.1.4	Deshidratación de lodos.....	12
3.0	Marco Legal de Lodos Provenientes de la P.T.A.R.	14
3.1	Marco legal – Perú.....	14
3.2	Marco legal – México.....	15
3.3	Marco legal – Chile.....	18
4.0	Lodos.....	21
4.1	Introducción	21
4.2	Procedimiento de lodos.....	21
4.3	Tipos de lodos.....	22
4.4	Composición de lodos.....	23
4.4.1	Metales.....	23
4.4.2	Nutrientes.....	24
4.4.3	Contaminantes orgánicos.....	24
4.4.4	Microorganismos.....	25
4.5	Estabilización de los lodos.....	26
4.6	Tecnologías disponibles para estabilización de lodos.....	27

4.6.1	Compostaje.....	27
4.6.2	Tratamiento térmico.....	28
4.6.3	Canchas de secado.....	29
4.6.4	Estabilización con cal.....	30
4.6.5	Proceso de la digestión aerobia.....	32
4.6.6	Proceso de la digestión anaerobia.....	33
4.7	Criterios de la estabilización de lodos.....	34
5.0	Digestión Anaerobia.....	36
5.1	Introducción.....	36
5.2	Definición.....	36
5.3	Etapas metabólicas del proceso.....	37
5.4	Crecimiento microbiano.....	41
5.5	Productos de la digestión anaerobia.....	44
5.5.1	Gas.....	44
5.5.2	Lodos digeridos.....	45
5.6	Factores que afectan la digestión anaerobia.....	46
5.6.1	Bacterias.....	46
5.6.2	Carga de alimentación.....	46
5.6.3	Mezclado.....	48
5.6.4	Condiciones Anaerobias.....	52
5.6.5	Temperatura.....	54
5.6.6	pH.....	58
5.6.7	Materiales tóxicos.....	61
5.6.8	Amoniaco.....	63
5.6.9	Sulfuros.....	64
5.6.10	Metales pesados.....	65
5.6.11	Compuestos orgánicos.....	66
5.7	Ventajas de la digestión anaerobia.....	67
5.8	Tipos de digestores anaerobios.....	68
5.9	Selección de la alternativa de tratamiento a emplear.....	82

6.0	Objetivos.....	83
6.1	Objetivo general.....	83
6.2	Objetivos específicos.....	83
7.0	Metodologías	84
7.1	Extracción y Caracterización de Lodos.....	84
7.1.1	Recopilación de información.....	84
7.1.2	Extracción de lodos.....	84
7.1.3	Caracterización de lodos.....	85
7.2	Montaje y puesta en marcha del digestor.....	86
7.2.1	Montaje del reactor anaerobio.....	86
7.2.2	Inocuo y nutriente utilizado.....	89
7.2.3	Puesta en marcha de la Planta Piloto.....	91
7.2.3.1	Ensayo de comprobación.....	91
7.2.3.2	Puesta en marcha	91
7.3	Operación del Reactor.....	93
7.3.1	Parámetros de operación.....	93
8.0	Métodos y materiales.....	94
8.1	Metodología.....	94
8.2	Determinación del valor de pH.....	94
8.3	Determinación de temperatura.....	94
8.4	Determinación de alcalinidad.....	95
8.5	Determinación de sólidos suspendidos totales, fijos y Volátiles.....	97
8.6	Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno.....	100
8.7	Determinación de la demanda química de oxígeno.....	104
8.8	Determinación del porcentaje de metano.....	106
8.9	Determinación de la concentración de ácido sulfhídrico.....	107
8.10	Determinación de ácidos grasos volátiles.....	108
8.11	Determinación de la concentración de nitrógeno total.....	110
8.12	Determinación de la concentración de nitrógeno amoniacal.....	112
8.13	Determinación de la concentración de nitrógeno orgánico.....	113
8.14	Determinación de la concentración de carbónico orgánico total.	113
9.0	Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas.....	114

10.0	Análisis y discusión de resultados.....	115
10.1	Análisis de la operación del reactor anaerobio.....	115
10.2	Parámetro de control y variables de respuesta en el proceso.....	116
10.2.1	Temperatura.....	116
10.2.2	pH.....	117
10.2.3	Sólidos suspendidos totales, volátiles y fijos.....	118
10.2.4	Demanda química de oxígeno.....	121
10.2.5	Demanda bioquímica de oxígeno.....	123
10.2.6	Alcalinidad.....	124
10.2.7	Ácidos grasos volátiles.....	127
10.2.8	Relación AGV/ Alcalinidad.....	128
10.2.9	Biogás.....	129
10.2.10	Curva de DQO/Metano.....	131
10.2.11	Curva de SSV/Metano.....	132
10.2.12	Coliformes y parásitos.....	133
10.2.13	Nitrógeno total y carbono orgánico total.....	134
10.3	Determinación de la reducción de lodos por la digestión anaerobia.....	135
10.3.1	Calculo de la reducción de lodos.....	136
10.3.1.1	Lodo crudo.....	136
10.3.1.2	Lodo digerido.....	137
11.0	Conclusiones	139
12.0	Recomendaciones.....	142
13.0	Bibliografía	144

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas residuales domésticas comprende varias etapas en las que el objetivo principal es la degradación de la materia orgánica que contiene el afluente, así como disminuir o eliminar completamente la presencia de compuestos tóxicos y patógenos.

Como resultado de los procesos primarios y secundarios en el tratamiento de aguas residuales se obtienen lodos que por su contenido son considerados según normatividad peruana (Ley general de residuos sólidos N°27314 y su reglamentado) peligrosos por su patogenicidad.

Estos lodos se generan en grandes cantidades y si son eliminados inadecuadamente causan efectos muy nocivos para el medio ambiente y la salud. Por otro parte su tratamiento y disposición final es costosa, debido al manejo, transporte y confinamiento.

La digestión anaerobia, es un proceso en el cual los lodos provenientes de los tratamientos primarios, así como secundarios, son estabilizados mediante la acción de un conjunto de bacterias hidrolíticas, ácidogénicas, acetogénicas y metanogénicas.

Todas ellas son anaeróbicas y mantienen relaciones de comensalismo y simbiosis, reduciendo compuestos orgánicos complejos (proteínas, carbohidratos y lípidos) a compuestos orgánicos más simples (azúcares, aminoácidos, péptidos), estos son transformados en ácidos de cadena larga y finalmente en compuestos simples como el acetato, metanol y otros productos debido a la fermentación, CO₂, metano, trazas de otros gases como nitrógeno, compuestos de azufre, compuestos orgánicos volátiles y amoníaco.

Este proceso se lleva a cabo en un rango de temperatura que va de 30-50 ° C, con un tiempo de retención que puede variar dependiendo del volumen, la temperatura, el sustrato y los microorganismos presentes en el efluente.

En el Perú la digestión anaeróbica es una tecnología que puede ser aplicable y es un proceso que minimiza el gasto derivado a la disposición final.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. Depuración de Aguas Residuales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra

Las tecnologías que emplean microorganismos para la depuración de aguas residuales han sido las tecnologías más empleadas debido al bajo costo frente a los métodos físicos y químicos.

Las plantas de tratamiento de aguas pueden estar en diferentes condiciones climáticas y si son equipadas con un sistema basado en procesos biológicos son capaces de cumplir con los más exigentes criterios.

El desarrollo de las tecnologías basadas en microorganismos ha proporcionado excelentes procesos para la degradación de compuestos fácilmente biodegradables, ya sea a condiciones aerobias o anaerobias. Estos procesos son menos costosos porque las reacciones de degradación, medidas por la actividad biocatalítica de los microorganismos se producen a velocidades rápidas y a temperatura ambiente.

2.1.1. Descripción General de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra

La planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra, fue diseñada y construida en el año 2001 (primera etapa) por el consorcio COSAPI-KRUGER.

Es una planta tipo compacta y el proceso que utiliza es de lodos activados de aireación extendida optimizada con el sistema SBR (Sequency Batch Reactor o reactores secundarios) donde la aireación y la sedimentación se realizan en una misma unidad en forma alternada.

Incluye un pre-tratamiento mecánico seguido de un sistema de lodos activados de aireación extendida y remoción parcial de nitrógeno. Luego las aguas residuales son sometidas a un tratamiento terciario mediante desinfección antes de ser dispuestas.

Actualmente la P.T.A.R. de Puente Piedra trata un caudal de 270 - 280 l/s que representa el 64.28 – 66.67% del caudal promedio de diseño.

2.1.1.1. Área y Ubicación Geográfica

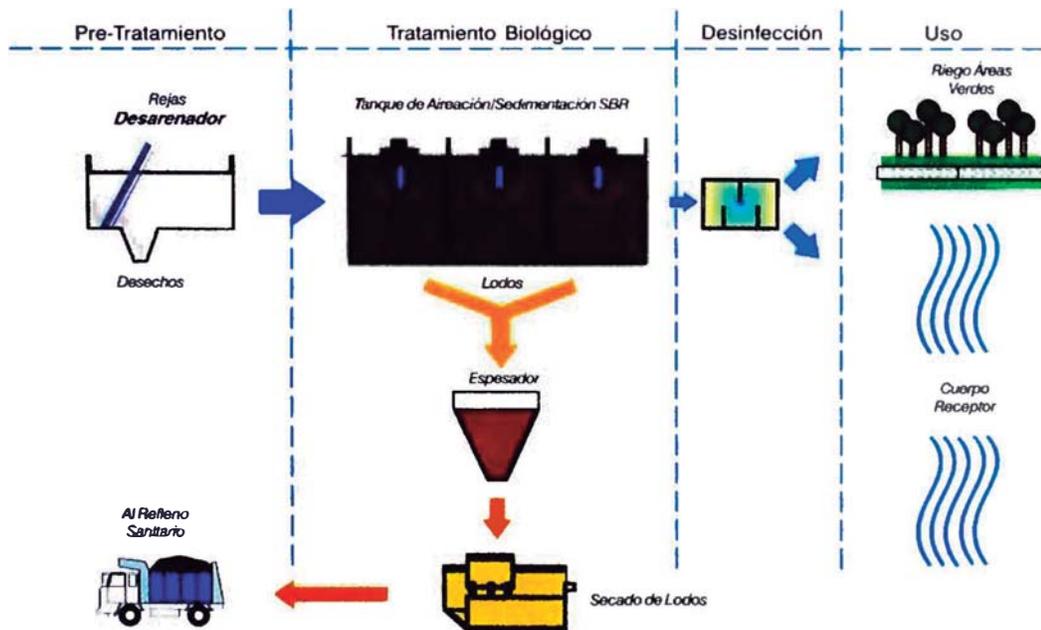
La P.T.A.R. de Puente Piedra esta ubicada en la margen izquierda del Río Chillón, distrito de San Martín de Porres, lote 28 y 29 de la ex hacienda Chuquitanta, en un terreno de 6 hectáreas y esta diseñada para un caudal de promedio de 420 lps que se ampliará hasta 629 lps en una segunda fase.



FIGURA 1.- VISTA DE LA PLANTA DE PUENTE PIEDRA

2.1.2. Partes del Proceso de Tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra

2.1.2.1. Esquema General de Tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra



2.1.2.2. Descripción de las unidades de tratamiento

- **Pre-tratamiento:**

- **Cámara de desbaste - Rejas gruesas y pozo de derivación**

Las aguas residuales ingresan a la planta por una cámara de derivación donde se ubica una reja gruesa cuya función es de eliminar los sólidos grandes superiores a los 50mm, separación de las barras, que de no ser removidos podrían causar un atascamiento de las rejas finas. Los sólidos retirados son removidos manualmente y colocados en un contenedor.

La derivación del caudal puede realizarse abriendo la compuerta manual de derivación en caso de emergencia.



FIGURA 2.- REJAS GRUESAS

- **Reja fina**

Las aguas residuales pasan por una cámara de desbastes donde se ubican dos rejas finas de barras curvas cuyo espacio entre barras es de 16 mm y la derivación de tipo manual de 20 mm (se utiliza para rebose de emergencia) que de no ser removidas puede causar atascamiento de bombas, válvulas, etc.



FIGURA 3.- REJAS FINAS

Desarenador desengrasador de aireación doble

Su función es remover arena y grasa de las aguas residuales para minimizar el desgaste de las bombas y las maquinarias, además del riesgo de molestias causado por olor, corrección e inhibición de los procesos de tratamiento subsiguientes.

El desarenador desengrasador consiste en dos líneas de igual capacidad. Las aguas residuales ingresan al desarenador por los lados y el aire se suministra a través de difusores al fondo del tanque, que da un movimiento transversal rotatorio al flujo haciendo que las partículas pesadas de arena sedimenten al fondo del tanque.

En la sección de grasa se crea una zona de agua tranquila, donde la grasa flota a la superficie.

Las natas de la superficie y la arena del fondo del tanque son removidas automáticamente mediante un puente rascador controlado. El material removido se conduce a un separador de arena y pozo de grasa respectivamente, antes de ser depositado.



FIGURA 4.- DESARENADOR Y DESENGRASADOR

Flujometro de afluente

El caudal del agua residual es medido mediante un flujometro magnético inductivo.

Para el proceso, el oxígeno necesario que permite la vida de las bacterias se añade en forma de aire atmosférico por medio de las turbinas flotantes, ubicadas en la superficie de agua de los tanques de aireación.

La separación de los lodos y las aguas residuales tratadas se obtienen por medio de sedimentación y ésta se logra parando la aireación en uno de los tanques, es de doble función. Cuando hay una fase de aguas tratadas los vertederos de salida se bajan lentamente para conducir las aguas a la Cámara de Desinfección para su cloración y de aquí al río Chillón pasando por el flujómetro de efluente que mide el caudal de salida.

El contenido de lodos activados crece continuamente por el proceso biológico (dependiendo de la cantidad de masa contaminante que ingresa). Para mantener un contenido de lodos constante en los tanques de aireación, es necesario eliminar el lodo en exceso. El tener lodos en exceso genera un consumo de oxígeno innecesario.

Este sistema no está diseñado específicamente para la remoción de nitrógeno, sin embargo debido al largo tiempo de retención y a las condiciones anóxicas (sin oxígeno) en las fases de sedimentación que se desarrolla en los tanques de doble función, se remueve y libera a la atmósfera una cantidad importante de nitrógeno en el proceso llamado desnitrificación. Esta desnitrificación disminuye el consumo del oxígeno.



FIGURA 5.- VISTA DE LOS TANQUE DE AIREACIÓN

- **Tratamiento Terciario**

Cloración

La cloración se realiza mediante un difusor al inicio de la cámara de contacto con un tiempo de retención aproximado de 30 min.

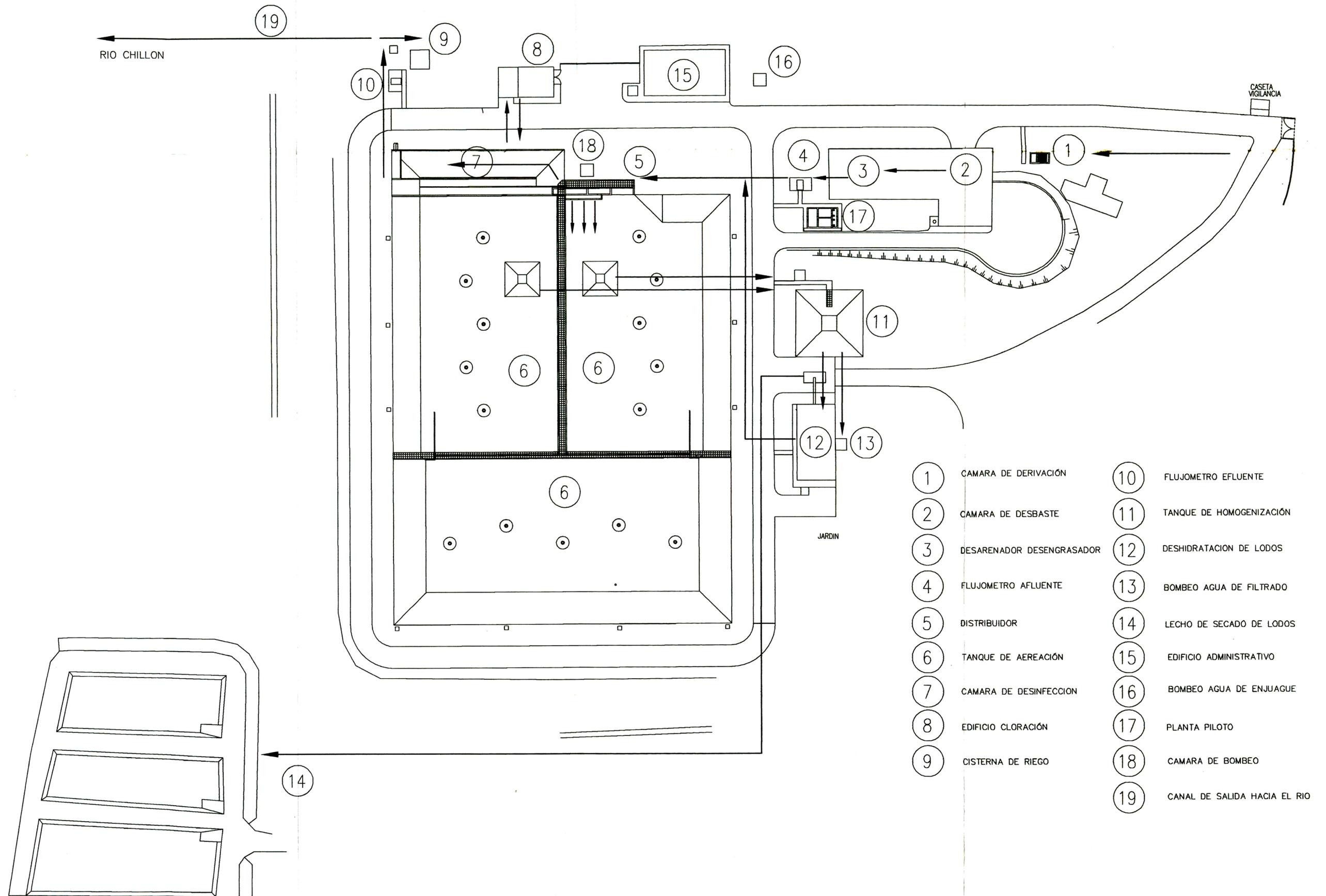
La dosificación de cloro es controlada y aplicada de manera proporcional al caudal medido en el flujometro del efluente, que sirve de base para que el sistema de cloración estime de manera automática la cantidad de cloro a incluir en el agua, este proceso es realizado por el equipo dosificador de cloro, ubicado en el edificio de cloración. El cloro es tomado por el equipo desde 4 cilindros de cloro gas.



FIGURA 6.- VISTA DE LA CAMARA DE CONTACTO

VISTA DE PLANTA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PUENTA PIERDA

ESQUEMA GENERAL DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO



2.2. Manejo de lodos en la P.T.A.R. de Puente Piedra

Actualmente la producción de lodo generado en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra es de 500 - 600 m³/mensuales de lodo a ser eliminados, parte de este lodo es utilizado en la planta como abono y mejorador de suelos, esto solo se realiza en terrenos pertenecientes a la empresa.

Los lodos generados en exceso es eliminado previo a un tratamiento, este tratamiento es para reducir o eliminar el agua que contiene el lodo. Los lodos después del tratamiento realizado salen con una humedad del 80%, estos son depositados en contenedores para luego ser transportados a un relleno sanitario.

Actualmente SEDAPAL cuenta con una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos que lleva los lodos al relleno sanitario que se encuentra en ventanilla perteneciente a la empresa PETRAMAX.

A continuación se describe brevemente el tratamiento realizado a los lodos antes de ser eliminados:

2.2.1. Pre- Tratamiento de Lodos

2.2.1.1 Tanque de homogenización

El lodo en exceso extraído de los tanque de aireación/sedimentación son conducidos por bombeo a un tanque conocido como tanque de homogenización en este tanque los lodos son mezclados hasta quedar completamente homogenizados para pasar al proceso de espesamiento.



FIGURA 7.- TANQUE DE HOMOGENIZACION

2.2.1.2. Espesador de lodos

El propósito fundamental del proceso de espesamiento es la reducción del volumen de agua de los lodos a ser procesado en operaciones posteriores.

En la planta de Puente Piedra se utiliza el espesamiento por gravedad para concentrar lodo proveniente de los tanques de aireación, después de su separación por gravedad.

Otros procesos alternativos para concentrar lodos son la flotación con aire disuelto, el espesamiento mecánico por medio de centrifugas o la filtración por gravedad de lodo acondicionado con agentes coagulantes. Seguidamente los lodos son bombeados a las dos líneas de deshidratación mediante centrifugación con dosificación de polímero.

2.2.1.3. Dosificación de polímero

Antes de llevar a cabo la deshidratación, el lodo debe ser acondicionado de tal manera que se provoque la aglomeración o agrupación de partículas sólidas. Este proceso de aglomeración se conoce como floculación, y se logra mediante la adición de un polímero catiónico de alto peso molecular.

En la planta de Puente Piedra la inyección del polímero se realiza en la descarga del sistema de bombeo de lodos.



FIGURA 8.- DOSIFICADORES DE POLIMERO

2.2.1.4. Deshidratación de Lodos

Los lodos homogenizados son bombeados a las dos líneas de deshidratación que están compuestas por dosificación de polímero y centrífugas de alta presión. Después de la deshidratación los lodos serán depositados en un contenedor mediante un sistema de transportadores helicoidales sin fin. El filtrado será bombeado al tratamiento biológico.

Para la alimentación de lodos se usaran bombas de tornillo sin fin.



FIGURA 9.- LODO DEPOSITADO EN CONTENEDOR PARA SU ELIMINACION

La centrífuga:

La separación del lodo se realiza en un motor horizontal de forma cónico-cilíndrico, constituido por una rosca transportadora que rueda en el mismo sentido que el rotor, pero a una velocidad un poco distinta.



FIGURA 10. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRIFUGA

El lodo entra en la máquina por el extremo derecho del rotor a través de un tubo de entrada centrado en el eje hueco del transportador. Cuando sale del tubo, el lodo será impulsado por la fuerza centrífuga a la cavidad del rotor.

Los sólidos del lodo se depositarán en la pared del rotor en forma de una capa, formando en la parte líquida una capa interior cuyo espesor se determina por la posición de los vertederos ajustables de salida en el extremo ancho del rotor, la rosca transportadora transporta los sólidos hacia el extremo derecho, por donde se descargan debido a la fuerza centrífuga, a través de aberturas de salidas localizadas alrededor del rotor. El líquido saldrá por los vertederos en el extremo opuesto.



FIGURA 11.- VISTA CENTRIFUGA INSTALADA EN LA PTAR DE PUENTE PIEDRA

3. MARCO LEGAL DE LODOS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1. Marco Legal - Perú

- La Ley General de Aguas; establece seis clases de agua, de acuerdo al tipo de uso. Las plantas de tratamiento están diseñadas para alcanzar la calidad de agua de acuerdo al uso de destino.
- La Ley General de Residuos Sólidos N°27314 del 21/7/2000 y su reglamento, indica que los lodos provenientes de las plantas de agua residual, son peligrosos por su patogenicidad. El reglamento en el título III – capítulo III artículo 27 (clasificación de residuos peligrosos), punto 3 indica: *“Se consideran también, como residuos peligrosos; los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales; u otros que tengan las condiciones establecidas en el artículo anterior, salvo que el generador demuestre lo contrario con los respectivos estudios técnicos que lo sustenten”*.
- La Ordenanza de la Municipalidad Metropolitana de Lima – 295 y su Reglamento MML – Decreto de Alcaldía N° 147. Establece las rutas para el transporte de los residuos sólidos, establece disposiciones generales para el manejo e indica el tipo de vehículo para el transporte de los lodos, provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Reglamento Nacional de Construcciones – Norma de Saneamiento S090, para el diseño de plantas de tratamiento. Norma técnica; que establece los criterios para el tratamiento de lodos por el proceso anaerobio.

3.2. Marco Legal – México

- Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993: Los lodos son considerados como residuos peligrosos, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Con el propósito de llevar a cabo un aprovechamiento de estos lodos, se requiere efectuar la caracterización correspondiente de estos lodos mediante la aplicación de los procedimientos descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL.1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Los lodos caracterizados como un “**residuo no peligroso**” podrán ser utilizados para mejoramiento de suelos, estos se clasifican en dos clases “A” y “B” y la concentración de cada contaminante no deberá exceder los límites considerados en las tablas correspondientes:

Clase “A”: Este tipo de lodo antes de ser utilizado como mejorador de suelos en lugares donde esté involucrada alguna actividad humana debe de cumplir con el siguiente criterio:

1. La densidad de coliformes fecales debe de ser menor de 1,000 en número más probable por gramo de sólidos totales en peso seco (1,000 NMP/g ST).
2. La densidad de salmonella (sp) debe ser menor de 3 en número más probable por cada cuatro gramos de sólidos totales en peso seco (3 NMP/4 ST).
3. Deberán cumplir con las concentraciones límites de las siguientes tablas:

TABLA 1.- CONCENTRACIONES LIMITES MAXIMOS

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN LIMITE* (mg/kg peso seco)
Arsénico	75
Cadmio	85
Cromo	3000
Cobre	4300
Plomo	840
Mercurio	57
Molibdeno	75
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	7500

TABLA 2.- CARGA ANUAL DE CONTAMINANTE

PARÁMETRO	CARGA ANUAL DE CONTAMINANTE (kg/ha/año)
Arsénico	2.0
Cadmio	1.9
Cromo	150.0
Cobre	75.0
Plomo	0.36
Mercurio	0.85
Molibdeno	0.90
Níquel	21.0
Selenio	5.0
Zinc	140.0

Clase "B": Este lodo antes de ser utilizado como mejorador de suelos en lugares donde esté involucrada alguna actividad agrícola o forestal debe cumplir con el siguiente criterio:

1. La densidad de coliformes fecales deberá ser menor de 2 millones en número más probable por gramo de sólidos totales en peso seco (2000,000 UFC/g ST)
2. La unidad de formación de colonias de coliformes fecales deberá ser menor de 2 millones por gramo de sólidos totales en peso seco (2000,000 UFC/g STS)
3. Cumplir con las concentraciones límites de las tablas 1 y 3

TABLA 3.- CARGA DE CONTAMINANTE°

PARÁMETRO	CARGA DE CONTAMINANTE (kg/ha/año)
Arsénico	41
Cadmio	39
Cromo	3000
Cobre	1500
Plomo	300
Mercurio	17
Molibdeno	18
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	2800

Si los lodos quedan caracterizados como residuo no peligrosos, éstos pueden ser dispuestos en el relleno sanitario municipal siempre y cuando cumplan con los límites establecidos en la tabla 1 en caso de ser caracterizados como residuos peligrosos y no cumplan con los límites establecidos en la tabla de referencia, estos deberán ser dispuestos en un confinamiento controlado de acuerdo a lo establecido por la legislación mexicana en materia ambiental.

La metodología para la determinación de los parámetros anteriores, deberá aplicarse de acuerdo a lo establecido por la Normas Oficiales Mexicanas en la materia; y la frecuencia de muestreo será establecida de acuerdo con la tabla 4:

TABLA 4.- FRECUENCIA DE MUESTREO

CANTIDAD DE LODO DISPUESTO (toneladas/año, peso seco)	FRECUENCIA DE MUESTREO
de 0 a 290	Anual
de 290 a 1500	Trimestral
de 1500 a 15000	Bimestral
de 15,000 en adelante	Mensual

3.3. Marco Legal – Chile

- ***Reglamento para el Manejo de Lodos no Peligrosos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas***

El presente reglamento tiene por objeto regular el manejo sanitario de lodos no peligrosos provenientes de plantas de tratamiento de aguas. Asimismo, está orientado a regular el uso y manejo de lodos no peligrosos en la agricultura, cuando sus condiciones físicas, químicas y biológicas lo permitan.

Características de los lodos aptos para uso agrícola

Solo podrán utilizarse en agricultura lodos estabilizados e higienizados, provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas, incluyendo fosas sépticas o de plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.

Según el contenido de patógenos se distinguen dos tipos de lodos: lodos Clase A y lodos Clase B.

Lodos Clase A deberán cumplir copulativamente los siguientes requisitos:

- Tener una densidad de coliformes fecales menor a 1.000 Número Más Probable (NMP) por gramo de lodos, base seca;
- Tener una densidad de salmonella sp. menor a 3 NMP en 4 gramos de lodos, base seca;
- El contenido de huevos de helmintos debe ser menor a 1 en 4 gramos de lodos, base seca, y
- Tener una densidad máxima de virus MS-2 menor a 1 Unidad de Formación de Placas (UFP) en 4 gramos de lodos, base seca.

Lodos Clase B, deberán cumplir el siguiente requisito:

- La media geométrica de la densidad de coliformes fecales, producto del análisis de un número de muestras no inferior a siete, tomadas al momento de su uso, debe ser menor que 2.000.000 NMP por gramo de lodos en base seca.

Los lodos de clase A y clase B quedan prohibidas sus aplicaciones en suelos de uso agrícola, forestal o en jardines, cuando los análisis indiquen que los

contenidos totales de metales pesados sobrepasan cualquiera de las concentraciones máximas señaladas en la Tabla 5.

TABLA 5 CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE METALES PESADOS EN LODOS DE USO AGRÍCOLA

Metal Pesado	Concentración máxima en mg/kg. de lodo (base seca)¹
Arsénico	40
Cadmio	40
Cobre	1.500
Mercurio	20
Níquel	420
Plomo	300
Selenio	100
Zinc	2.800

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales

Para la aplicación de lodos se considerarán los siguientes tipos de uso de suelo:

- Suelos de uso agrícola y/o forestal, incluyendo suelos erosionados con potencial de uso agrícola inmediato;
- Suelos dedicados a áreas verdes, recreacionales, parques, jardines, cementerios;
- Suelos degradados sin potencial de uso agrícola inmediato.

TABLA 6.- CONTENIDOS MÁXIMOS DE METALES EN SUELOS ANTES DE UNA APLICACIÓN DE LODOS

Metal¹	Contenido total en mg/kg de suelo en base seca		
	Zona Centro-Norte²		Zona Sur³
	pH >6,5	pH <6,5	Todo pH
Arsénico	20	12,5	10
Cadmio	2	1,25	2
Cobre	150	100	75
Molibdeno	2	3	3
Plomo	75	50	50
Zinc	175	120	175

TABLA 7.- TASAS MÁXIMAS DE APLICACIÓN DE LODOS

Tipos de usos	Tasa máxima Ton/há.año (base seca)
Suelos agrícolas y forestales, incluyendo suelos erosionados con potencial de uso agrícola inmediato	15
Césped, jardines y áreas verdes	2
Suelos degradados sin potencial de uso agrícola inmediato (recuperación de cárcavas para generar capa vegetal o para estabilizar estructuras riesgosas)	30

Los lodos clase B se aplicarán según tipos de cultivo de acuerdo a lo siguiente:

En suelos destinados a cultivos hortícolas o frutícolas menores, que estén en contacto directo con el suelo y que se consuman normalmente sin proceso de cocción, los lodos deberán aplicarse con a lo menos 12 meses de antelación a la siembra.

No se podrá aplicar lodos en cultivos hortícolas ni frutícolas menores durante el período de crecimiento.

En praderas y cultivos forrajeros, podrá procederse al pastoreo o a la cosecha sólo transcurrida 30 días desde la última aplicación.

En suelos de uso forestal, la aplicación de lodos podrá efectuarse solo si se cuenta con un control de acceso durante los 30 días posteriores de la aplicación.

TABLA 8 FRECUENCIA DE ANÁLISIS A EFECTUAR A LOS LODOS CON DESTINO A LA APLICACIÓN AGRÍCOLA

Cantidad de lodos, en ton/año	Frecuencia de análisis
0 – 300	1 vez al año
300 – 1.500	4 veces al año
1.500 – 15.000	6 veces al año
Mayor a 15.000	12 veces al año

4. LODOS

4.1. Definición

Los lodos se definen como una mezcla que contiene una fase sólida suspendida en un medio líquido, dependiendo de las operaciones y procesos de tratamiento, la fase sólida varía de 0.25-12% en peso.

4.2 Procedencia de lodos

Los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales son producto de la concentración de sólidos contenidos en el efluente (lodos primarios), o de la formación de nuevos sólidos suspendidos (lodos activados) resultantes de la remoción de sólidos disueltos de las aguas residuales.

De los constituyentes eliminados en el tratamiento de aguas, el fango es uno de los de mayores volúmenes y su tratamiento y evacuaciones, es uno de los problemas más complejos al que se enfrenta el ing. sanitario.

4.3 Tipos de lodos

Los lodos que se producen en los procesos de tratamiento de aguas son principalmente los siguientes:

- Lodo primario proveniente de la sedimentación de aguas residuales
- Lodo secundario proveniente del tratamiento biológico de aguas residuales
- Lodos digeridos provenientes de los dos anteriores, separados o mezclados
- Lodos provenientes de la coagulación y sedimentación de aguas y aguas residuales
- Lodos provenientes de plantas de ablandamientos
- Lodos provenientes de desarenadores y rejillas

En el siguiente cuadro se resume las principales fuentes de sólidos y de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales:

TABLA 9.- FUENTES DE SÓLIDOS Y DE LODOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

UNIDAD	TIPO DE SÓLIDO O DE LODO	OBSERVACIONES
Cribado	Sólidos gruesos	Es tos sólidos son movidos manual o mecánicamente
Desarenadores	Arena y espuma	A medida se omite la remoción de espumas
Preaireacion	Arena y espuma	A medida se omite la remoción de espumas, puede ocurrir sedimentación de arena si no existe desarenadotes antes de la preaireacion
Sedimentación primaria	Lodos y espuma primarios	La cantidad dependerá del tipo de agua residual efluente
Tratamiento biológico	Sólidos suspendidos	Los S.S. son el resultado de la síntesis biológica de la materia orgánica
Sedimentación secundaria	Lodos y espuma secundarios	Se realiza la remoción de espumas
Tratamiento de Lodos	Lodos, compost, cenizas	El lodo obtenido dependerá de su origen y del proceso usado para su tratamiento

4.4 Composición de los lodos

El valor del lodo como fertilizante se basa principalmente en su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (nutrientes).

4.4.1 Metales

En los lodos encontramos zinc (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) y cromo (Cr). Su potencial de acumulación en los tejidos humanos y su biomagnificación en la cadena alimenticia suscitan preocupaciones, tanto medioambientales como sanitarias. Los metales están siempre presentes, a concentraciones bajas, en las aguas residuales domésticas, pero las concentraciones preocupantes son sobre todo las que se encuentran en las aguas residuales industriales por su alta concentración ocasionando toxicidad.

Las concentraciones de metales pueden variar en lodos según se muestra en la tabla 2, la concentración de metales pesados puede limitar la tasa de aplicación del lodo al terreno.

TABLA 10.- CONTENIDO TÍPICO DE METALES EN EL LODO DE AGUAS RESIDUALES

METAL	FANGO SECO, mg/kg	
	INTERVALO	MEDIANA
ARSENICO	1.1 – 230	10
CADMIO	1 – 3,410	10
CROMO	10 – 99000	500
COBALTO	1.3 – 2490	30
PLOMO	13 – 26000	500
MANGANESO	32 – 9870	260
MERCURIO	0.6 – 56	6
NIQUEL	2 – 5300	80
SELENIO	1.7 – 17.2	5
CINC	101 - 49000	1700

Adaptado de bibliografía [1]

4.4.2 Nutrientes

Los lodos contienen cantidades apreciables de nitrógeno (N) y fósforo (P) (ver *tabla 3*). El nitrógeno puede estar en una de sus 4 formas: N (orgánico), NH₃-N, NO₂-N, y NO₃-N. Las 3 últimas formas están disponibles para que las plantas las usen como nutrientes, mientras que los microorganismos de la rizósfera deberán convertir el nitrógeno orgánico a una de sus formas inorgánicas antes de poder introducirlo en su metabolismo. Aproximadamente el 80% de todo el nitrógeno contenido en los lodos estará disponible para las plantas. El fósforo esta disponible en la misma proporción encontrada en los fertilizantes inorgánicos, la tasa de utilización del fósforo esta en un rango de 40-80%. La peligrosidad de estos nutrientes radica en su potencial de eutroficación para las aguas subterráneas y superficiales. Sin embargo, se pueden considerar como fertilizantes valiosos.

TABLA 11.- CANTIDADES PROMEDIO DE NUTRIENTES QUE SE ENCUENTRA EN LOS LODOS ESTABILIZADOS

	NITROGENO	FOSFORO	POTACIO
Valores típicos para lodos de agua residuales estabilizados	3.3%	2.3%	0.3%

Adaptado de bibliografía [1]

4.4.3 Contaminantes Orgánicos

Los plaguicidas, los disolventes industriales, los colorantes, los plastificantes, los agentes tensoactivos y muchas otras moléculas orgánicas complejas, generalmente con poca solubilidad en agua y elevada capacidad de adsorción, tienden a acumularse en los lodos. Incluso están presentes en los lodos residuales hidrocarburos aromáticos, procedentes de la combustión de los combustibles fósiles. Todos ellos son motivo de preocupación por sus efectos potenciales sobre el medio ambiente y, en particular, sobre la salud humana. Una característica específica de este tipo de contaminantes, en comparación con los dos anteriores, es su variado potencial de biodegradación. Muchas de estas moléculas tienen un potencial de biodegradación lento, pero significativo. Por tanto, los sistemas biológicos de tratamiento, con tiempos de residencia más largos, tendrán una mayor capacidad para biodegradar estos compuestos

indeseables. La biodegradación también puede ocurrir después de esparcir los lodos en la tierra o mediante compostaje.

4.4.4 Microorganismos

Al igual que las aguas residuales, los lodos contienen bacterias, virus, protozoarios, parásitos y otros microorganismos, algunos de ellos son benéficos mientras que otros son patógenos. Una vez que las aguas residuales se han sometido a un proceso de tratamiento, el efluente final estará prácticamente libre de patógenos, sin embargo durante la sedimentación primaria y secundaria los microorganismos patógenos estarán concentrados en los lodos.

Existen tres tipos de microorganismos contenidos en los lodos que representan una amenaza para la salud pública estos son las bacterias, los parásitos y los virus. *Salmonellae* es el grupo predominante en los lodos, y numerosas bacterias patógenas están presentes. *Salmonellae* puede inactivarse por medio de incineración, y procesos como la digestión (aerobia y anaerobia) no conseguirá eliminarlo, pero si reducir considerablemente el riesgo de alguna infección. Los parásitos presentes en los lodos incluyen los huevos de cisticercos, nematodos y especies de ascaris, un solo embrión de cualquiera de estas especies es suficiente para causar una infección. Al igual que las bacterias la digestión solo eliminara el número de parásitos. Dentro de los virus podemos encontrar los causantes de la polio y la hepatitis así como rotavirus causantes de problemas gastrointestinales. Para inactivarlos se puede seguir la misma ruta de inactivación para las bacterias.

4.5 Estabilización de los Lodos

El término estabilización puede considerarse como el proceso o el conjunto de procesos que dan como producto final un lodo con características tales que después del proceso puede ser usado sin que comprometa la salud pública o al medio ambiente. El mal olor, la proliferación de patógenos y la putrefacción tienen lugar cuando los microorganismos se desarrollan sobre la fracción orgánica del lodo.

De esta manera la estabilización de los lodos buscará cumplir con 3 objetivos principales:

- Reducir la presencia de microorganismos patógenos,
- Eliminar los olores desagradables
- Inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción

Los medios de estabilización disponibles para eliminar el desarrollo de estas condiciones desagradables son:

- Reducción biológica del contenido de materia volátil
- Oxidación química de la materia volátil
- Adición de agentes químicos para hacer el lodo inadecuado para la supervivencia de los microorganismos y
- Aplicación de calor con el objeto de desinfectar o esterilizar el lodo.

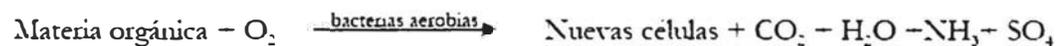
4.6 Tecnologías disponibles para la estabilización de lodos

Las tecnologías más utilizadas para la estabilización de los lodos incluyen:

- Compostaje
- Tratamiento térmico
- Canchas de Secado
- Estabilización con cal
- Incineración
- Proceso de digestión aerobia
- Proceso de digestión anaerobia

4.6.1 Compostaje

El compostaje es la descomposición aeróbica de la materia orgánica, los microorganismos llevan a cabo este proceso como sigue:



Aproximadamente el 20-30 % de los sólidos volátiles se convierten a dióxido de carbono y agua. Conforme se lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica contenida en los lodos, la temperatura se eleva hasta alcanzar 50 a 70 ° C, lo cual permite la eliminación de organismos patógenos entéricos.

El compostaje se puede llevar a cabo en condiciones aerobias o anaerobias sin embargo en la mayoría de los casos se emplea el compostaje aerobio, a estas condiciones la descomposición de la materia orgánica se acelera y el aumento de la temperatura es mayor lo que minimiza la producción de olores y la presencia de patógenos.

Los nutrientes más importantes durante el proceso son el nitrógeno, el fósforo, el calcio, sodio, azufre, potasio y magnesio, los cuales se encuentran en cantidades suficientes en los lodos alimentados, que además deberán estar en un estado semisólido.

El compostaje consta de ciertas etapas básicas, en la primera el lodo deberá ser mezclado con un material que le sirva de soporte y favorezca la creación de intersticios por los cuales circule el aire, generalmente se usa el aserrín o paja. La siguiente etapa es la aireación, la cual es muy importante ya que no solo constituye el medio por el cual se suministra oxígeno a los microorganismos encargados de llevar a cabo la degradación, sino que además sirve para controlar la temperatura y disminuir la humedad presente. Para proporcionar el oxígeno suficiente se emplea aireación mediante agitación o volteo mecánico, y por medio de sopladores a través de la masa de los lodos.

Existen 3 configuraciones diferentes para el compostaje de los lodos:

- Pila estática aireada
- Compostaje en sistemas mecánicos cerrados
- Compostaje tradicional en hileras

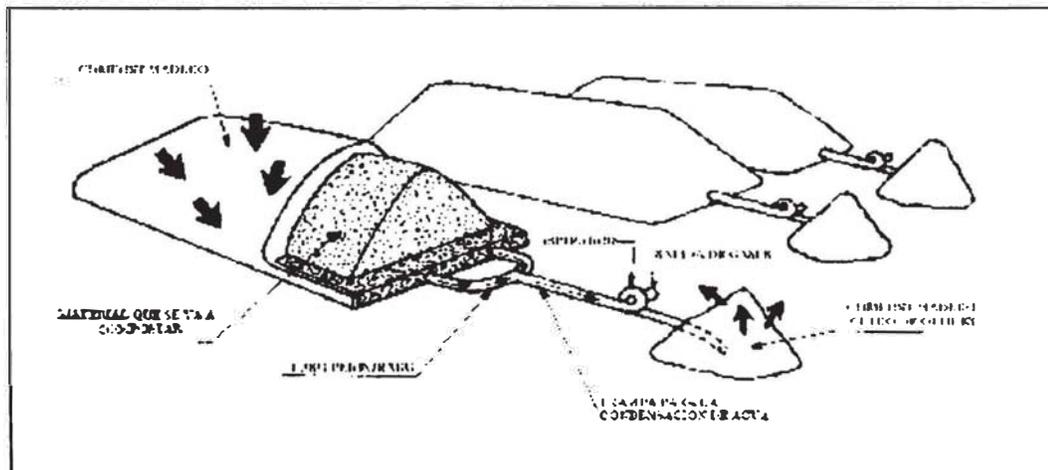


FIGURA 12. ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PILAS ESTÁTICAS CON AIREACIÓN INDUCIDA

4.6.2. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico es un proceso en el que los lodos se calientan en un depósito a temperaturas que varían de 176 °C hasta 260 °C durante 15 a 30 minutos, a presiones de 3.4MPa con aire o de 2.4MPa sin aire. Este tratamiento sirve como proceso de estabilización y acondicionamiento, El lodo acondicionado térmicamente puede secarse por filtración al vacío, centrifugación, filtros prensa de correa o lecho de secado. El proceso permite tener un lodo concentrado, esterilizado, fácil de desaguar y porque permite reducir la cantidad de lodo

disponible al hacer factible la obtención de tortas con mayor concentración de sólidos.gg

4.6.3. Canchas de secado

Las canchas de secado son el método de deshidratación de lodos más utilizado. El procedimiento consiste en distribuir el lodo en una capa entre 20 a 30 cm sobre el lecho de la cancha dejándolo secar. El lodo se deshidrata, drenando su contenido líquido a través del lecho y, por evaporación desde la superficie expuesta al aire, si las condiciones climáticas lo favorecen.

El lodo queda con una textura gruesa y agrietada y es de color negro o café oscuro. El contenido de humedad después de 10 a 15 días, en condiciones favorables es del orden del 60%. Una vez seco, el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o se usa como acondicionador de suelos. Las principales ventajas de la aplicación de éste método, son su bajo costo, escaso mantenimiento y la alta concentración de sólidos generada en el producto final. Se utilizan cuatro tipos de canchas:

- Convencionales de arena
- Pavimentadas
- (3) De medio artificial (mallas de acero inoxidable o paneles de poliuretano)
- (4) Por vacío

Normalmente las canchas de secado, aunque funcionan bien y producen un lodo seco sin olor apreciable, cuando el lodo está digerido, tienen un límite natural o techo, ya que los problemas de volumen de lodo producido, costo de mano de obra, inversión de terreno y tiempo para su secado los hacen impracticables para plantas de tratamiento grandes.



FIGURA 13. CANCHAS DE SECADO

4.6.4. Estabilización con Cal

Durante este proceso se añade suficiente cal a los lodos para elevar el pH arriba de 12 condiciones a las cuales los microorganismos no mantienen sus funciones metabólicas, como consecuencia de ello, mientras se mantenga este valor de pH, los lodos no despedirán olores, no serán vectores infecciosos y se eliminará su potencial de putrefacción. El proceso de estabilización con cal puede ser previo a un proceso de deshidratación o posterior a el, y se utiliza tanto cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), como cal viva, (CaO). En algunos casos, la cal se ha sustituido por polvo de hornos de cemento.

Pre-tratamiento con cal. Para este proceso es necesario aplicar una cantidad mayor de cal por peso unitario de lodo tratado, que la requerida para la deshidratación. Este excedente es necesario para mantener un pH alto. Así mismo es necesario suficiente tiempo de contacto para obtener un alto porcentaje de eliminación de patógenos. Se recomienda mantener el pH arriba de 12 por lo menos 2 horas para asegurar la destrucción de patógenos (Metcalf, Eddy, 1998).

La dosis de cal necesaria estará en función del tipo de lodos y la concentración de sólidos. En la tabla 2.4 se indican las dosis típicas. A mayor concentración de sólidos menor será la dosis de cal necesaria para un aumento constante de la temperatura. La estabilización con cal no destruye la materia orgánica, de

manera que se debe aplicar un exceso de cal al ser evacuados o desecharlos antes de que el pH disminuya. El exceso puede llegar a ser de hasta 1.5 veces la cantidad necesaria para mantener el pH en 12.

Post –tratamiento con cal. En este proceso la cal hidratada o viva se añade a los lodos deshidratados y se mezcla por medio de un transportador de tornillo o por medio de un mezclador de paleta a fin de elevar el pH de la mezcla. Este paso es de vital importancia ya que es necesario eliminar la formación de bolsas de materia putrescible, si el mezclado se lleva a cabo con éxito el resultado final es una mezcla formada por pequeñas partículas que pueden ser almacenadas por largos periodos o esparcida sobre el terreno de manera sencilla. El uso de cal viva es preferible debido a que al contacto con el agua se producen efectos benéficos:



- Es una reacción exotérmica lo que eleva la temperatura por arriba de 50° C, y se logra la inactivación de los huevos de gusanos.
- Parte del agua contenida se une químicamente al calcio lo que beneficia el secado del lodo
- El sistema de postratamiento presenta una serie de ventajas frente al tratamiento previo:
- Se puede emplear cal en polvo, no es necesaria la adición de agua a los lodos deshidratados.
- No se necesitan tasas de deshidratación específicas
- Eliminación de depósitos carbonatados
- Eliminación de problemas de mantenimiento en el equipo de deshidratación de lodos.

La estabilización de lodos por medio de adición de cal presenta bajos costos de inversión pero puede implicar altos costos de operación a menos que el costo de la cal sea bajo. Esta tecnología implica un aumento en la cantidad de los lodos ya que al final del proceso el peso de los lodos se incrementa respecto al peso inicial en un 20-40 %, esto se debe a que los rangos de cal agregada van de 100-200 kg/ton sólidos secos.

4.6.5. Proceso de la digestión aerobia

El proceso de digestión aerobia es muy similar al proceso de lodos activados empleado en el tratamiento de aguas residuales. Los lodos son alimentados a un tanque en donde son mezclados en condiciones aeróbicas, a medida que el suministro de alimento (sustrato) se agota, los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma a fin de mantener sus funciones metabólicas. A esta fase se le llama endógena, y los productos finales son dióxido de carbono, agua y amoníaco. Posteriormente el amoníaco se oxida para formar nitratos. La reacción global es la siguiente:



Dentro de la digestión aerobia es muy importante considerar los efectos de la acidez producidos por la oxidación del amoníaco a nitratos, si la alcalinidad presente en el agua residual no es la suficiente, será necesaria la adición de algún reactivo que permita mantener el pH en los niveles deseados.

Existen tres tipos de configuración para la digestión aerobia:

- Digestión convencional
- Digestión con oxígeno puro
- Digestión termofílica

Las ventajas que se atribuyen son las siguientes:

- La reducción de sólidos volátiles es aproximadamente igual a la obtenida en el proceso de digestión anaerobia;
- Se consiguen menores concentraciones de DBO en el líquido sobrenadante;
- (3) Producción de un producto final biológicamente estable, tipo humus, exento de olores;
- Mayor recuperación del valor del lodo como fertilizante;
- El funcionamiento y explotación del proceso es relativamente sencillo, y
- Menores costes iniciales.

Las principales desventajas son:

- El mayor coste energético asociado al suministro del oxígeno necesario;
- Se produce un lodo digerido de pobres características para la deshidratación mecánica;

- Es un proceso muy sensible a la temperatura, al emplazamiento, y el tipo de materiales con que se construye el tanque (Metcalf y Eddy, 1998).

4.6.6. Proceso de la digestión anaerobia

En el proceso de digestión anaerobia, los lodos residuales son alimentados a un tanque en donde se mezclan en condiciones libres de oxígeno. Al no tener suministro de alimento los microorganismos contenidos entran en fase endógena y como productos finales obtenemos metano, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y trazas de otros gases. La digestión anaerobia es un proceso que depende de la acción de un consorcio de bacterias, clasificadas como hidrolíticas, acetogénicas, ácidogénicas y metanogénicas. El paso limitante dentro del proceso es el de la metanogénesis ya que las bacterias formadoras de metano, un grupo de microorganismos anaerobios estrictos, son extremadamente sensibles a los cambios en el medio ambiente, y su bienestar es de vital importancia dentro del proceso de digestión. Este tipo de bacterias se desarrollan sólo bajo ciertos rangos de pH y temperatura, además son de lento crecimiento por lo que se necesitan tiempos de retención mayores (de 20 a 60 días) que permitan mantener en contacto a los microorganismos y a la materia y también para evitar la pérdida de biomasa en el reactor.

4.7. Criterios de la estabilización de lodos

A manera de síntesis a continuación se presenta una tabla (ver Tabla 12) con las principales tecnologías de estabilización de lodos y su efectividad en distintos parámetros que sirven para medir la estabilidad de los lodos.

TABLA 12.- EFECTIVIDAD DE LOS PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN DE LODOS

Método	Efectividad			
	Reducción de olor	Eliminación de patógenos	Remoción de toxinas	Reducción de materia putrescible
<i>Digestión</i>				
Aerobia	+	+	0	+
Anaerobia	+	+	+ ²	+
<i>Tratamiento con cal</i>				
Cal hidratada (Ca(OH) ₂)	+	+	+ ³	0
Cal viva (CaO)	+	+ -	- + ³	0
Compostaje	+	+	0	+
Incineración	+ -	+ -	0	- +
Tratamiento térmico	+ -	+ +	0	-

0 = no efectivo, + = efectivo, + + = muy efectivo

² Remoción de sobrenadante

³ Reducción de metales solubles

La tabla 13 es un listado de las características de los procesos aerobios y anaerobios a fin de hacer una comparación de ambas tecnologías. Es importante decir que ninguna de las opciones de estabilización da como resultado una estabilización total, ni siquiera la incineración. Por lo que para hacer la selección de un proceso de estabilización se debe tener como criterio el destino final de los desechos, por ejemplo si los lodos digeridos serán vertidos lejos de algún asentamiento humano, es posible que no deba considerarse tan importante la reducción de patógenos y olor, por otra parte, si se planea usar los lodos como acondicionadores en jardines públicos o privados, la eliminación de ambas características así como reducción de compuestos tóxicos presentes se debe tener en cuenta. Es así que al hacer un recuento de las opciones de estabilización la digestión anaerobia se convierte en una de las mejores

opciones por lo que en posteriores capítulos se detalla la estabilización de lodos residuales por esta vía

TABLA 13.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS

Aerobio	Anaerobio
$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ $\Delta G^\circ = -2840 \text{ KJ/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> · Mayor eficiencia de remoción. · Operatividad comprobada. · 50% de C es convertido en CO_2, 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana. · 60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% es perdido como calor. · Ingreso de elevada energía para aireación. · Limitación de cargas orgánicas. · Se requiere adición de nutrientes. · Requerimiento de grandes áreas. · Periodos de arranque cortos. · Tecnología establecida. 	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 3 CO_2 + 3 CH_4$ $\Delta G^\circ = -393 \text{ KJ/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> · Menor producción de lodos. · Menores costos de operación. · 95% de C es convertido en biogás, 5% es transformado en biomasa microbiana. · 90% de la energía es retenida como CH_4, 5-5% es perdido como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa. · No requiere de energía. · Acepta altas cargas orgánicas. · Degrada compuestos policlorados. · Requerimiento bajo de nutrientes. · Se requiere pequeña área superficial. · Largos periodos de arranque.

5.0. DIGESTIÓN ANAEROBIA

5.1 Introducción

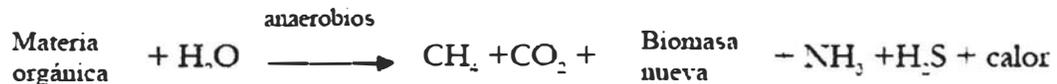
La aplicación de procesos anaerobios a los lodos residuales de las tecnologías de tratamiento de aguas, se ha incrementado considerablemente, esto se debe a que las circunstancias no son las mismas, el daño provocado al medio ambiente, simultáneo a los esfuerzos por preservar y sanear el medio ambiente, cada día aumenta el interés puesto en tecnologías que obtienen energía a partir de fuentes renovables, que pretenden, además, integrar al proceso líneas de reciclaje de efluentes, a fin de obtener procesos limpios.

Los tratamientos anaeróbicos ofrecen ventajas económicas atractivas, lo cual se fundamenta en la posibilidad de tratamiento de residuos con altas cargas en instalaciones compactas, la producción limitada de lodos, requerimientos nutricionales reducidos y un balance energético positivo.

La digestión anaerobia es un proceso complejo que puede ser descrito en función de diversas variables interrelacionadas.

5.2 Definición

Por definición, la digestión anaeróbica es: "el uso de microorganismos, en ausencia de oxígeno, para la estabilización de materiales orgánicos mediante su conversión a metano y otros productos inorgánicos incluyendo dióxido de carbono":



5.3 Etapas metabólicas del proceso

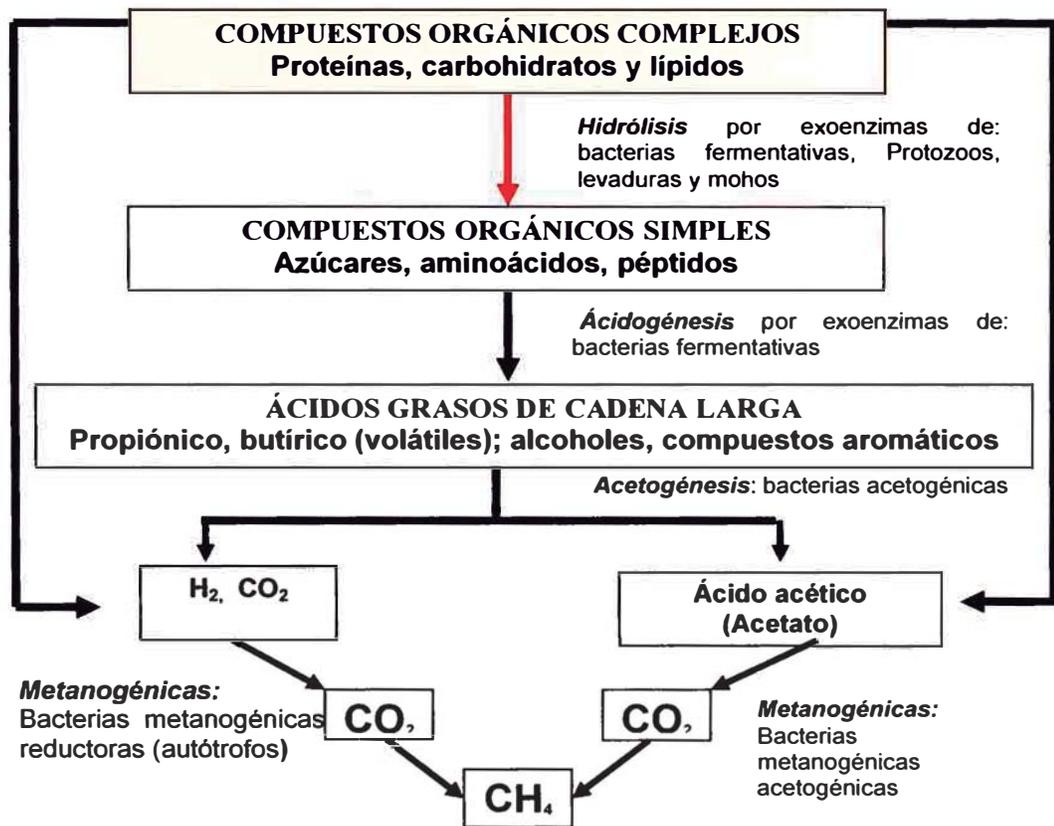
Durante la digestión, las moléculas complejas (polisacáridos, carbohidratos, proteínas, lípidos) se descomponen en moléculas más pequeñas para dar como productos finales metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2).

Este proceso consta de 3 etapas, en cada una de las etapas un conjunto de reacciones son llevadas a cabo por una compleja población de microorganismos presentes en el digestor, cada una de las cuales cataliza sólo un cierto número de estas reacciones. La mayoría de los microorganismos oxidan determinados compuestos orgánicos a fin de obtener energía para su crecimiento y utilizan compuestos carbonados específicos para sintetizar sus componentes celulares.

Los productos finales de un grupo de microorganismos suelen ser el alimento del grupo siguiente, de forma que a lo largo del proceso existe un delicado balance que es necesario mantener para que la reacción se desarrolle correctamente.

Un esquema que puede resumir el proceso que se lleva a cabo es el siguiente

TABLA 14.- ETAPAS METABÓLICAS INVOLUCRADAS EN LA DIGESTIÓN



Mecanismo

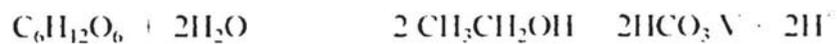
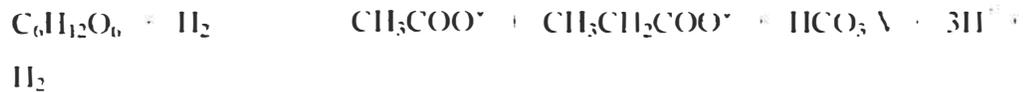
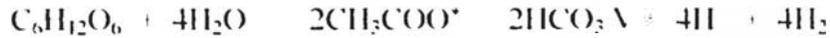
Como hemos dicho la digestión se puede concebir como un proceso en tres etapas llevadas a cabo cada una de ellas por un grupo de bacterias concreto.

Las etapas son: hidrólisis, fase acetogénica y, finalmente, la fase metanogénica.

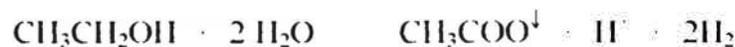
- **Hidrólisis:** Durante esta fase se verifica la hidrólisis (licuefacción) y posteriormente fermentación de las sustancias orgánicas de elevado peso molecular, tales como lípidos, proteínas e hidratos de carbono, que se encuentran en suspensión o disueltas. Estas sustancias quedan transformadas y reducidas a otros compuestos orgánicos de cadena molecular más corta, principalmente gases CO_2 y H_2 , ácidos grasos volátiles, butiratos, propionatos y etanol. Las bacterias propias de este grupo son las facultativas: *Esterichia Coli* el *Bacilius sp* y las anaerobias: *Clotidium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus* y *Butirovibrio*.

Estas bacterias que componen esta fase ácida son de crecimiento rápido, tardando en doblarse un mínimo de 30 minutos. El pH de la operación suele ser inferior a 7.

Algunas de las reacciones que se llevan a cabo en esta etapa son las siguientes:



- Fase acetogénica: En esta etapa las bacterias llamadas acetogénicas convierten las moléculas orgánicas de pequeño tamaño y los ácidos grasos volátiles en ácido acético o fórmico, hidrógeno y CO₂. Las bacterias que intervienen en esta etapa son facultativas (Syntrophobater, Syntropomonas y Desulfovibrio). El tiempo mínimo de doblaje de estas bacterias es de 1,5 a 4 días. Las reacciones que intervienen en esta etapa son entre otras:



- Fase metanogénica: En esta última etapa, las bacterias metanogénicas (anaerobias estrictas) son esenciales para este tipo de digestión, por ser los únicos microorganismos que pueden catabolizar anaerobiamente el ácido acético e hidrógeno para dar productos gaseosos cuyos componentes fundamentales son el metano y dióxido de carbono. Se desarrollan más lentamente y son más sensibles a las variaciones del medio que los organismos productores de ácido. En este grupo de bacterias cabe diferenciar tres subgrupos: Metanobacterias, Metanococos y Metanomicrobios. En la digestión anaerobia, la estabilización se alcanza cuando se produce metano y dióxido de

carbono. El gas metano así producido es altamente insoluble, y su desprendimiento de la solución representa la estabilización real del residuo. Para un óptimo trabajo, el elemento acuoso circulante debe tener un pH entre 6,6 y 7,6.



El contenido de el reactor deberá carecer de oxígeno disuelto y estar libre de concentraciones inhibitorias de constituyentes tales como los metales pesados y los sulfuros. En competencia con las metanogénicas, están las sulfurreductoras que usan el SO_4 como aceptor de electrones, dando lugar a SH_2 inhibiendo la actividad de las anteriores. Son moléculas procedentes de la acetogénesis, son utilizadas para reducir el SO_4 , en reacciones favorecidas termodinámicamente. La temperatura es un factor muy importante para que se verifiquen éstas transformaciones metabólicas.

Para mantener un sistema de tratamiento anaeróbico que estabilice correctamente el residuo orgánico, deben hallarse en estado de equilibrio dinámico los microorganismos formadores de ácidos y metano, es decir, las reacciones deben producirse continua y sucesivamente, ya que el funcionamiento anormal de una de ellas, dará lugar al mal funcionamiento global del proceso.

Muchos microorganismos metanogénicos son similares a los encontrados en el estómago de los animales rumiantes. Se considera que una de las reservas mundiales de gas natural tiene su origen en la actividad metabólica de estas bacterias.

5.4. Crecimiento microbiano

Las bacterias son las responsables de las reacciones de biodegradación en la digestión anaerobia. Cada célula individual se reproduce por un proceso llamado fisión binaria, el tiempo que requiere cada ciclo de crecimiento es muy variable y depende de factores nutricionales y genéticos. El crecimiento se define como “un incremento en el número de células microbianas en una población, lo cual también puede ser medido como un incremento en la masa microbiana”.

En una forma general se puede describir el crecimiento microbiano a través de 4 etapas: **La primera etapa recibe el nombre de fase de latencia**, que corresponde al lapso en el que las bacterias se adaptan a nuevas condiciones medio ambientales, este periodo puede ser corto o largo, todo depende de la velocidad a la que las bacterias sintetizan enzimas que permitan metabolizar determinados componentes esenciales presentes en el medio. En esta fase no hay reproducción celular por lo que la velocidad de crecimiento es nula. También se presenta fase de latencia en aquellas poblaciones que han sufrido daños debido a excesivas temperaturas, compuestos tóxicos, variaciones de pH, etc.

Una vez que las bacterias se han adaptado a las nuevas condiciones del medio, se presenta una **fase de crecimiento exponencial** en donde cada célula se dividirá en dos, al principio la velocidad de crecimiento celular será lenta para después incrementarse hasta llegar a su valor máximo y permanecer constante por un tiempo determinado.

El tiempo necesario para que a partir de una célula se formen dos, recibe el nombre de tiempo de generación, también se le conoce como tiempo de duplicación.

En un cultivo en el que no se agrega más sustrato o medio, no puede existir un crecimiento exponencial indefinido, tarde o temprano un nutriente esencial se terminará empobreciendo el medio o algún producto resultante del metabolismo microbiano se acumulará y alcanzará concentraciones tóxicas o inhibitorias lo que frenará el crecimiento exponencial.

Cuando esto sucede se dice que se ha alcanzado la **fase estacionaria**, en ella no hay aumento ni decremento del número de células presentes, ya que la velocidad de crecimiento se vuelve lenta y algunas células empiezan a morir lográndose un equilibrio, a pesar de que no hay crecimiento neto en esta fase la mayoría de las funciones celulares continúan.

Si las condiciones del medio no cambian una vez alcanzada la fase estacionaria eventualmente las células morirán, **la fase de muerte** es la última etapa del crecimiento microbiano. En algunos casos va acompañada de lisis celular y al igual que la fase de crecimiento presenta un comportamiento exponencial, sin embargo la velocidad de muerte resulta ser más lenta que la de crecimiento.

En los procesos continuos, se pretende que la fase de crecimiento estacionario se mantenga indefinidamente.

Microbiología

La digestión anaerobia con formación de biogás es un proceso en etapas, en el que varios grupos de bacterias relacionados tróficamente aprovechan los alimentos que le son suministrados por el metabolismo celular del paso anterior. Ya hemos visto los tres niveles de degradación de la materia orgánica, y en ellos intervienen dos tipos diferentes de microorganismos:

Bacterias facultativas

- **Hidrolíticas:** capaces de asimilar los grandes polímeros para su síntesis celular. Se desarrollan fortuitamente en el medio y también pueden pertenecer a la flora del residuo a digerir. Al ser facultativas consumen el oxígeno que pueda haber en el proceso, contribuyendo a conseguir las condiciones anaerobias necesarias.

Se pueden agrupar como:

- Celulolíticas y hemicelulolíticas
- Amilolíticas
- Proteolíticas
- Lipolíticas

- Acetogénicas: transforman los ácidos grasos volátiles, en ácido acético e hidrógeno, en reacciones no favorables termodinámicamente en condiciones normales y que necesitan que el hidrógeno sea consumido simultáneamente, para que puedan llevarse a cabo

Bacterias Anaerobias

Las metanogénicas, estrictamente anaerobias, son las que a partir de los metabolitos de las acetogénicas forman el metano. Según los precursores que usan, podemos dividir las en dos grupos:

- Acetoclásticas: lo producen a partir de ácido acético:



- Utilizadoras de hidrógeno: a partir del CO_2 y el H_2 dan metano y agua.

El consumo de H_2 es de importancia para que las acetogénicas puedan realizar su trabajo degradativo, como ya hemos visto.



Las bacterias metanogénicas, a pesar de ser las más antiguas conocidas, no son las más estudiadas. Presentan una serie de peculiaridades respecto a las demás bacterias y al resto de los seres vivos.

5.5. Productos de la digestión anaerobia

Al final del proceso de digestión obtenemos biogás y lodos digeridos en el caso de que se trate de un proceso de digestión anaerobia de alta carga, que se caracteriza por llevar un régimen de mezclado completo, sin embargo, si se trata de un proceso de digestión convencional también obtendremos una capa de nata y una de sobrenadante.

5.5.1. Gas

El biogás es la mezcla de gases producido por bacterias metanogénicas que transforman material biodegradable en condiciones anaerobias. Está compuesto de 60 a 80% de metano, 30 a 40% de dióxido de carbono y trazas de otros gases, como nitrógeno, ácido sulfhídrico, monóxido de carbono e hidrógeno (*ver tabla 15*). Un metro cúbico de metano a temperatura y presión normales tiene un poder calorífico neto de 35800 kJ/m³, el biogás tiene un poder calorífico de aproximadamente 22,400 kJ/m³.

TABLA 15.- CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS

Metano	60 - 80
Gas Carbónico	30 - 40
Hidrógeno	5 - 10 %
Nitrógeno	1 - 2 %
Monóxido de Carbono	0 - 1.5
Oxígeno	0.1
Ácido Sulfhídrico	0 - 1
Vapor de agua	0.3
Densidad	1.09 kg/m ³
Solubilidad en agua	Baja
Presión crítica	673.1 Psia
Temperatura crítica	82.5 °C
Poder calorífico	22400 kJ/m ³

5.5.2. Lodos digeridos

Después de la capa en la cual tiene lugar la digestión se encuentra la zona de lodos digeridos que se compone de aquellos sólidos inorgánicos y volátiles que son de difícil degradación.

Las características de un lodo bien digerido son las siguientes:

- Debe ser sencillo de separar de la fase líquida
- La cantidad de sólidos digeridos que salen del proceso debe ser mucho menor a la que entró debido a que durante la degradación parte de ellos se transformaron en gases, ácidos líquidos y agua.
- Debe tener una apariencia aterronada
- Debe tener un color oscuro, si aparecen manchas o coloraciones verdes, es indicativo de que los lodos no están bien digeridos.
- No deben presentar mal olor
- La concentración de sólidos volátiles presentes deberá ser entre un 40-60% menor que la concentración a la entrada.

5.6. Factores que afectan la digestión anaerobia

Las bacterias metanogénicas responsables de la conversión final de la materia orgánica a un producto estable, son muy sensibles a las condiciones dentro del digestor. Por lo que disminuirán su actividad si éstas no son mantenidas a niveles óptimos. Existen 5 factores que regulan la digestión: las bacterias presentes, la carga de alimentación, el mezclado, las condiciones ambientales y los materiales inhibitorios o tóxicos. A continuación revisaremos todos estos factores, así mismo se analizarán los equipos necesarios para brindar condiciones óptimas para el crecimiento de las bacterias metanogénicas.

5.6.1. Bacterias

Los lodos crudos que entran al reactor contienen las bacterias necesarias para lograr la estabilización. Por lo que es necesario que durante la operación se mantenga el mayor número posible dentro del proceso para realizar el trabajo de biodegradación, evitando remover más lodo digerido del necesario. En tanques sencillos, el líquido sobrenadante es desplazado por el lodo crudo entrante, mientras que el lodo digerido debe ser removido bajo estricto control. En aquellos casos en los que la población bacteriana no es suficiente se puede conseguir lodo digerido de otras instalaciones e inocularlos a fin de mantener una concentración de biomasa activa adecuada.

Esta concentración deberá estar considerada dentro de la carga de alimentación al reactor, ya que es un factor importante a considerar.

5.6.2. Carga de Alimentación

Dentro de los parámetros del lodo crudo que deben medirse a la entrada del reactor están: la concentración (que es la concentración de sólidos en un determinado volumen de agua); la cantidad de sólidos volátiles (que indica la cantidad de material que puede ser usado como alimento por las bacterias e indirectamente la cantidad de arena). El factor de carga orgánica y el tiempo de retención hidráulico que se relaciona con el crecimiento bacteriano y su descarga.

Existen otros puntos de muestreo, como los flujos de recirculación, el sobrenadante y los lodos digeridos, que también son importantes ya que a través de ellos es posible recabar información del proceso.

La concentración de los lodos se determina mediante la prueba de sólidos totales.

Esta prueba elimina el contenido de agua de una muestra pesada y por diferencia se determina el porcentaje de sólidos presentes. La muestra deberá ser tomada de un punto en donde exista una buena agitación para que sea representativa, ya sea de lodo crudo, de lodos digeridos, etc.

De la concentración de sólidos totales que entran al digester solo un porcentaje está disponible para la biodegradación, este porcentaje se determina mediante una prueba de sólidos volátiles. El remanente de la prueba de sólidos totales se somete a una temperatura de 550° C hasta obtener una ceniza blanca (que es el contenido de materia inorgánica presente), esta ceniza se pesa y se resta del peso de los sólidos totales, el resultado es la cantidad de sólidos volátiles. De manera que la prueba sirve como un indicador de la carga orgánica de alimentación y para medir la eficiencia del digester. Rittmann y McCarty mencionan que el contenido de sólidos volátiles dentro del digester debe ser aproximadamente mayor al 70%, de manera que la alimentación al reactor deberá monitorearse a fin de mantener un buen equilibrio.

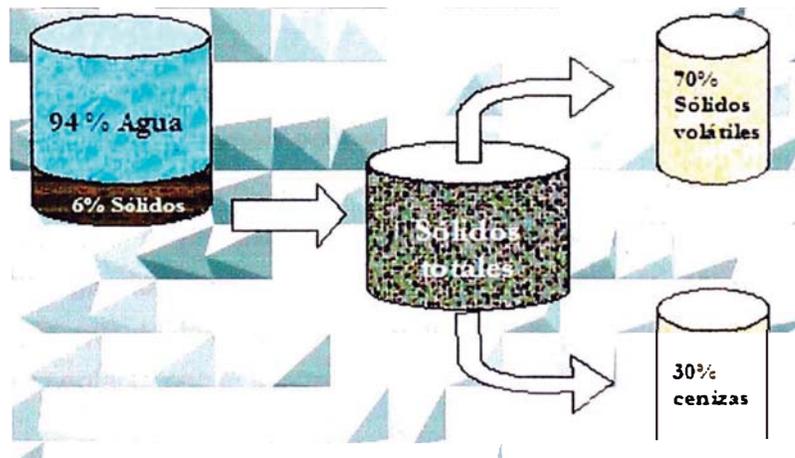


FIGURA 14.- CONTENIDO DE SÓLIDOS EN LODOS CRUDOS

Existen dos factores de carga distintos: el factor de carga orgánica y el de carga hidráulica. Que además de ser indicadores del proceso nos permiten evaluar la eficiencia del digestor. El factor de carga orgánica es la cantidad de alimento que entra como sólidos volátiles por día. Y se calcula como kilogramos de sólidos volátiles por día por metro cúbico por el volumen activo del digestor.

$$\text{Carga orgánica} = \frac{\text{Kg. lodo crudo/día} \cdot \% \text{ contenido sólidos volátiles}}{\text{volumen disponible del digestor}}$$

La carga hidráulica es el tiempo promedio en días que permanece el líquido dentro del digestor y esta relacionado con su capacidad.

La carga hidráulica (también conocido como tiempo de retención hidráulico) se calcula como sigue:

$$TRH = \frac{\text{Volumen del digestor. L}}{\text{Flujo de entrada. L/d}}$$

Este es el tiempo mínimo requerido para asegurar que la materia orgánica y la biomasa activa estén en contacto.

5.6.3. Mezclado

La estabilización de los lodos sólo puede llevarse a cabo si los 2 factores previamente descritos, bacterias y alimento, interaccionan.

El mezclado permite mantener la mayor cantidad de alimento en contacto con las bacterias, reducir el volumen ocupado por materiales orgánicos e inorgánicos sedimentables y homogeneizar la temperatura y la concentración. Todo esto con el fin de acelerar el proceso de ruptura de sólidos volátiles y producción de metano. La agitación en la digestión anaerobia es menor que en los procesos aerobios, ya que la tasa de crecimiento de las bacterias metanogénicas es menor y su contacto con el sustrato debe ser mayor.

El mezclado puede realizarse mediante el ascenso del gas hacia la superficie o mediante acción mecánica. En la naturaleza, conforme el gas es producido, se

acumula, y finalmente se eleva arrastrando consigo pequeñas partículas de materia. Esta acción crea un efecto parecido al agua hirviendo lo cual produce un mezclado, este método se controla mediante la alimentación. Las condiciones que propician el mezclado natural son inestables, pero si se mantiene un estricto control se puede conseguir un método efectivo de mezclado a bajo costo.

Cuando el mezclado se realiza por medios mecánicos existen varios tipos de mezcladores que logran que los lodos estén en constante movimiento dentro del reactor, los sistemas de uso más frecuente incluyen la inyección de gas y la agitación mecánica.

Los sistemas de inyección de gas se clasifican en sistemas confinados (*Fig. 15 a.*) y en sistemas no confinados (*Fig. 15 b.*). En los sistemas no confinados el biogás se recoge en la parte superior y se comprime, posteriormente se introduce de nuevo al digester por medio de difusores colocados en la parte inferior o mediante lanzas de inyección de gas dispuestas radialmente ancladas en la zona superior. Las burbujas de gas ascienden arrastrando consigo partículas de materia orgánica provocando el mezclado del contenido.

Para estos sistemas en especial existe una relación entre el caudal de gas bombeado y la altura a la que llega la agitación, pudiendo dar lugar a la formación de depósitos en el fondo del digester.

En los sistemas confinados (*ver Fig. 15 b*), el gas se comprime y se manda a dispositivos como son los sistemas de bomba de emulsión de gas y el sistema de émbolo de gas. En los sistemas de emulsión el gas se recolecta en la parte superior y posteriormente se manda a tuberías y lanzas sumergidas que se encuentran conectadas a un conducto de elevación que libera las burbujas y ascienden creando un efecto de emulsión tipo airlift.

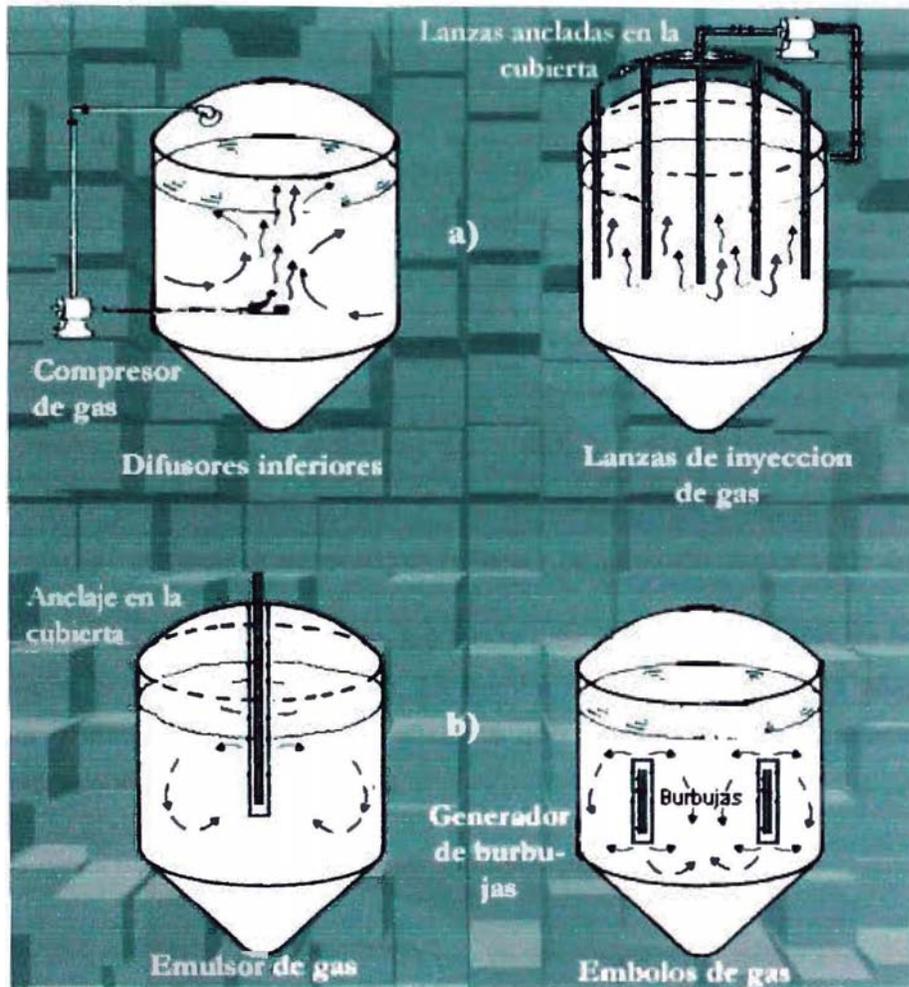


FIGURA 15.- SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GAS CONFINADOS Y NO CONFINADOS

En los sistemas de émbolo de gas las burbujas son liberadas de manera intermitente por medio de un pistón o tubería cilíndrica. Las burbujas ascienden actuando como un émbolo que empuja los lodos hacia la superficie.

Los sistemas de agitación mecánica emplean turbinas o agitadores de baja velocidad, los elementos giratorios desplazan los lodos logrando el mezclado.

Los sistemas de turbinas de baja velocidad trabajan con motores que van montados sobre la cubierta del digestor y dos impulsores situados a diferentes profundidades dentro del digestor. (Ver Fig. 16).

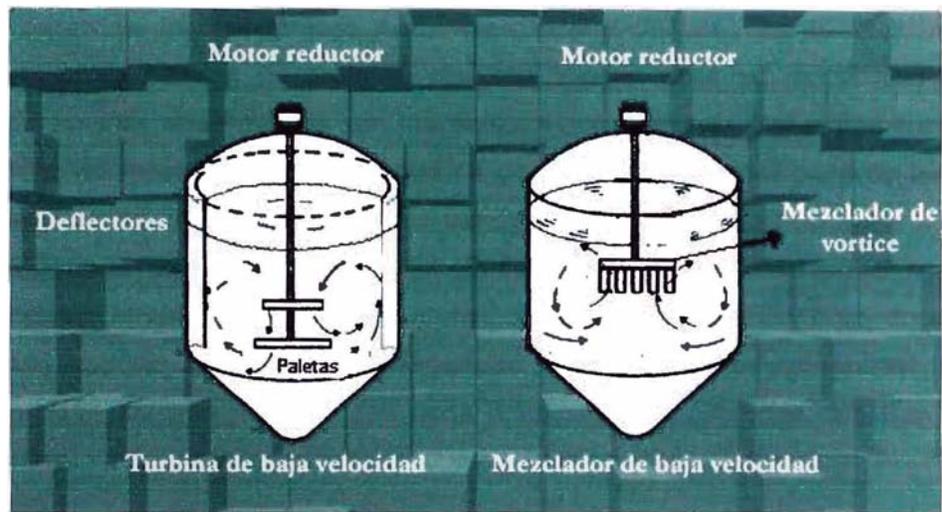


FIGURA 16.- SISTEMAS DE MEZCLADO DE TURBINA Y DE AGITACIÓN DE BAJA VELOCIDAD

Otro método es la recirculación de los lodos (ver Fig. 17) por medio de bombas de cavidad progresiva o de pistón. La bomba se encuentra situada afuera del digestor y aunque resulta menos eficiente que los mezcladores mecánicos es una opción que se utiliza a menudo.

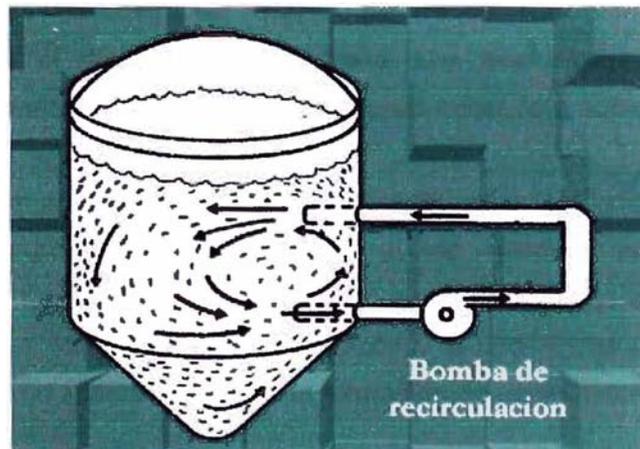


FIGURA 17.- DIGESTOR SIMPLE CON SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

5.6.4. Condiciones anaerobias

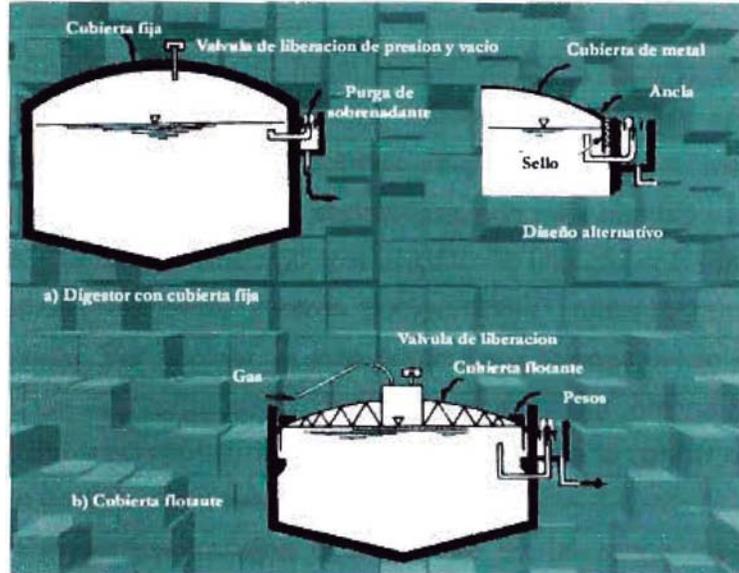
Las bacterias metanogénicas son anaerobias estrictas, por lo que incluso pequeñas cantidades de oxígeno resultan tóxicas para su metabolismo, las condiciones de anaerobiosis son mantenidas por medio de digestores cubiertos capaces de recolectar el biogás que se genera sin permitir el paso de aire. La cubierta de los digestores sirve para varios propósitos además de evitar el paso de oxígeno al reactor que además de afectar a la biomasa podría formar mezclas explosivas, también sirve de estructura para el equipo de mezclado, acceso al tanque, soporte de equipo de seguridad y sirve para la acumulación y la recolección del gas. Existen dos tipos principales de cubiertas: las fijas y las flotantes.

Las cubiertas fijas pueden ser de concreto unido a las paredes del digestor o de metal, estas últimas se mantienen en una sola posición por medio de pasadores anclados.

En este tipo de digestores es muy importante mantener controlada la presión del gas ya que es posible que la cubierta se levante causando serios daños en la estructura y las paredes, así mismo se deben controlar los niveles del sobrenadante y el del líquido de entrada. Los dispositivos destinados a la liberación de presión y vacío son cruciales para evitar este tipo de problemas.

Existen distintos arreglos para las cubiertas flotantes sin embargo la mayoría presentan las mismas características y los mismos problemas en el mantenimiento. Este tipo de cubierta se encuentra flotando en la superficie de los lodos, y suben o bajan según la producción y el uso. Estas cubiertas también pueden llegar a colapsarse debido a la formación de vacío. (Ver Fig18).

Dentro de las cubiertas flotantes también se encuentran las tipos gasómetro, estas cubiertas son capaces de subir y bajar de nivel hasta 2 metros por encima del nivel mínimo gracias a los rodets y las guías que están entre la pared y la estructura de la cubierta.



FIGURAN 18.- TIPOS DE CUBIERTAS PARA DIGESTORES ANAEROBIOS

En ellas se almacena el gas conforme es producido. También es necesario el monitoreo de la presión interna así como la remoción de nata que se acumule entre la cubierta y las paredes para facilitar el movimiento de la cubierta (ver Fig. 19).

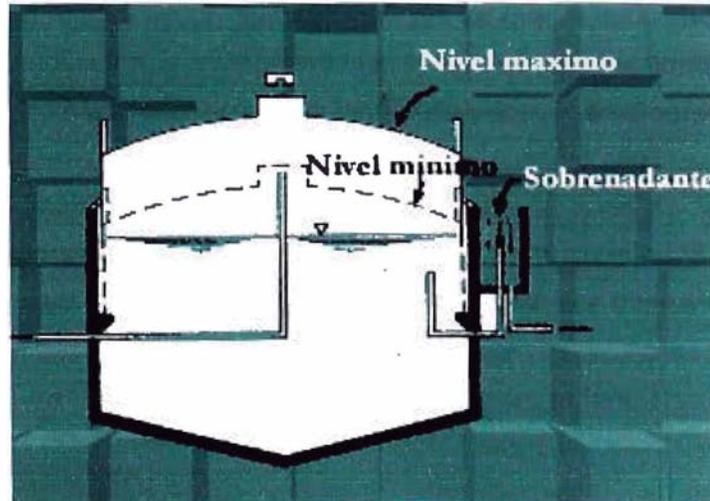


FIGURA 19.- CUBIERTA TIPO GASÓMETRO

5.6.5. Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que afectan el crecimiento y la supervivencia microbiana. Puede afectar a los microorganismos vivos de dos formas muy diferentes. A medida que la temperatura sube, las reacciones enzimáticas son más rápidas y el crecimiento se hace más rápido. Sin embargo, por encima de una cierta temperatura, las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden dañarse irreversiblemente. Por encima de este punto las funciones celulares paran. Por tanto, para cada microorganismo existe una temperatura mínima por debajo de la cual no existe crecimiento, una temperatura óptima a la cual el crecimiento es el más rápido posible y una temperatura máxima.

La digestión mesofílica trabajan óptimamente en un rango de 30-35 ° C y termofílicas de 48-60 ° C, fuera de estos rangos la actividad metabólica se ve reducida en forma significativa. Por ejemplo la actividad es casi nula a temperaturas menores de 10° C. Cabe señalar que a pesar de que no existe actividad metabólica a estas temperaturas las bacterias no sufren daño alguno.

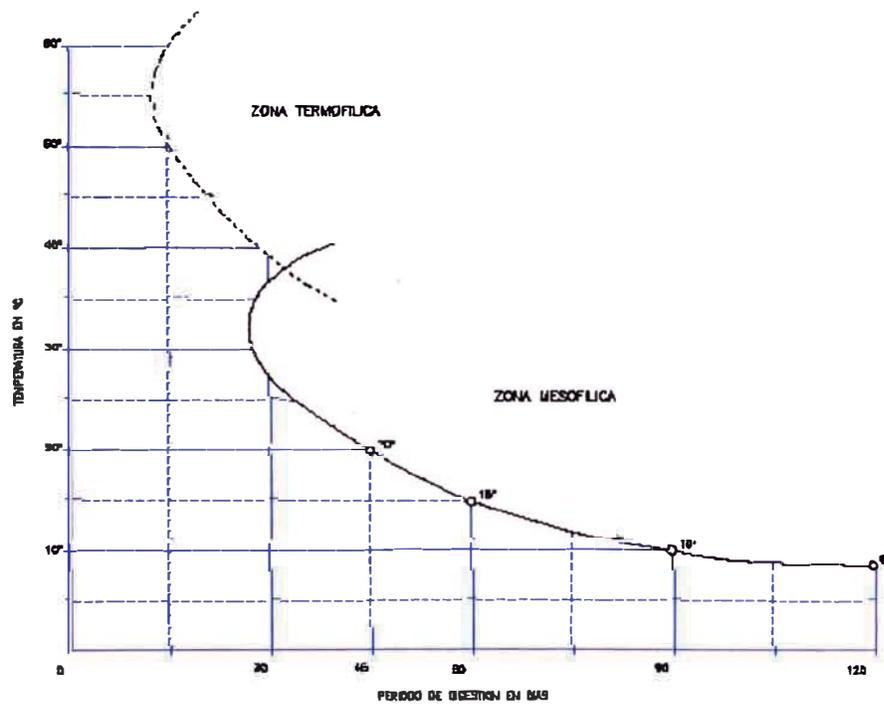
Las variaciones y los cambios abruptos de temperatura también logran afectar el metabolismo de los metanógenos, variaciones tan pequeñas como 3 grados centígrados por lo que no son tan sensibles a estos cambios y continúan activos. Esto a la larga resulta en un aumento del pH ya que el consumo de ácidos es menor a su producción, y eventualmente, si no cambian las condiciones dentro del digestor podrían causarse efectos inhibitorios y finalmente la falla del proceso.

Las bacterias trabajan mejor a temperaturas constantes entre 33-35° C y una vez que se ha encontrado cual es la mejor de acuerdo a la producción de biogás y a la capacidad para mantener el pH en 7, ésta deberá ser mantenida aceptando variaciones de hasta 2° C.

En la tabla 16 se muestra la relación que existe entre la temperatura y el tiempo de digestión.

TABLA 16.- EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL TIEMPO DE DIGESTIÓN

Temperatura ° C	Tiempo días
15	67.5
20	46.6
25	37.5
30	33.3
35	23.7
40	22.2
45	14.4
50	8.9
60	12.6



La digestión termofílica (48-60 °C) permite tiempos de retención mínimos, pero exige un gran control además de mayores costos por lo que no es aconsejable.

Es por esto que hay que incorporar un sistema para calentar el lodo ya que es de vital importancia para el buen desempeño del proceso. La operación de los sistemas de calentamiento dependerá en gran manera de la localización geográfica, el tamaño del digestor, carga y en algunos casos el tipo de desechos industriales que vengan mezclados con el lodo. Existen diversos métodos para

mantener los lodos a temperaturas adecuadas, y se clasifican en sistemas de calefacción internos y externos.

Los sistemas más comunes de calefacción internos son aquellos en donde se emplean sistemas de combustión directa, inyección de vapor, y serpentines alrededor del digester.

a) Quemador sumergido interno B) Quemador sumergido externo

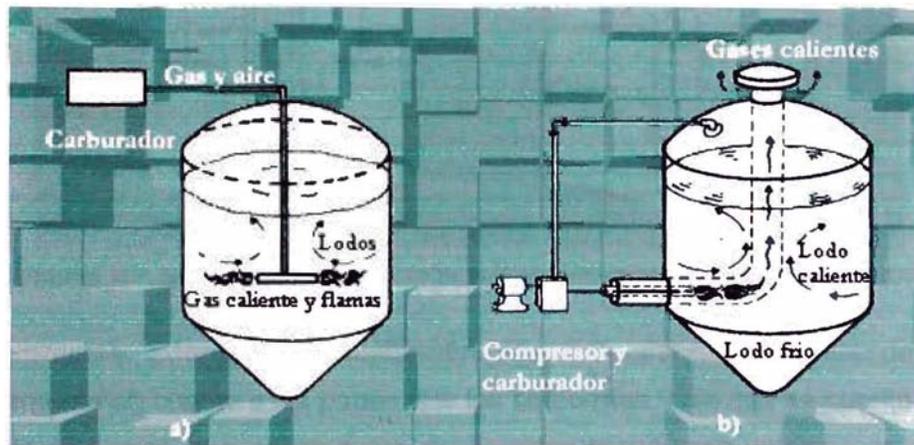


FIGURA 20.- SISTEMAS PARA CALENTAR EL LODO

Otra forma de mantener los lodos con una temperatura adecuada es mediante distintos dispositivos que se encuentran colocados dentro del digester, puede ser tubería empotrada a las paredes del digester (ver Fig. 21 a) o distintos tipos de intercambiadores de calor (ver Fig. 21 b,c). Usualmente se bombea agua caliente a través de los serpentines internos y es necesario un sistema de mezclado para mantener los lodos en circulación. En algunos casos la convección natural es el único medio para lograr el mezclado.

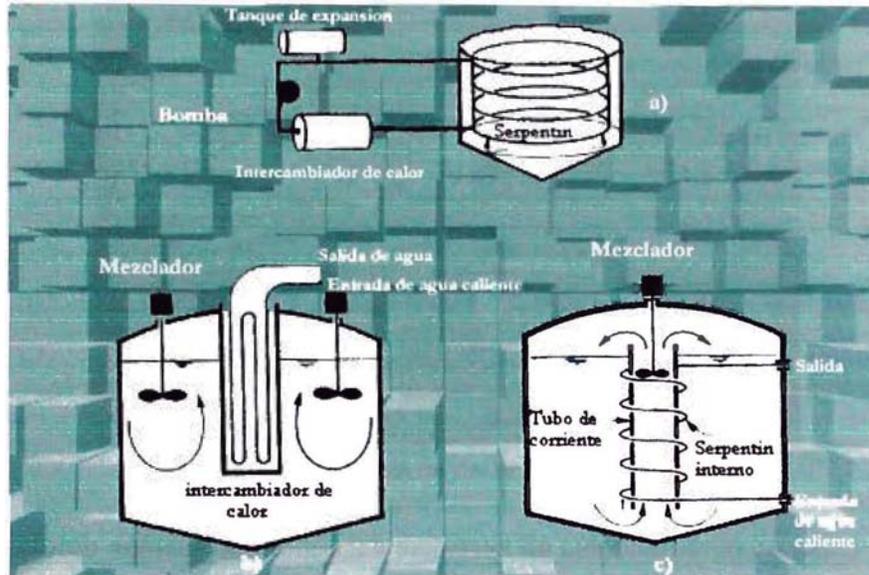


FIGURA 21.- SISTEMAS DE CALEFACCIÓN INTERCAMBIADORES DE CALOR INTERNOS

Los sistemas externos de calefacción son muy parecidos a los descritos previamente en cuanto a las partes que los conforman, solo que se cuenta con la ventaja de que se encuentran fuera del digestor lo que hace mucho más versátil tanto el diseño como los arreglos y su mantenimiento resulta más sencillo, a pesar de que el costo es más elevado se prefiere la instalación de sistemas externos sobre los internos. En este tipo de sistemas los lodos son transportados fuera del digestor hacia el intercambiador y de regreso a él. Los lodos crudos pasan por el intercambiador, ya sea de manera separada o combinados con los lodos digeridos.

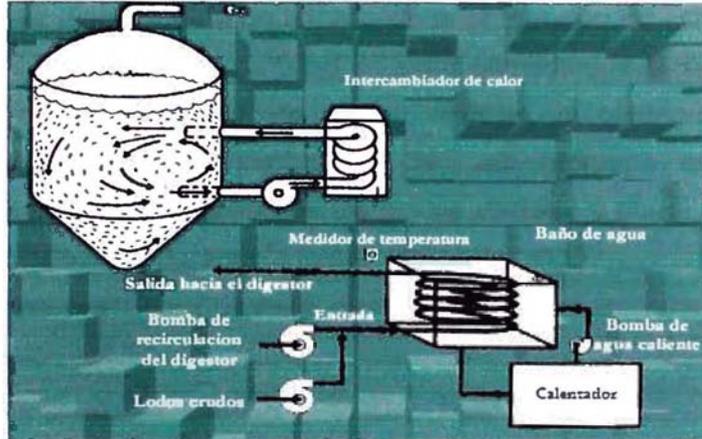


FIGURA 22.- SISTEMA DE CALEFACCIÓN EXTERNO

Es importante señalar que todos los sistemas de calentamiento de lodos deberán estar ligados directamente al sistema de mezclado para evitar sobrecalentamiento local o la esterilización de la biomasa, así como recibir mantenimiento y limpieza regularmente a fin de evitar problemas en el funcionamiento y la transferencia de calor.

5.6.6. PH

Así como existen rangos determinados de temperatura en los cuales el crecimiento microbiano es óptimo, también existen rangos de pH a los cuales los organismos se desarrollan con mayor facilidad, la única diferencia radica en el hecho de que normalmente los organismos presentan un pH óptimo muy bien definido. Los organismos que crecen a pH altos son los alcalófilos, los que crecen a pH bajos reciben el nombre de acidófilos, son pocos los microorganismos que sobreviven a estos pH, se necesitan estructuras celulares especiales capaces de soportar condiciones tan extremas, de manera que la mayoría de los microorganismos presentan pH óptimos equivalentes a los que se encuentran en los ambientes naturales, es decir, valores de pH de 5.9-7.8. Por ejemplo, los microorganismos encargados de llevar a cabo la etapa ácidogénica durante la metanogénesis pueden trabajar a pH mayores a 5, en cambio los metanogénicos tienen un rango de pH óptimo de 6.6-7.6 y pueden soportar rangos de 6.4-7.8 por debajo de 6.2 se inhibirá considerablemente la actividad de esta cepa.

El pH dentro del digestor esta en función de la producción de ácidos volátiles y de la alcalinidad presente. La cantidad de lodos alimentados al digestor impacta directamente en la producción de ácidos volátiles, la biodegradación de la materia orgánica tiende a disminuir el pH, sin embargo este efecto es contrarrestado por la degradación de los ácidos volátiles y por la generación de un buffer de bicarbonato durante la formación de metano.

De acuerdo a las reacciones de neutralización el bicarbonato y los ácidos grasos (HA) siguen esta ruta:



Es así que en condiciones estables la cantidad de ácidos generados será utilizada como alimento casi a la misma tasa a la que son producidos. Bajo condiciones estables el contenido de ácidos volátiles dentro del digestor oscilara entre 50 mg/L hasta 300 mg/L expresado como ácido acético. En caso de que el flujo de alimentación se mantenga constante un balance entre las poblaciones podrá mantenerse fácilmente, sin embargo, si se presentan variaciones en el volumen de alimentación y grandes cantidades de materia orgánica de fácil descomposición son introducidas es muy probable que las poblaciones pierdan sus proporciones y los productores de ácido desplacen a los metanógenos. Si el balance de la digestión no es restaurado rápidamente la capacidad de buffer del sistema se ve sobrepasada provocando el descenso del pH. Estas condiciones disminuirán levemente la producción de ácido, mientras que la actividad metanogénica se detendrá por completo lo que provocará una acumulación de ácido dentro del digestor. Regresar el proceso a un estado estable puede tardar varias semanas o hasta meses debido al lento crecimiento de las bacterias metanogénicas, por lo que monitorear y evitar el descenso del pH se convierte en un paso crucial.

La capacidad de buffer del sistema se convierte en un punto clave también, ya que previene el desplome del proceso durante las variaciones en la alimentación y temperatura.

Nuevamente las bacterias metanogénicas son las encargadas de generar suficiente material alcalino para neutralizar los ácidos volátiles, como resultado

de su metabolismo bicarbonato, carbonatos y amoníaco son formados en cantidades suficientes para mantener el pH en un nivel constante cerca del neutro. Otra fuente de material alcalino lo forman todas aquellas sustancias buffer contenidas en los lodos crudos alimentados al digestor.

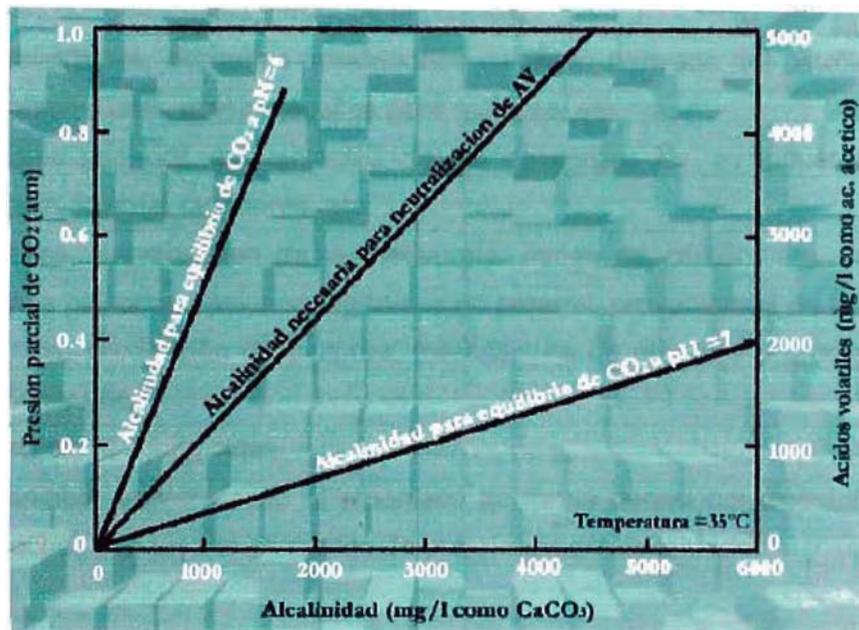


FIGURA 23.- DIAGRAMA DE DISEÑO PARA ALCALINIDAD

Los ácidos volátiles y la alcalinidad son medidos a fin de conocer el avance del proceso y así poder tener un control del mismo. Usualmente los resultados de las pruebas se expresan en forma de un cociente (Acidez/Alcalinidad). El digestor trabaja mejor cuando los AGV (ácidos grasos volátiles)/Alc (alcalinidad) es menor a 0.25, (no mayor a 0.4) y algunos prefieren mantenerlo a 0.15. Esto quiere decir que la alcalinidad es cuatro veces mayor que la acidez, un margen suficiente para amortiguar los efectos de una variación en la carga de alimentación.

5.6.7. Materiales Tóxicos o Inhibitorios

La digestión anaerobia como todos los procesos biológicos es susceptible a la acción de materiales y sustancias que en cantidades o concentraciones altas resultaran tóxicas o inhibitorias para la actividad microbiana.

Usualmente los problemas de toxicidad se detonan cuando alguno de los siguientes compuestos se introduce al proceso:

- Hidrocarburos, derrames accidentales de algún derivado del petróleo como gasolina, diesel, grasas, aceites para motores, etc.
- Metales pesados, provenientes de las descargas de las industrias de la platería, joyería, curtidoras, etc.
- Sulfuros, provenientes de la metalurgia, minas de carbón, etc. Fenoles y resinas plásticas, residuos orgánicos en general, provenientes de la industria química, producción de pinturas, manufactura de muebles y producción de carbón y gas.
- Insecticidas y fungicidas.
- Amoniaco, en este caso el amoniaco se forma dentro del digestor cuando desechos con un alto contenido de proteínas son alimentados.

Es importante señalar que la toxicidad esta en función de la concentración, efectos de antagonismo y sinergismo, formación de complejos y aclimatación. La concentración es muy importante ya que muchos de estos compuestos sirven como estimuladores del proceso a bajas concentraciones. La tasa de crecimiento aumentará conforme la concentración se eleve hasta llegar a ser constante, y eventualmente disminuirá. En general cuando una sustancia se encuentra por debajo de su concentración límite servirá como estimulador, cuando ya haya sobrepasado este límite la actividad metabólica comenzará a mermar, y se dice entonces que la sustancia tiene un efecto tóxico, de esta forma, una sustancia puede ser considerada como sustrato o como tóxico dependiendo del rango en el que se encuentre su concentración (ver Fig. 24).

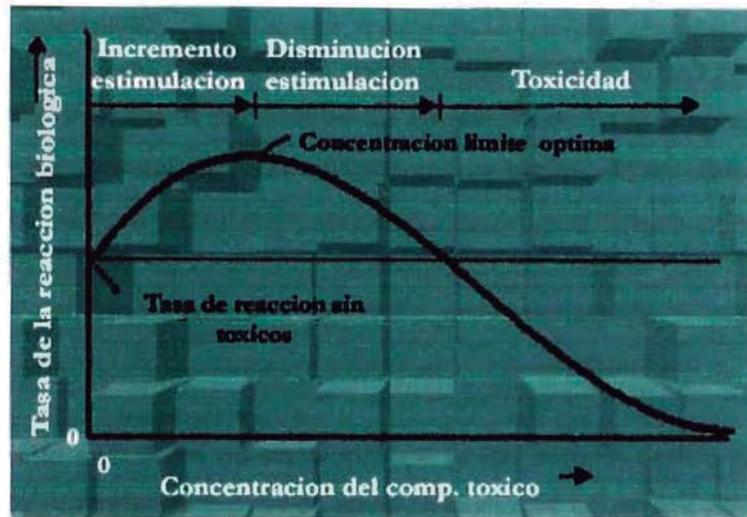


FIGURA 24.- EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE UN COMPUESTO TÓXICO EN LA TASA DE REACCIÓN BIOLÓGICA

Los efectos de antagonismo y sinergismo también están en función de la concentración. El antagonismo es la reducción del efecto tóxico de una sustancia por la presencia de otra. El sinergismo es el incremento en la toxicidad aparente de una sustancia por la presencia de otra en el medio ambiente. Estos efectos suelen presentarse entre sustancias que tienen una relación química.

La magnitud del efecto tóxico provocado por una sustancia puede minimizarse considerablemente si la concentración es aumentada lentamente. La mayoría de los microorganismos desarrollan cierta resistencia a materiales tóxicos siempre y cuando se les de tiempo suficiente para desarrollar estructuras que minimicen el impacto de dicho material, a este fenómeno se le llama aclimatación, en él las bacterias logran reacomodar las rutas metabólicas que se bloquean con la presencia del material tóxico.

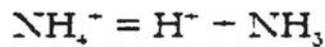
TABLA 17.- CATIONES COMUNES, CONCENTRACIONES INHIBITORIAS Y ESTIMULATORIAS

Catión	Estimuladorio mg/l	Inhibición Moderada mg/l	Inhibición Alta mg/l
Sodio	100-200	3500-5500	8000
Potasio	200-400	2500-4500	12000
Calcio	100-200	2500-4500	8000
Magnesio	75-150	1000-1500	3000

5.6.8 Amoniaco

El amoniaco se produce durante la degradación anaerobia de compuestos con alto contenido proteico, normalmente se combina con CO₂ y agua para formar bicarbonato de amonio, lo que constituye un buffer dentro del sistema, sin embargo cuando la concentración de proteínas es muy alta la concentración de amoniaco también se elevará hasta alcanzar efectos tóxicos. Esto es muy común en sistemas en donde se tratan residuos provenientes de la cría de ganado porcino.

El amoniaco se encuentra en equilibrio con el ión amonio dentro del digestor, y aunque en la mayoría de los casos es el NH₃ el que causa los efectos nocivos, también se produce inhibición si el ión amonio se acumula.



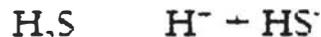
A pH mayores de 7.4 el amoniaco (NH₃) producirá inhibición si se encuentra en concentraciones entre 1500 y 3000 mg/l. Bajo estas condiciones la producción de ácidos volátiles se incrementará lo que hará que baje el pH y el efecto tóxico se reducirá. La concentración de ácidos volátiles permanecerá en niveles altos a menos que el pH se reduzca un poco más, para esto se agrega ácido clorhídrico (HCl) hasta alcanzar un Ph igual a 7. Es importante señalar que si la inhibición es provocada por el ión amonio, no servirá de nada bajar el pH, por lo que la adición de HCl no tendrá ningún efecto, en este caso la única vía es la dilución del contenido de nitrógeno amoniacal.

Cuando la concentración de amoniaco ha rebasado los 3000 mg/l, es lo suficientemente tóxico como para producir un deterioro considerable sin importar el pH. El único método de control viable consiste en diluir el contenido del digestor ya sea agregando lodos crudos con bajas concentraciones de nitrógeno, retirando sobrenadante o agregando lodos digeridos.

5.6.9 Sulfuros

Los sulfuros que se encuentran en el proceso de digestión, tienen su origen en diversas fuentes, cantidades pequeñas de sulfuros vienen contenidas en las aguas domésticas, concentraciones mayores provienen de la actividad industrial (Ej. Ind. Metalúrgica) y finalmente otra porción se suma durante la descomposición de las proteínas durante la biodegradación anaerobia. La toxicidad provocada por sulfuros también se presenta en residuos que contienen altas concentraciones de sulfatos, ya que al introducirse al proceso los sulfatos son usados como aceptores de electrones y finalmente se convierten en sulfuros.

Una vez dentro del digestor podemos encontrar a los sulfuros en dos formas: formando un sulfuro insoluble con metales pesados, (ya sea con cobre, zinc o hierro) que se precipita y no representa ningún daño para el proceso, y como sulfuros solubles. Estos últimos representan los mayores riesgos cuando su concentración se eleva, en particular la forma ionizada del ácido sulfhídrico que se encuentra disuelta en el contenido del digestor.



Ciertas cantidades de azufre son necesarias para el crecimiento bacteriano, de manera que las bacterias son capaces de tolerar entre 50-100 mg/l de sulfuros solubles presentando leves afectaciones, incluso pueden manejar concentraciones de 200 mg/l, pero una vez que se ha sobrepasado este límite, la presencia de H_2S^- provoca inhibiciones considerables (McCarty). Además de los efectos que produce en el metabolismo microbiano, el H_2S^- es un gas muy oloroso que afecta la salud de los trabajadores y las condiciones de seguridad dentro del sistema anaerobio, ya que también es corrosivo.

El impacto de los sulfuros dentro del digestor no es del todo negativo, su presencia también es necesaria para minimizar los efectos en caso de que una alta concentración de metales pesados sea introducida al proceso. Cuando se detectan efectos inhibitorios causados por los sulfuros se puede (1) diluir el contenido del reactor (2) identificar, separar y contener el flujo de tóxicos y (3) agregar alguna sal de hierro para precipitar los sulfuros.

5.6.10 Metales Pesados

Las sales de cobre, níquel, zinc y cadmio son solubles y también tóxicas a bajas concentraciones. El mercurio también es tóxico a concentraciones pequeñas. Sólo 1 mg/l de cualquiera de los metales arriba mencionados producen efectos inhibitorios considerables.

Como se menciona en la sección previa la presencia de sulfuros ayuda a minimizar el impacto producido por los metales pesados ya que forma compuestos insolubles con ellos.

Otro factor que ayuda a minimizar la toxicidad producida por metales pesados es que el hierro normalmente se encuentra en concentraciones altas, lo cual no presenta ningún efecto desfavorable en el metabolismo de la biomasa, y junto con los sulfuros forma complejos buffer ante la introducción de otro tipo de metal.

El FeS se encuentra en solución y al estar en presencia de otro metal el Fe es desplazado, en ese momento se forma un precipitado insoluble lo que impide la permanencia de condiciones tóxicas. En algunas ocasiones se agrega ácido sulfúrico o sulfuros, sin embargo se debe ser muy cauteloso con el uso de estas sustancias ya que los sulfuros por sí mismos pueden inhibir el proceso si se excede la concentración límite, por otra parte, el ácido sulfúrico requiere de condiciones de transporte uso y almacenaje muy especiales, por lo que su uso debe hacerse bajo un estricto control.

5.6.11 Compuestos Orgánicos

Los compuestos orgánicos que resultan tóxicos para el proceso de anaerobiosis provienen de los residuos industriales en altas concentraciones. Sin embargo, a bajas concentraciones pueden convertirse en fuente de alimento para los microorganismos, con un diseño adecuado la mayoría pueden ser tratados por vía anaerobia con buenos resultados. A continuación se presenta una tabla con diversos tipos de contaminantes y las concentraciones a las cuales producen efectos inhibitorios.

TABLA 18.- CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS QUE REDUCEN LA PRODUCCIÓN DE GAS EN UN 50%

Tóxico	Concentración mg/l	Tóxico	Concentración mg/l
Hidrocarburos		Alcanos Halogenados	
Alcanos		Clorometano	50
ciclohexano	150	Cloroformo	1
Octano	2	Tetracloruro de carbono	6
Decano	0.35	Pentacloroetano	11
Aromáticos		Hexacloroetano	22
Benceno	1200	Bromometano	4
Tolueno	580	Bromodichlorometano	2
Xileno	250	Alquenos Halogenados	
Fenoles		Tricloroetano	13
Fenol	2100	Tetracloroetano	22
o-Cresol	890	1,1-Dicloroetano	8
p-Cresol	91	Aromáticos Halogenados	
Alcoholes		Clorobenceno	270
Metanol	22000	1,2-Diclorobenceno	150
Etanol	43000	2-Clorotolueno	53
1-propanol	34000	2-cloro-p-xileno	89
1-butanol	11000	2-Clorofenol	160
Cetonas		Miscelaneos	
Acetona	50000	Hidroquinona	2800
2-Butanona	28000	Acetonitrilo	28000
2-Hexanona	6100	Acilonitrilo	90

5.7 Ventajas de la digestión anaerobia

Las principales ventajas del proceso:

- En que el 85 al 90% del carbono se emplea en producción de biogás,
- Mayor ahorro de energía de aireación frente a un proceso de tratamiento aerobio,
- Eliminación de malos olores y reducción de los gérmenes patógenos,
- Mayor grado de estabilización de los residuos digeridos generando escasa cantidad de biomasa, lo que favorece aplicaciones posteriores de éstos.
- Producción de gas metano como fuente de energía ya que puede ser comercializado o ser utilizado en el proceso de la digestión para reducir los costos.

5.8 Tipos de digestores anaerobios

La velocidad de carga orgánica máxima (Kg DQO/m³ d) de un proceso anaerobio está limitada por la concentración y actividad de los microorganismos implicados en los mecanismos bioquímicos de degradación de la materia orgánica.

Puestos que estos microorganismos y en particular los que convierten CO₂ + H₂ y ácido acético en metano, poseen una baja velocidad de crecimiento (tiempo necesario para doblar su masa), la retención de biomasa activa es la clave de la operación de los reactores anaerobios avanzados que permiten operar con bajos tiempos de retención de sólidos.

Las técnicas empleadas de retención de microorganismos en el reactor son:

- Separación externa y recirculación.
- Sedimentación interna
- Inmovilización sobre superficies sólidas.

Cabe destacar los siguientes tipos de reactores:

Con biomasa no soportada:

- Digestor discontinuo convencional
- Reactor de mezcla continua
- Reactor de contacto
- Reactor de lecho suspendido (UASB)
- Reactor Secuencial Batch (SBR)

Con biomasa soportada:

- Filtro anaerobio (AF)
- Película fija
- Reactor de lecho móvil
- Reactor de lecho fluidizado
- Reactor de lecho expandido
- Reactor de contacto con material soporte

Reactores híbridos:

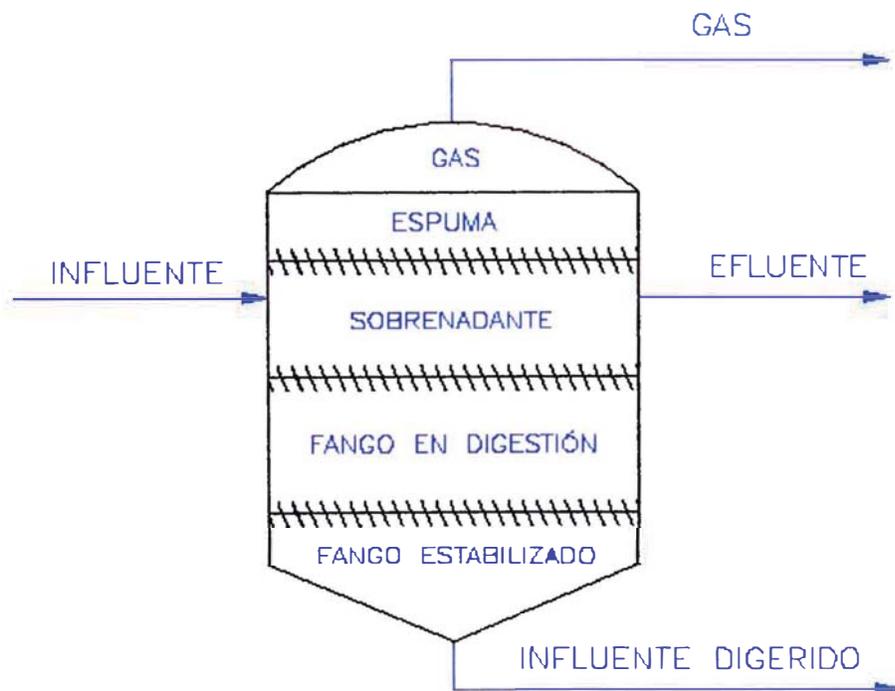
- UASB + Filtro
- UASB granular expandido

Digestor discontinuo convencional.

Este sistema es el más simple. La alimentación es intermitente y el contenido del digestor ni se calienta ni se mezcla.

Este procedimiento no permite controlar las variables del proceso pero su funcionamiento es muy sencillo: el material fresco a digerir se introduce en el digestor junto con el inóculo, que puede ser una parte del residuo de una operación anterior, y se cierra.

En estas condiciones se inicia la digestión, que se mantiene por un periodo de tiempo bastante largo (40 a 100 días). Cuando la producción de gas termina se abre el digestor y se descarga, para empezar una nueva operación con fango fresco. El gas se recoge en una campana flotante en el mismo digestor o en un depósito aparte.



Los parámetros más usuales de esta operación son los siguientes:

Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 0,4-1,6

Tiempo de retención hidráulico (d): 30-60

Reactor de mezcla continua.

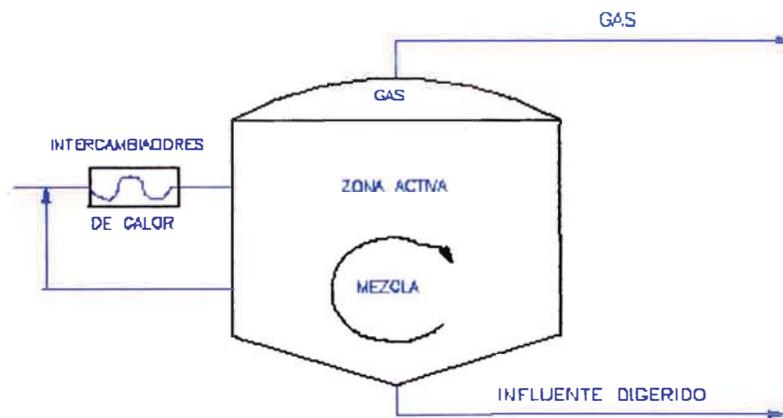
• **En 1 etapa:** Este reactor lleva un sistema de calentamiento de la mezcla y la alimentación entra en el digestor de forma continua reduciéndose con ello el volumen de digestión. Estos reactores operan sin recirculación de parte del influente ingerido.

En este tipo de reactores el TRH es igual al TRS.

El inconveniente que presentan estos digestores es que requieren largos TRH, ya que carecen de medios específicos de retención de la biomasa.

Los TRS mínimos son de 3 a 5 días a 35° C. Para asegurar el funcionamiento del proceso los TRH suelen variar entre 10 y 30 días.

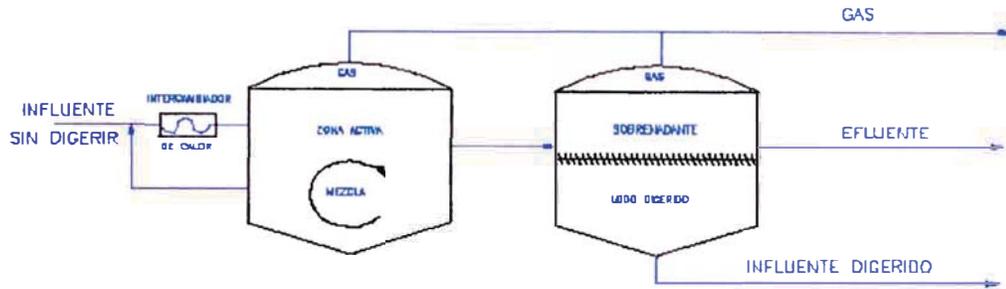
El tiempo de arranque suele oscilar entre 30 y 90 días.



• **En 2 etapas:** El digestor de mezcla completa puede llevar acoplado un segundo tanque de digestión, con la diferencia que este segundo digestor no lleva equipos de agitación y calentamiento.

La misión de estos digestores secundarios es la siguiente:

- Espear el influente digerido.
- Servir de reserva al digestor primario, lo que obliga poner equipos de calentamiento y mezcla.
- Almacenar el influente digerido.
- Constituir un margen de seguridad para evitar la fuga de influentes no digeridos y reducir gérmenes patógenos.



Reactor de contacto.

Fue el primer reactor con retención de biomasa que se diseñó y utilizó sistemáticamente.

El volumen del digestor se reduce y la densidad de carga orgánica o la velocidad de carga orgánica a tratar se incrementan.

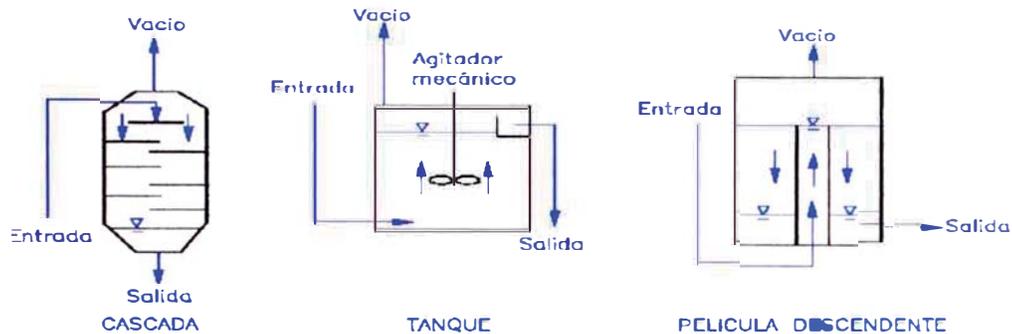
Es un reactor de tanque agitado en el que el arrastre de biomasa activa se controla por un separador y recirculación de fangos.

Las principales diferencias entre los diferentes modelos de reactor de contacto anaerobio son las siguientes:

- Forma de mezclar en el interior del reactor.
- Unidad de desgasificación.
- Tipo de sedimentador.

La mezcla puede realizarse mediante agitación mecánica o por recirculación de gas. La agitación es necesaria para obtener un buen contacto entre la biomasa y el sustrato, para prevenir cortocircuitos en el interior del digestor y para reducir la aparición de regiones con espacios muertos.

Las unidades de desgasificación más comúnmente utilizadas son las siguientes:



En este sistema es necesario un buen funcionamiento de la separación sólido líquido, ya que esta puede ser dificultosa debido al gas asociado a los lodos.

El uso de técnicas de stripping o el enfriamiento del efluente digerido en su camino hacia el sedimentador puede disminuir este problema. Una disminución de la temperatura de 35 a 15 °C define la producción de gas en el decantador y favorece la floculación de los sólidos.

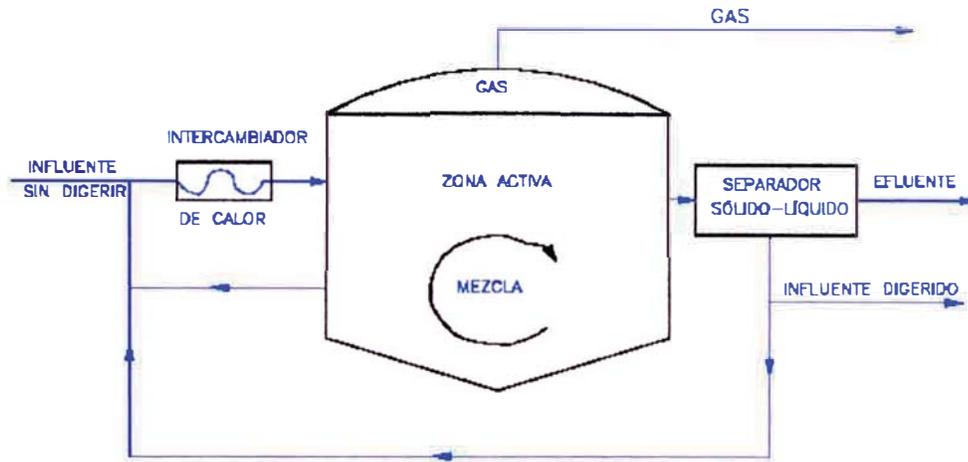
Para facilitar la separación de los lodos del efluente se han utilizado varios métodos. Decantación, decantación-floculación química, flotación, centrifugación y procesos de membrana.

Este proceso está especialmente indicado para el tratamiento de efluentes con cantidades apreciables de sólidos, lentamente digeribles, que sedimenten con facilidad o que se adhieran fácilmente a sólidos sedimentables. Estos sólidos permanecen en el digestor durante periodos superiores al TRH, por lo que son fácilmente degradados.

Los parámetros típicos de operación de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 1-6
- Tiempo de retención hidráulico (d): 5-10
- Concentración de lodos en el interior (Kg SSV/m³): 5-10
- Concentración de lodos en el efluente (Kg SS/l): 0,5-20
- Tiempo de arranque (d): 20-60

Un esquema del proceso será el siguiente:



Reactor de lecho suspendido (UASB)

Su fundamento es la obtención de flóculos bacterianos cuyas buenas características de sedimentación impidan su arrastre fuera del reactor. La etapa de arrastre es crítica en la consecución de flóculos adecuados.

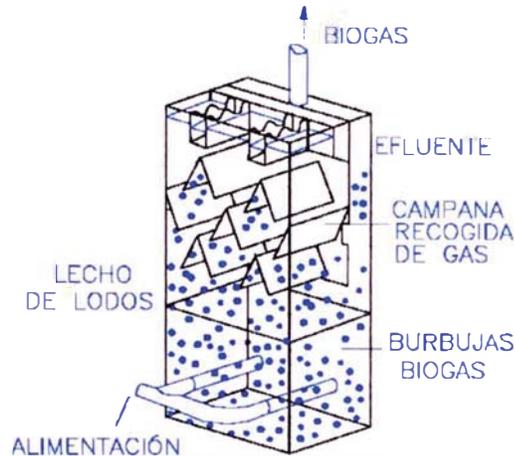
Después de uno o dos meses de funcionamiento se forman flóculos de tamaño considerable. Sobre este lecho de fangos se desarrolla otro lecho formado por gránulos más pequeños, flóculos o burbujas de gas y se encuentra estratificado, siendo más denso y con gránulos más grandes en su zona inferior y más pequeño y con gránulos más pequeños en su zona superior.

Según las condiciones hidráulicas y el sustrato utilizado se puede formar un lodo granulado con muy buenas características de sedimentación y alta actividad metanogénica, que favorece la retención de biomasa.

Las proteínas pueden causar espumas dependiendo de la concentración de los otros compuestos presentes, de la temperatura, carga, adaptación de los lodos, tanto el granular como el floculento. El material particulado no afecta demasiado al lodo granular, el coloidal puede hacer caer la actividad del lodo a altas cargas y los sólidos en suspensión voluminosos pueden llevar al lavado del lodo.

El sistema de recogida de gas-líquido-sólido impide la fuga de flóculos de pequeño tamaño que ascienden que ascienden adheridos a burbujas de gas.

El sistema de sedimentación-desgasificación corresponde al esquema siguiente



Este separador gas-sólido se comporta en realidad como un sedimentador interno y permite que el reactor opere abierto a la atmósfera.

El sistema de distribución del influente en la base del reactor es otra de las claves de operación y en reactores de gran volumen puede ser limitante. El número de puntos de entrada varía entre 1 y 4 por metro cuadrado en la base del tanque, en función del tipo de influente y de la carga orgánica aplicada.

Es deseable que el influente este exento de sólidos no degradables.

Los parámetros de operación más característicos son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 5-30
- Tiempo de retención hidráulico (d): 2-0,2
- Concentración de lodos (g SV/l): 10-60
- Tiempo de arranque (d): 30-90
- Carga orgánica influente (mg DQO/l): 300-80.000

Reactor Secuencial Batch (ASBR)

El digestor anaerobio Secuencial Batch (ASBR) opera en un régimen intermitente de llenado y vaciado. El sistema alterna condiciones de alta carga y de baja carga.

La condición de alta carga consigue que altas proporciones de sustrato se conviertan a biogás. La baja concentración de sustrato cerca del fin de la

secuencia de reacción, consigue que se den unos eficientes resultados de biofloculación y separación de sólidos.

Las etapas de cada secuencia son las siguientes: Colonización, decantación, alimentación y reacción. El ASBR puede ser secuenciado tan frecuentemente como sea posible dentro de las limitaciones de suministrar las necesarias paradas, decantaciones, alimentaciones y tiempos de reacción.

Durante la etapa de parada, la agitación es interrumpida comenzando la separación de la biomasa sólida. El reactor actúa aquí como el clarificador. El tiempo requerido para la clarificación variará dependiendo de la capacidad de colonización de la biomasa, pero oscila entre periodos de 10 minutos y 1 hora.

Desde el punto de vista operacional, es esencial que la capa de fango este bajo una predeterminada elevación de decantación y la capa que no asciende convenientemente, acumula biogás dentro de la biomasa.

La frecuencia de secuenciación y el volumen de alimentación tratado con cada secuencia determinan la carga hidráulica. La concentración de sólidos en suspensión en la mezcla licor (MLSS) en el reactor es una variable importante que afecta a la velocidad de deposición de la biomasa.

La etapa de decantación tiene lugar después de que haya ocurrido una suficiente separación de sólidos. El volumen decantado es normalmente igual al volumen alimentado en la etapa de alimentación. El tiempo de decantación es gobernado por el volumen total que decanta en cada ciclo y el porcentaje de decantación.

Una vez que transcurre la etapa de decantación comienza la etapa de alimentación. En la etapa de alimentación, se adiciona sustrato al digestor. La mezcla se efectúa de forma continua durante la alimentación, incrementándose la concentración de sustrato rápidamente. El volumen de alimentación es determinado por un número básico de factores como son: TRH, carga orgánica, y características colonizadoras del fango.

La etapa de reacción es la más importante en la conversión de la materia orgánica en biogás. El tiempo requerido para cada etapa de reacción depende de múltiples factores, como pueden ser: características del sustrato, requeridas cualidades del efluente, concentración de biomasa y temperatura del residuo.

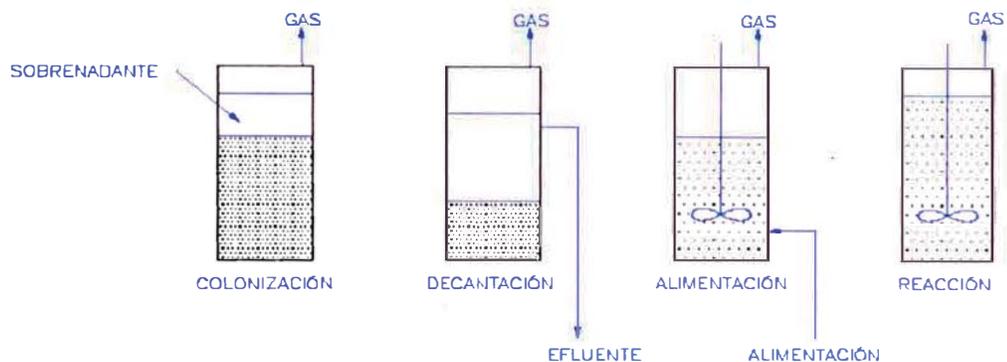
La configuración del reactor es significativa en el desarrollo de los gránulos de fango. Los reactores relativamente altos y delgados suelen formar gránulos

mejores que los bajos y anchos. Algunas veces los reactores más cortos son capaces de acumular concentraciones mayores de la biomasa que en los reactores altos.

La mezcla intermitente es más eficiente que la mezcla continua desde el punto de vista de reducción de la DQO y producción de metano.

Las etapas de estos reactores serán controladas según la producción de gas metano, alimentándose el digestor cuando comienza a descender.

Un esquema del proceso podría ser:



Filtro Anaerobio (AF)

El filtro anaerobio es un reactor de lecho fijo, directamente relacionado con los filtros biológicos.

Aunque el flujo de líquido puede ser ascendente o descendente, la tecnología ascendente es la más consolidada.

La retención de la biomasa se consigue utilizando un material de relleno sobre el que se adhieren los microorganismos. Como se adhieren los microorganismos. Como relleno se han utilizado gran variedad de materiales: cantos rodados, caliza, ladrillo y una especie de anillos plásticos, que proporcionan multitud de canalillos y gran área superficial.

La mayor parte de la biomasa activa se encuentra en suspensión entre los espacios vacíos del soporte, y una cantidad menor adherida a la superficie del mismo. Aunque el tipo de material de relleno y su superficie específica no parece jugar un papel especial en la marcha del proceso, su geometría puede determinar la eficacia del proceso.

En este proceso, el propio relleno actúa como separador de gas, proporcionando zonas de reposo para la sedimentación de los fangos que se encuentran en suspensión. El reactor es en gran medida un reactor de fangos suspendidos y el sistema de distribución de líquido en la parte inferior del reactor es crítico para la obtención de un comportamiento óptimo.

Los reactores suelen ir provistos de un sistema de recirculación del líquido tratado. El empleo de recirculación puede ser crítico en la fase de arranque.

En el funcionamiento del reactor interfieren los sólidos suspendidos inertes y los digeribles que sedimentan rápidamente, y que se acumulan en los espacios intersticiales. Esta acumulación, la dispersión hidráulica, acción de mezcla de las burbujas de gas ascendente y otros factores físicos son los causantes de cortocircuitos y de la desviación de flujo ideal.

La mayoría de los reactores que se instalan en la actualidad con esta tecnología son de tipo híbrido.

Las características típicas de los filtros anaerobios son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 1-12
- Tiempo de retención hidráulico (d): 3-0,75
- Concentración de lodos (g SV/l): 10
- Tiempo de arranque (d): 30-60
- Carga orgánica influente (mg DQO/l): 400-30.000

Un esquema del proceso puede ser:



Reactor de película fija

Este reactor es en realidad un filtro anaerobio con el relleno orientado, para impedir la colmatación. Las bacterias se adhieren y crecen sobre tubos de sección circular.

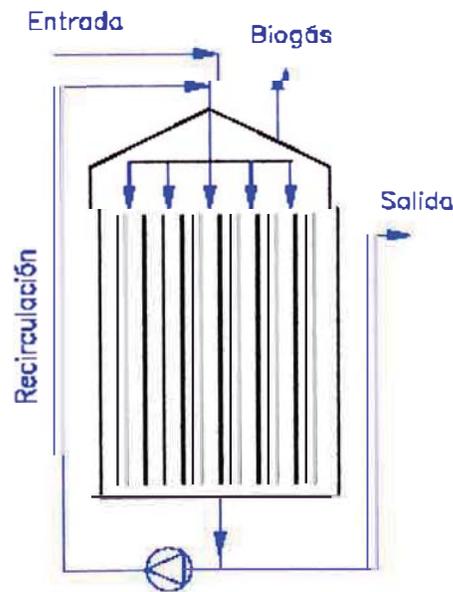
Aunque inicialmente se utilizaron flujos ascendentes y descendentes en la práctica, el flujo descendente ofrece mejores características de operación.

Conviene destacar que:

- Los flujos de líquido y de gas se producen en contracorriente, lo facilita la transferencia de materia.
- No se precisan sistemas sofisticados de distribución de líquido.
- Los sólidos suspendidos no se acumulan en el reactor sino que se arrastran con el efluente.

La carga orgánica admitida y el espesor de la película dependen de la característica de la superficie del tubo y de la composición del agua a tratar. El espesor efectivo de la película está limitado por fenómenos de difusión. El área específica se limita a $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$, ya que los canales pueden tener un diámetro mínimo para impedir que se llenen completamente con la película.

Un esquema de este reactor será el siguiente:



Reactor de lecho móvil

Este reactor es bueno para aguas residuales industriales, ya que se asegura un amplio rango de tolerancia a fluctuaciones en las condiciones de operación.

Los microorganismos se fijan al medio inerte, que ahora es un plástico móvil a través de los lodos o de las aguas negras.

Un ejemplo de este tipo de digestores es el reactor de disco rotativo, en el cual el medio puede ser sumergido parcial o totalmente.

La velocidad entre el medio y las aguas negras, adopta el papel de control de la biopelícula, a la que a la vez que las aguas negras tratadas junto con el exceso de lodos abandonan el reactor.

Reactor de lecho fluidizado

En este tipo de reactores, los microorganismos se adhieren al medio inerte del soporte, que puede ser arena o grava.

El medio, que es fluidizado, está cubierto con una biopelícula, se expande debido a una velocidad vertical alta, obtenida por un alto grado de recirculación.

La expansión del lecho es controlada por una velocidad vertical y el nivel de salida. La producción de gas puede crear espumas y flotación en la cabeza del digestor, condiciones indeseables, que se deben controlar por medios hidráulicos o mecánicos con el fin de impedir el escape de las partículas junto al líquido tratado.

La cantidad de soporte añadido es alrededor del 10% del digestor.

Las partículas empleadas en el reactor son muy pequeñas (0,2-1 mm), por lo que obtienen áreas específicas muy altas (2000-5000 m²/m³). En consecuencia el espesor de la capa activa de la biomasa es pequeño, inferior a 1 mm, por lo que evitan las limitaciones difusionales.

Eligiendo partículas de diámetro y densidad adecuadas, se consiguen elevadas cantidades de sedimentación de las biopartículas que constituyen el lecho (50 m/h). Esto permite mantener una suspensión concentrada de biomasa aunque la velocidad superficial del líquido sea muy alta. Para conseguir las elevadas velocidades necesarias, es necesario operar con grandes volúmenes de recirculación por lo que la concentración de agua residual a tratar tiene relativamente poca importancia. El comportamiento del reactor de lecho

expandido depende en gran medida de la buena distribución de flujo a la entrada, sobre todo en los reactores de gran diámetro.

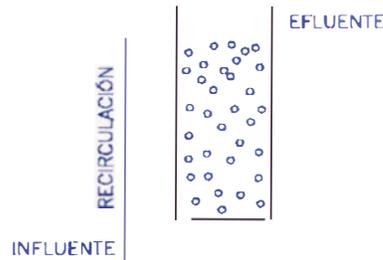
El agua residual susceptible de ser tratada por este proceso, deberá tener materia orgánica disuelta o sólidos suspendidos fácilmente degradables.

La principal limitación del proceso radica en la necesidad de mantener un flujo ascensional elevado y uniforme, que implica un consumo de energía mayor, por lo que el rendimiento energético es menor que en otros reactores.

Para este reactor, los parámetros de operación utilizados han sido los siguientes:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 10-40
- Tiempo de retención hidráulico (h): 10-2
- Concentración de lodos (kg SSV/l): 10-40
- Tiempo de arranque: 2-3 meses

Un esquema de este reactor será:



Reactor de lecho expandido

En este tipo también los microorganismos se adhieren al medio inerte soporte, que puede ser arena, grava, antracita o plástico. El diámetro de los granos es comparable al del usado en los lechos fluidizados, pero con frecuencia ligeramente más gruesa.

El medio cubierto por la biopelícula se expande debido a una velocidad vertical suficientemente alta (2-10 m/h), obtenida por un alto grado de reciclado. La expansión del lecho se mantiene en un nivel donde todas las partículas guardan todavía un nivel dentro del lecho.

La cantidad añadida es alrededor del 10% del volumen del digestor y el diámetro de las partículas es de 0,3 a 30 mm

Los parámetros típicos de operación en este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 5-50
- Tiempo de retención hidráulico (d): 1-10
- Concentración de lodos (g SSV/l): 10-30
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0-5
- Tiempo de arranque (d): 30-70

La mayor parte de las ventajas atribuibles a este sistema derivan de la elevada concentración de biomasa activa sobre las partículas de soporte y las elevadas tasas de recirculación, lo que hace al digester menos sensible a componentes tóxicos del influente.

Reactor de contacto con material soporte (CASPER)

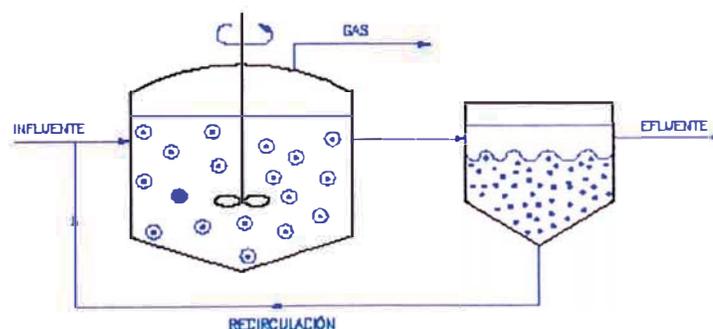
Este proceso es prácticamente idéntico al contacto interno; la adición de material soporte es muy limitada. El tamaño de las partículas oscila entre 5 y 25 micrómetros, tienen baja velocidad de sedimentación y pueden mantenerse en suspensión con bajo grado de agitación.

Un pequeño porcentaje de bacterias es soportado por estas partículas mientras un alto porcentaje de biomasa activa permanece como flóculos en suspensión. La fase principal del proceso es la separación sólido / líquido.

Los parámetros típicos de este proceso son:

- Densidad de carga orgánica (Kg DQO/m³/d): 4-25
- Tiempo de retención hidráulico (d): 0,25-2
- Concentración de lodos (g SSV/l): 5-15
- Concentración en el efluente (g SS/l): 0,5-10
- Tiempo de arranque (d): 20-60

Un esquema del reactor será:



5.9. Selección de la alternativa de tratamiento a emplear

Con respecto a los sistemas de tratamiento, se optó por el sistema de digestión anaerobia debido a que existen abundantes investigaciones e informaciones bibliográficas que confirman que es factible el tratamiento de lodos por este método.

Por otro lado (si bien los costos de inversión son mayores) la digestión anaerobia tiene beneficios como son la eliminación de malos olores, se requiere de menor superficie, otro factor importante es que en estos sistema disminuye progresivamente la cantidad de volumen de lodo inicial generando subproductos que traen consigo beneficios, como es el biogás que puede ser aprovechado como combustible y un lodo con características físicas, química y biológica adecuadas para su posible aprovechamiento en la agricultura.

Se opto por el sistema de digestión en suspensión de alta carga debido a que es un sistema sencillo, económico y que ha sido ampliamente aceptado como el método mas adecuado para obtener un producto final aséptico.

Otro factor importante es que en los sistemas en suspensión se usan para tratar desechos que contiene material particulado biodegradable, a diferencia de los sistemas de película adherida que son más adecuados para el tratamiento de desechos orgánicos solubles.

6. OBJETIVOS

6.1 General:

- Determinar la magnitud, de la disminución de volumen de lodos producidos en Planta de Puente Piedra como consecuencia de la digestión anaerobia.

6.2 Específicos:

- Determinar la producción de metano y Ácido Sulfhídrico, en relación al lodo digerido en el proceso anaerobio completo.
- Determinar la disminución de la carga de parásitos y Bacterias patógenas, debido a la digestión anaerobia del lodo.
- Determinar el grado de estabilización del lodo por la digestión anaerobia.
- Determinar las variables de control del proceso de digestión anaerobia.

7. METODOLOGIA

7.1. Extracción y Caracterización de Lodo

7.1.1. Recopilación de información

Se recopiló información por medio de literatura e investigaciones para determinar los parámetros más relevantes en la caracterización de los lodos. Paralelamente se averiguaron los parámetros de control y variables de respuesta involucradas en el proceso de digestión anaerobia siendo los más relevantes pH, Temperatura, alcalinidad, ácidos grasos volátiles, DQO y Sólidos totales y volátiles.

7.1.2. Extracción de lodo

La extracción de lodos se realizó de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra perteneciente a la empresa SEDAPAL (Servicio de agua potable y alcantarillado de Lima) que opera sobre una extensión de 6 hectáreas, ubicada en el distrito de San Martín de Porres, se extrajo la muestra de lodos del tanque de homogenización (ver Figuras 25).



FIGURA 25. EXTRACCIÓN DE LODOS DEL TANQUE DE HOMOGENIZACION

7.1.3. Caracterización de lodos

Una vez en el laboratorio se implementaron y adaptaron los métodos de análisis para la caracterización del lodo crudo. En la Tabla 19 se presentan los métodos analíticos que se utilizaron para los análisis y las mediciones que se efectuaron en el desarrollo del presente trabajo.

TABLA 19.- PARAMETROS ANALIZADOS

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO
pH		pH-metro
Temperatura	°C	Termómetro
Sólidos totales	mg/L	Evaporación a 105°C
Sólidos volátiles	mg/L	Calcinación a 550°C
Demanda química de oxígeno	mg/L	Colorimétrico
Nitrógeno total Kjeldhal	mg/L	método 4500-Norg
Nitrógeno amoniacal	mg/L	método 4500-NH3
Nitrógeno orgánico	mg/L	método 4500-Norg
Carbono orgánico total	mg/L	volumétrico
Alcalinidad	mg/L	potenciométrico
Ácidos grasos volátiles	mg/L	Método de destilación

LOS ANALISIS SE HAN REALIZADO TOMANDO EN CUENTA LOS "MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES 19 EDICION"

7.2. Montaje y Puesta en Marcha del Reactor Anaerobio

7.2.1. Montaje del reactor anaerobio

Para el desarrollo de la investigación se construyó un reactor metálico cincado (el cincado es un proceso electrolítico que se le realiza al metal para protegerlo de la corrosión) con una capacidad de 15 litros (ver Figuras 26).

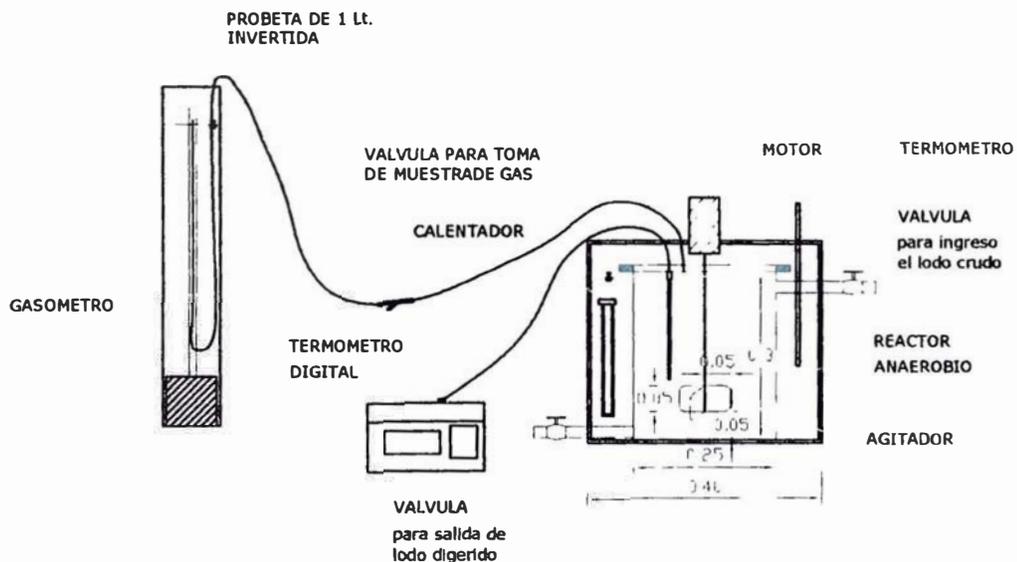


FIGURA 26.- ESQUEMA GENERAL Y PARTES DEL REACTOR ANAEROBIO – PLANTA PILOTO

En la parte superior del digestor se perforaron tres salidas, por la primera salida se conduce el biogás a un dispositivo de medición (gasómetro), en la segunda salida se utilizó para introducir un lector de temperatura, así poder medir la temperatura al interior del reactor en toda la etapa de operación, para asegurar que ocurra una mezcla continua entre los microorganismos y el lodo alimentado se instaló un agitador que gira con un motor a 24 RPM cada 20 minutos durante 10 minutos.

Para el ingreso del lodo crudo se instaló una válvula de $\frac{3}{4}$ " en la parte superior de la pared del reactor y para la toma de muestra o salida del lodo digerido se

colocó una válvula de $\frac{3}{4}$ " en la parte baja de la pared del reactor tal como se puede ver en el figura 27.

El gasómetro se construyó por medio de una probeta invertida sumergida en un recipiente con agua, en el cual es posible cuantificar el volumen de biogás capturado, a su vez la manguera que conduce el gas contiene un juego de llaves para la toma de muestra, con la finalidad de conocer la composición de los gases, (ver Figura 27) .

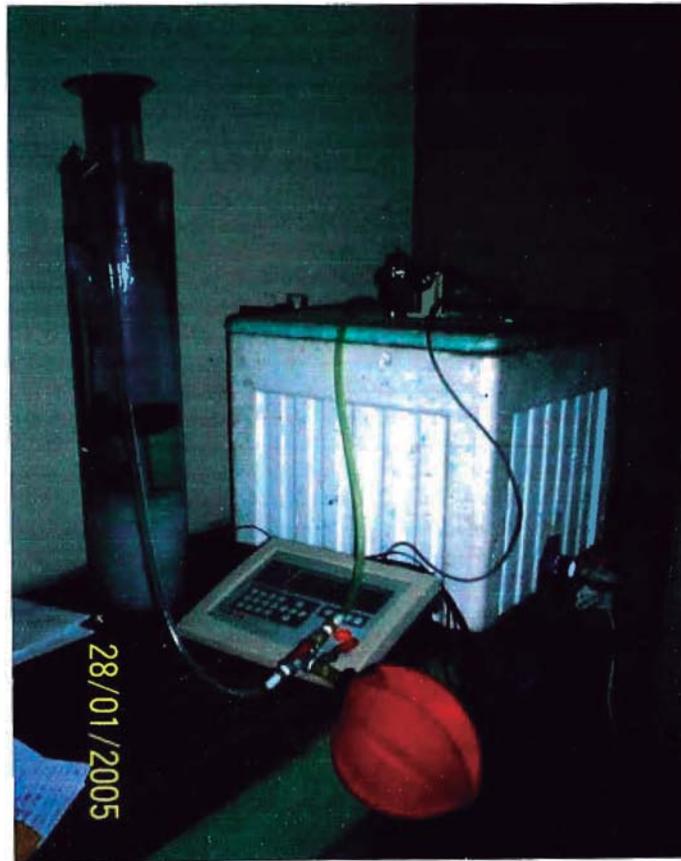


FIGURA 27.- REACTOR ANAEROBIO – PLANTA PILOTO

Para asegurar los requerimientos de temperatura se introdujo el reactor en una cámara aislante hecho de material de tecknopor el cual se lleno de agua y se introdujo un termocalentador que eleva el agua a una temperatura de 33°C para la verificación de esta temperatura se introdujo un termómetro (ver figura 28).

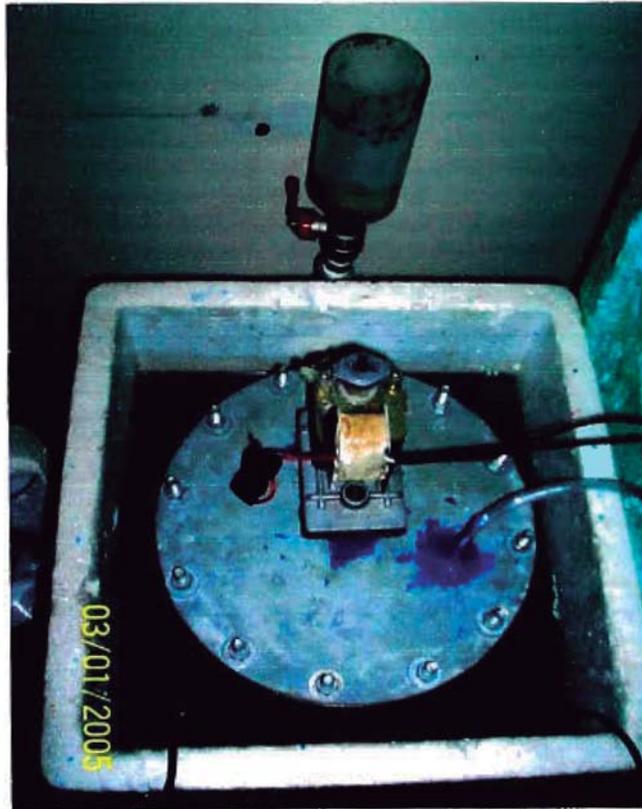
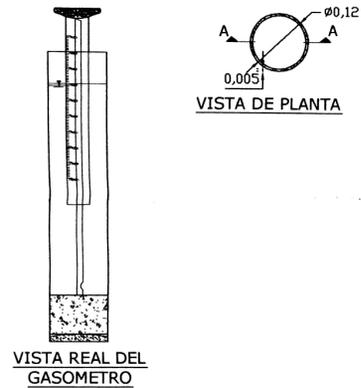
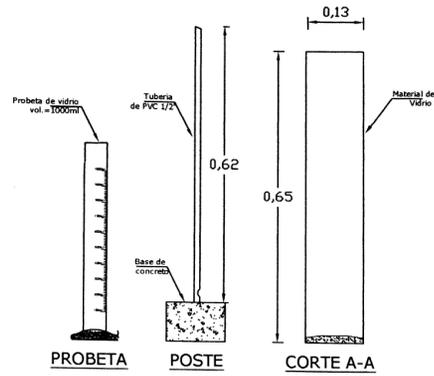
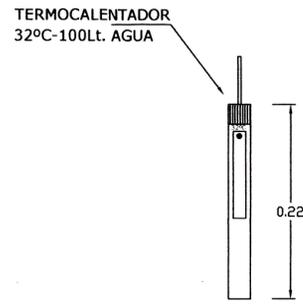


FIGURA 28.- REACTOR EN CAMARA AISLANTE PARA CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE TEMPERATURA

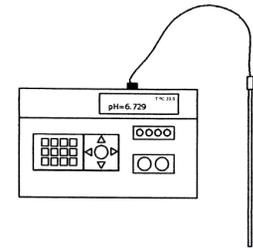


GASOMETRO

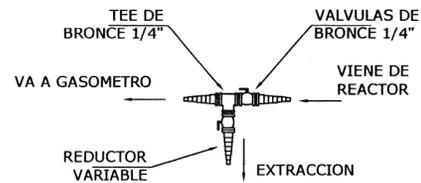
ESC: 1/10



TERMOCALENTADOR

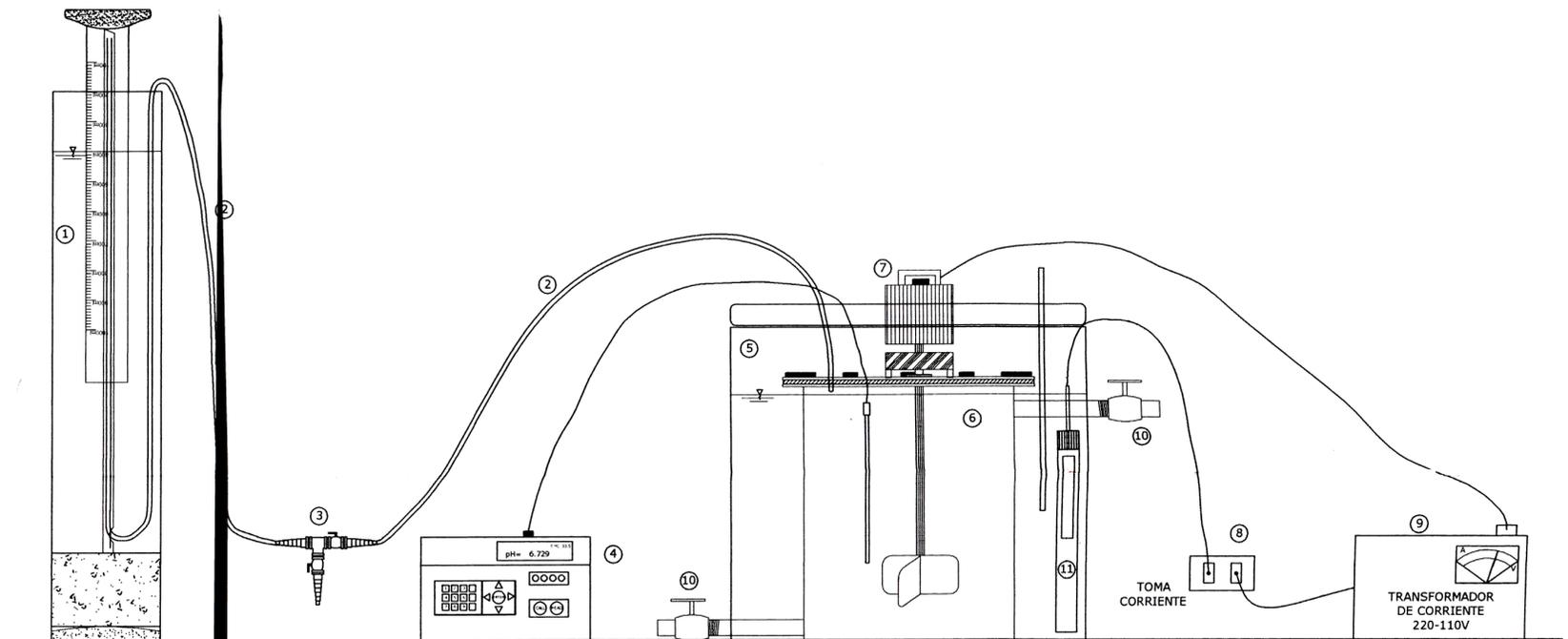


pH/TERMOMETRO DIGITAL MARCA CORNING PH/ION METER 450



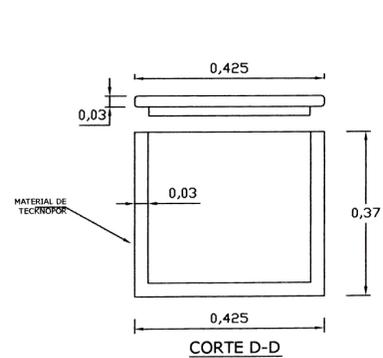
VALVULAS PARA LA EXTRACCION DE GAS

ESC: 1/5

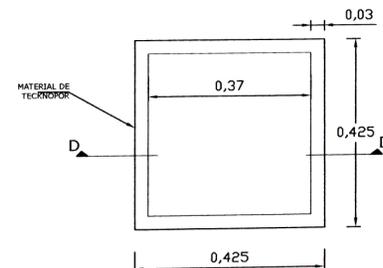


VISTA EN CORTE DE PLANTA PILOTO INSTALADA EN LABORATORIO - UNI/FIA

ESC: 1/5



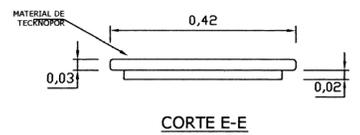
CORTE D-D



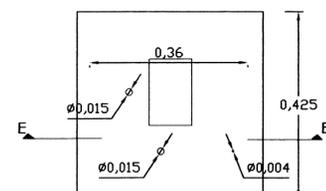
VISTA DE PLANTA-CAMARA AISLANTE

CAMARA AISLANTE

ESC: 1/10

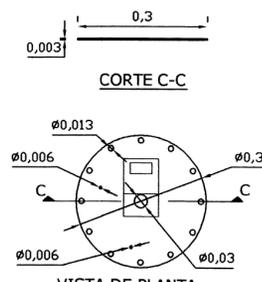


CORTE E-E



VISTA DE PLANTA-TAPA

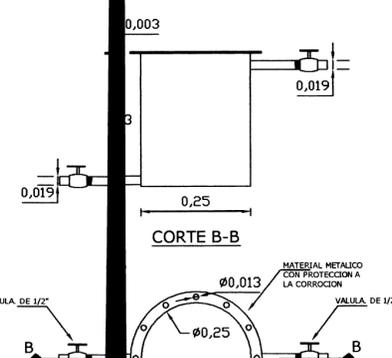
VISTA DE CAMARA AISLANTE



CORTE C-C

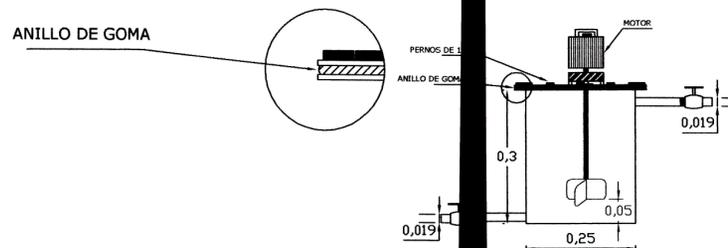
VISTA DE PLANTA

TAPA METALICA



CORTE B-B

VISTA DE PLANTA REACTOR



AGITADOR ELECTRICO

ESC: 1/10

REACTOR CON AGITADOR ELECTRICO

ESC: 1/10

LEYENDA

COMPONENTES DE LA PLANTA PILOTO

- 1.- GASOMETRO
- 2.- MANGERA DE 5MM
- 3.- JUEGO DE VALVULAS PARA LA EXTRACCION DE GAS
- 4.- pH/TERMOMETRO DIGITAL
- 5.- CAMARA AISLANTE CON AGUA
- 6.- REACTOR
- 7.- MOTOR ELECTRICO DE 23.5 RPM
- 8.- TOMA CORRIENTE
- 9.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE 220 A 110 V
- 10.- VALVULAS DE 3/4"
- 11.- TERMOCALENTADOR DE 32°C-100lt

TITULO DE TESIS:	DISEÑO, CONTRUCCION Y OPERACION DE PLANTA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PUENTE PIEDRA		
TESISTAS:	MANUEL ANGEL PERCCA ALAMO KATTY MILAGROS ENCARNACION MELO		
PLANO:	DISEÑO DE PLANTA PILOTO	LAMINA:	D-01
ASESOR:	ING. OTTO ROSASCO GERKES	ESCALA:	1/10
ESPECIALISTA:		FECHA:	SEPTIEMBRE 2007

7.2.2. Inóculo y nutriente utilizado

En la primera parte del estudio fue importante tener un lodo que presentara las características microbiológicas adecuadas para operar a temperaturas mesofílicas entre 30 y 35°C. Por lo que el reactor fue inoculado con lodo extraído de un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) de una altura de 1.5m procedente de la planta de tratamiento de aguas residuales UNITRAR.



FIGURA 29.- INÓCULO EXTRAIDO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - UNITRAR

El objetivo fue asegurar la aportación de poblaciones microbianas anaerobias que permitieran reducir los tiempos de aclimatación de las bacterias involucradas. Las condiciones que presentó el inóculo se resumen en la tabla 20.

TABLA 20.- CARACTERISTICAS DEL LODO EXTRAIDO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - UNITRAR

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH		7.5
Temperatura	°C	25-30
Sólidos Totales	mg/L	820
Sólidos volátiles	mg/L	292

Adicionalmente se utilizó glucosa como nutriente ya que es fácil de ser asimilada por los microorganismos.

La cantidad de glucosa añadida fue de 13.3 g diluida en 1 litro de agua destilada, este valor se obtiene debido a que la glucosa requiere 1.07 g de oxígeno por gramo de glucosa para ser descompuesta, la DQO (demanda química de oxígeno) de nuestra muestra de lodo a estabilizar es de 14,224 mg/L. dividiendo este último valor con el 1.07 se obtiene la cantidad de glucosa a añadir que es 13.3 g de glucosa. (Jairo A. Romero Rojas).

7.2.3. Puesta en marcha de la Planta Piloto

7.2.3.1. Ensayo de comprobación

Para realizar la comprobación del buen funcionamiento de los componentes de la planta piloto se realizó un ensayo de puesta en marcha, esta consistió en poner en operación la planta piloto.

Para iniciar la operación se introdujo al reactor 1000 ml de lodo extraído de la planta de tratamiento de aguas residuales de UNITRAR y 13.3 g de glucosa diluida en agua destilada, este último se añadió durante 5 días, la operación para la comprobación de los componentes de la planta piloto se realizó durante 7 días.

Los resultados obtenidos durante este tiempo de operación; se encontró que el reactor no era hermético presentando fuga de gas, esto fue debido a la empaquetadura o anillo de jebes que hay entre el reactor y la trapa del mismo el cual están unidos por un juego de 12 pernos de ½" este fue uno de los principales problemas encontrados durante la operación de ensayo de la planta piloto, el problema fue solucionado con el cambio de empaquetadura por uno de menor rigidez; se comprobó que el agitador gira cada 20 minutos durante 10 minutos y se verificó con un termómetro que el termocalentador de 32° C llega a calentar el agua a una temperatura de 33°. Se revisó que ocurra el funcionamiento correcto de los equipos como es el gasómetro que no presente fugas o mal funcionamiento, que el reactor no presentara fugas de gas y de líquido, se verificó el control de la temperatura y se chequeó el buen funcionamiento del motor que realiza el mezclado.

7.2.3.2. Puesta en marcha

Una vez comprobada el adecuado funcionamiento del sistema se comienza la puesta en marcha.

Inicialmente el digestor se alimentó con inóculo proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales UNITRAR. Se agregó al reactor un volumen de inóculo de 1000 ml y 13.3 g de glucosa diluida en 1000 ml de agua destilada,

donde se aclimataron los lodos con el fin de asegurar una concentración de biomasa activa anaerobia, con la capacidad de poder degradar el lodo crudo.

El día dos se alimento el reactor con 500 ml de lodo crudo proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra y 13.3 g de glucosa diluida en 1000 ml de agua destilada como nutriente adicional esta misma operación se realizo durante tres días.

El día siete se redujo la proporción de glucosa a la mitad esto quiere decir que solo se añadió 6.8 g de glucosa diluido en 500 ml de agua destilada y se aumento el volumen de lodo crudo añadido a 1000 ml.

El día ocho se redujo nuevamente la proporción de glucosa a la mitad esto quiere decir que solo se añadió 3.4 g de glucosa diluido en 250 ml de agua destilada y se mantuvo el volumen de lodo crudo añadido a 1000 ml.

El día nueve se deja de añadir glucosa y solo se alimenta el reactor con lodo crudo, añadiendo un volumen de 1500 ml, esta operación se lleva acabo hasta completar un volumen de 15 litros de lodo crudo.

El día once se comienza el monitoreo de los parámetros de operación del reactor anaerobio este monitoreo se realizo durante 8 semanas.

El día 13 se realizo los primeros análisis de gas metano, dando resultados 6.45% en volumen de metano, esto quiere decir que el reactor ya ha comenzado a estabilizarse y las bacterias estrictamente anaerobias como son las bacterias productoras de metano comienzan a generarse, la generación de una biomasa estrictamente anaeróbica es un buen indicador de que no habido inhibición por sustrato.

Para el día veinte de operación los parámetros operacionales están dentro de los rangos recomendados por algunos autores, y la producción de metano es de 44.76 % en volumen, todo esto quiere decir que el reactor ya se a estabilizado por lo que podemos decir que el periodo de retención es de 20 días.

Como ya hemos dicho el monitoreo se da durante 8 semanas, las semanas restante se ve la reducción de parámetros como SSV, DQO y el comportamiento de los parámetros operacionales. Los resultados de todos estos análisis se discutirá mas adelante.

7.3. Operación del reactor

Después de la aclimatación del lodo extraído de la planta de puente piedra, se comenzó a operar el reactor anaerobio, con un tiempo de residencia de 8 semanas, finalizando el proceso con la disminución de la demanda química de oxígeno (DQO), que es el parámetro más crítico de operación. Una vez que el lodo fue digerido, se realizó una última caracterización con el objetivo de comprobar la eficiencia del sistema de digestión para tratar el lodo extraído de la planta de tratamiento de aguas residuales de puente piedra.

7.3.1. Parámetros de operación.

Los parámetros de control y variables de respuesta del digestor anaerobio se presentan en la tabla siguiente. Se incluyen los periodos de caracterización.

TABLA 21. PARÁMETROS Y ANÁLISIS EVALUADOS.

PARÁMETROS	ANÁLISIS	TIEMPO DE MEDICIÓN
FISICO	Temperatura	Diaria
	pH	Diaria
	Sólidos totales y volátiles	Tres veces por semana
QUIMICO	DQO	Tres veces por semana
	Alcalinidad	Diario
	Ácidos Grasos Volátiles	Tres veces por semana
	Relación de Ácidos grasos volátiles/ alcalinidad	Tres veces por semana
	Composición de metano	Una vez por semana
	Composición H ₂ S	Una vez por semana

8. METODOS Y MATERIALES

8.1. Metodología

Los análisis se realizaron al lodo crudo traído de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra y al lodo digerido extraído del reactor piloto, de este último se recogió la muestra de biogás que fue producido a lo largo del periodo de operación de la planta. A continuación se nombra los parámetros utilizados y la metodología así como la bibliografía utilizada para cada uno de ellos.

8.2. Determinación del Valor de pH

El pH es la forma común de expresar la concentración del ión hidrógeno en las soluciones acuosas:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Se midió directamente sobre la muestra, a través de un electrodo, en un pHmetro de (marca Corning pH/ion meter 450). Se realizó la calibración con disoluciones tampón estándar de pH 7 y 4. La resolución de las lecturas es de 0,001 unidades de pH y la precisión de +/- 0.001.

8.3. Determinación de Temperatura

La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía.

Se midió directamente sobre la muestra, a través de un electrodo ubicado al interior del reactor, el equipo utilizado es un pHmetro de (marca Corning pH/ion meter 450).

8.4. Determinación de Alcalinidad

Alcalinidad parcial, total y relación de alcalinidad

La alcalinidad de un agua es su capacidad para aceptar protones y por lo general se debe a los componentes de bicarbonato, carbonatos, e hidróxidos de aguas naturales o tratadas. Se determina por titulación con una solución valorada de un ácido mineral fuerte, dependiendo el punto final del pH (pH 4.3). El método estándar (2320B) propuesto en *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales* (APHA, 2005), consiste en la valoración con un ácido fuerte hasta pH 4.3. A pH 4.3 más del 99% del bicarbonato del sistema es convertido a CO₂. Sin embargo al hacer esta valoración se considera más del 80% de los ácidos grasos volátiles, compuestos presumiblemente abundantes en los sistemas anaerobios. Por ello la utilización de la valoración hasta pH 5.75, se ajusta mucho mejor al valor real de alcalinidad debido al bicarbonato. En el presente trabajo se propone hacer una valoración de la alcalinidad en dos pasos, primero a 5.75 y posteriormente a 4.3. Tomando estos dos puntos finales se definen tres parámetros de medida de la alcalinidad: alcalinidad total (AT) medida a pH 4.3; alcalinidad parcial (AP), asociada a la alcalinidad del bicarbonato, medida al punto de pH 5.75 y alcalinidad intermedia (AI), asociada a la concentración de AGV, estimada como diferencia de ambas. La valoración se realizó con ácido clorhídrico de normalidad exacta conocida con medida continua del pH, hasta los dos puntos citados. El instrumento utilizado fue el mismo que el utilizado para medir pH. El cálculo de la alcalinidad se realizó utilizando las siguientes expresiones.

Cálculo de la alcalinidad parcial:

$$\text{Alcalinidad Parcial (ppm CaCO}_3\text{)} = \frac{V_2 \times N_{hcl} \times 50 \times 1000}{V_1}$$

Donde:

V₂ = Volumen de HCl gastados al titular hasta un pH 5,75

V₁ = Volumen de muestra

Cálculo de la alcalinidad total:

$$\text{Alcalinidad Total (ppm CaCO}_3) = \frac{V_3 \times N_{\text{HCl}} \times 50 \times 1000}{V_1}$$

Donde:

V3 = Volumen de HCl gastados al titular hasta un pH 4,3

V1 = Volumen de muestra

Cálculo de relación de alcalinidad:

$$\text{Relación de Alcalinidad (AI)} = \frac{V_3 - V_2}{V_2}$$

8.5. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (Sst), Sólidos Suspendidos Fijos (Ssf) y Sólidos Suspendidos Volátiles (Ssv)

La determinación del contenido de sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos fijos (SSF) y sólidos suspendidos volátiles (SSV) se realizó de acuerdo con el método 2540 E de *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (APHA, 2005).

Determinación de sólidos totales

Materiales:

- 1 Baso de precipitado de 50 ml
- 1 pipeta de 10 ml
- 1 Probeta de 25 ml
- 1 Piseta
- 1 cápsula de evaporación de porcelana
- 1 Balanza analítica con lectura a 0.001g
- 1 Pinza

Equipos.

- 1 Plancha de calentamiento
- 1 Horno (binder)
- 1 Mufla (vianet)
- 1 desecador
- 1 centrífuga

Procedimiento

- Se tomo una muestra de 25 ml
- Se peso la cápsula de evaporación la cual se encuentra ya acondicionada.
- se lleva la cápsula de evaporación a la plancha de calentamiento se vierte la muestra y se evapora la parte liquida a 60°C
- Ya evaporada la parte liquida, se lleva la cápsula al horno de secado a 105°C por una hora.

Después del secado a 150°C, se coloca la cápsula al desecador para enfriar, luego se procede a pesar.

Con el cual se calcula los ST, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos Totales (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volumen muestra (ml)}}$$

Donde:

A= pesos de la cápsula + la muestra secada a 105°C

B= peso de la cápsula

- Luego esta misma muestra después de secada a 105°C y pesada se lleva a calcinar a la mufla durante 15 minutos a 550°C.
- Una vez calcinada la muestra se lleva al desecador para enfriar, luego se procede a pesar.

Con el cual se calcula los SFT, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos Fijos Totales (mg/L)} = \frac{(C - B) \times 1000}{\text{volumen muestra (ml)}}$$

Donde:

B= pesos de la cápsula

C= peso de la cápsula + la muestra calcinada a 550°C

Para el cálculo de los SV se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos Volátiles Totales (mg/L)} = \text{Sólidos Totales} - \text{Sólidos Fijos Totales}$$

Determinación de los sólidos disueltos:

Los materiales y equipos utilizados en este caso son los mismos que se utilizo para la determinación de sólidos totales. El procedimiento para la determinación de los sólidos disueltos y los sólidos disueltos fijos es similar al procedimiento anterior la única diferencia es que la muestra primero será centrifugada a 1000 rpm, luego se seguirá el mismo procedimiento.

El cálculo se realizara con la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos Disueltos (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volumen muestra (ml)}}$$

Donde:

A= pesos de la cápsula + la muestra centrifugada secada a 105°C

B= peso de la cápsula

$$\text{Sólidos Disueltos Fijos (mg/L)} = \frac{(C - B) \times 1000}{\text{volumen muestra (ml)}}$$

Donde:

B= pesos de la cápsula

C= peso de la cápsula + la muestra calcinada a 550 °C

Para el cálculo de los Sólidos Volátiles Disueltos (SVD) se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos Volátiles Disueltos (mg/L)} = \text{Sólidos Disueltos} - \text{Sólidos Fijos Disueltos}$$

Determinados estos valores se procederá a determinar lo sólidos suspendido.

Determinación de los Sólidos Suspendidos:

$$\text{Sólidos Suspendidos (mg/L)} = \text{Sólidos Totales} - \text{Sólidos Disueltos}$$

$$\text{Sólidos Suspendidos Fijos (mg/L)} = \text{Sólidos Fijos Totales} - \text{Sólidos Disueltos Fijos}$$

$$\text{Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/L)} = \text{Sólidos Volátiles Totales} - \text{Sólidos Volátiles Disueltos}$$

8.6. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda biológica de oxígeno, también denominada demanda bioquímica de oxígeno, (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. Fue determinado mediante el método 5210 B – Prueba ROB de 5 días, norma utilizada Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.

Preparación del agua de dilución:

Materiales:

1 frasco lavador
 Agua destilada
 1 balanza analítica
 1 espátula

Equipo:

1 difusor

Reactivos

A.- Solución Tampón de Fosfatos:

8,5	gr	-----	KH ₂ PO ₄
21,75	gr	-----	K ₂ HPO ₄
33,4	gr	-----	Na ₂ HPO ₄ H ₂ O
1,7	gr.	-----	NH ₄ Cl

Se diluye a 1 lt.

B.- Solución de Sulfato de Magnesio

22,5	gr	-----	MgSO ₄ .7H ₂ O
------	----	-------	--------------------------------------

Se diluye a 1 lt.

C.- Solución de Cloruro de Calcio

27,5	gr.	-----	CaCl ₂
------	-----	-------	-------------------

Se diluye a 1 lt.

D.- Solución de Cloruro Ferrico

0,25 ----- $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Se diluye a 1 lt.

Preparación:

- Se aireo el agua destilada con el difusor durante una hora
- Preparamos las soluciones: Solución Tampón de Fosfatos, Solución de Sulfato de Magnesio, Solución de Cloruro de Calcio, Solución de Cloruro Ferrico.
- Se añadió 1 ml de las soluciones mencionadas anteriormente por cada litro de agua destilada aireada.

Determinación del Oxígeno Disuelto

Materiales:

16 frascos de 300 ml con tapa esmerilada

4 pipetas de 10 ml

1 pipeta de 1 ml

1 fiola 100ml

1 fiola corregida a 201 ml

1 bureta

1 erlenmeyer de 500ml

Reactivos

Sulfato Manganoso

Yoduro de Nitruro Azida

Acido Sulfúrico Concentrado

Tiosulfato de Sódio 0,025N

Almidón (indicador)

Equipos

Incubadora a 20°C

Procedimiento de preparación de las muestra en los frascos y diluciones realizadas para el proyecto:

- Añadir a los frasco de 300ml el agua destilada hasta un volumen aproximado de 150ml, después adicionar la muestra los volúmenes de las muestra dependerá de la diluciones elegidas y deberá hacerse por duplicado cada una de las diluciones para ser analizados al inicio y después de ser encubado a los 5 días, luego enrase el frasco con el agua de dilución.

DILUCIONES UTILIZADAS EN EL PROYECTO

DILUCIONES PARA LODO ESTABILIZADO	VOLUMEN AÑADIDO (ml)	DILUCIONES PARA LA PARTE SOLUBLE DEL LODO ESTABILIZADO	VOLUMEN AÑADIDO (ml)
0.02%	0.06	5%	15
0.1%	0.3	1%	3
0.5%	1.5	0.2%	0.6
2%	6		

Nota: se realizaron dos blancos uno para el inicial y el segundo para después de encubado al 5 día

- Como ya hemos dicho cada dilución se hace por duplicado, uno de cada dilución y un blanco se lleva ha hacer encubado a 20°C
- Los 8 frascos restantes se realiza la titulación para ver el oxigeno disuelto inicial

Determinación de oxigeno disuelto

- Añadir 1 ml de Sulfato Manganeso y 1 ml de Yoduro de Nitruro Ácida, se tapa y se enjuaga con agua corriente si se forma un color blanquecino no hay oxigeno, pero si se forma de un color caramelo tiene oxigeno y se procede a agregar 1 ml de acido sulfúrico concentrado este hace que se fije el oxigeno.

- Luego de fijado el oxígeno se toma 201 ml de este frasco en una fiola graduada y se coloca el contenido a un erlenmeyer.
- Ya la muestra en el erlenmeyer, se a añadir almidón (indicador) el cual hará virar de color a la muestra a color azul
- Se procede a la titulación con Tiosulfato de Sódio 0,025N este terminara cuando la muestra sea incolora.
- Se procede a medir el gasto de Tiosulfato de sodio 0.025N, por cada 1ml de Tiosulfato de sodio consumido equivale a 1 mg/L de oxígeno disuelto.

Para el cálculo de la DBO se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{DQO (mg/L)} = \frac{OD_i - OD_f}{F}$$

Donde:

F= dilución utilizada

8.7. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se mide la DQO usando el método colorimétrico con reflujo cerrado, 5220 D, norma utilizada Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.

Método Colorimétrico

Materiales:

2 Pipeta de 1ml

2 Viales de digestión de rango de 15000 mg/L (los viales fue adquirido de la empresa Omega del Perú – producto Hach)

1 frasco lavador

Agua destilada

Reactivos:

- Solución estándar de bicromato de potasio (solución digestora)
- Reactivo de ácido sulfúrico 144

Nota: los viales adquiridos ya contienen estos reactivos para diluciones y concentraciones conocidas:

- Viales de rango de 0 a 1500 mg/L se añade 2ml de muestra
- Viales de rango de 0-1500 mg/L se añade 0.1 ml de muestra

Si la muestra presenta un rango mayor entonces se realiza diluciones, en nuestro caso se realizo diluciones de 1/10.

Equipos:

Equipo hach reactor COD (digestor)

Espectrofotómetro (DR/2010)

Procedimiento:

- Se tomo una muestra de 10ml
- Añadimos 0.1 ml de muestra a uno de los viales
- Se añade 0.1 ml de agua destilada al segunda vial este ultimo ser el blanco

- Luego se lleva los dos viales al reactor COD para la digestión durante 120 minutos a una temperatura de 150°C
- posteriormente a la digestión se deja enfriar a temperatura ambiente
- enfriado los viales se vierte en celda de lectura del espectrofotómetro.
- Ingresar el programa 545 a una longitud de onda de 620 nm
- Comenzar a leer los resultados, primero se lee el vial del blanco, este debe de dar cero, luego se comienza con la muestra.

Para el cálculo de la DQO se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{DQO (mg/L)} = \text{lectura del espectrofotómetro} \times 10 / F$$

Donde:

F = factor de dilución

8.8. Determinación del Porcentaje de Metano

Se usa el método de Cromatografía de gases, marca de cromatógrafo Shimadzu para medir el porcentaje de metano producido por el reactor.

Para la medición de la concentración de metano de una muestra se debe confeccionar una curva patrón con un patrón de concentración de metano conocida con el que cogemos diferentes volúmenes (a partir de este volumen y la concentración dada y calcula la concentración de metano de la muestra) de gas y tras medir el área asociada al pico de metano que nos proporciona el cromatógrafo se confecciona la curva patrón con la que conoceremos la concentración de las muestras de nuestro gas producido por el reactor. Una curva que relaciona el área espectral con la cantidad de moles de gas presentes en la muestra.

El metano se ha analizado mediante cromatografía de gases, con el cromatógrafo de gases marca Shimadzu, los análisis se realizaron en el laboratorio No. 12 de la Facultad de Ciencias, que se encuentra ubicado en la facultad de química de la universidad nacional de ingeniería.

El análisis de cromatografía se lleva a cabo utilizando como gas portador (carrier) el Helio con una velocidad del flujo aproximada de 30 ml/min. La temperatura del horno a 32 °C y la del inyector a 120 °C.

La técnica de la cromatografía permite obtener un espectro del gas inyectado en el aparato a lo largo del tiempo, donde se observa la proporción de diferentes gases y se cuantifica el área del espectro asociado a cada gas. En función de la temperatura del horno y la de inyección. En nuestras condiciones veíamos siempre, metano, que aparece durante los primeros 10 y 2 minutos de análisis del cromatógrafo.

8.9. Determinación de la concentración de Ácido Sulfhídrico (H₂S)

El ácido sulfhídrico se ha analizado mediante el método colorimétrico, la norma utilizada fue la ASTM (American Society for Testing Materials) D4468, los análisis se realizaron en el laboratorio No. 12 de la Facultad de Ciencias, que se encuentra ubicado en la facultad de química de la universidad nacional de ingeniería.

8.10. Determinación de Ácidos Grasos Volátiles

Los ácidos grasos volátiles presentes en la muestra de lodo del reactor se determinan usando el método de destilación 5560 C, norma utilizada Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.

La técnica de destilación, recupera los ácidos que contiene hasta seis átomos de carbono.

La fracción de recuperación de cada ácido aumenta al aumentar el peso molecular. Los cálculos y el informe de los resultados se basan en el ácido acético. El método suele ser utilizado como un ensayo de control para la digestión anaerobia.

Materiales:

1 probeta de 100ml
1 pipeta de 10 ml
1 Bureta
1 erlenmeyer
1 frasco lavador
Agua destilada

Reactivos:

Fenoltaleina
Acido sulfúrico concentrado 1+1
Hidróxido de sodio a 1N

Equipo:

Equipo de destilación

Procedimiento:

- Se toma una muestra de lodo y se centrifuga a 1000 rpm por 15 minutos.
- Se utiliza 100 ml de la muestra centrifugada que se lleva al matraz de destilación
- Añadimos 150 ml agua destilada y 5 ml de H_4SO_2 1+1

- Se conecta el matraz al refrigerante y al tubo de adaptación y comienza a destilar
- Desechamos los primeros 15 ml por presencia de H_2S y CO_2
- Se recoge el destilado y se titula con una base fuerte de $NaOH$, utilizando indicador de fenolftaleína.
-

El cálculo de los AGV se realizó utilizando la siguiente expresión:

$$AGV \text{ como ácido acético (mg/L)} = \frac{V_{NaOH} \times N \times 60000}{V_{muestra recuperada}}$$

Donde:

N = Normalidad del $NaOH$

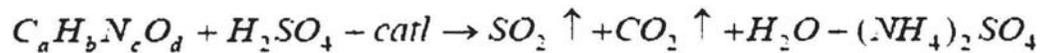
V_{NaOH} = Volumen de hidróxido de sodio gastado en la titulación

$V_{muestra recuperada}$ = volumen de muestra recuperada utilizada para la titulación

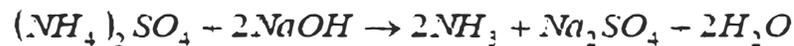
8.11. Determinación de la concentración de Nitrógeno Total.

El método Kjeldhal determina el nitrógeno en estado trinegativo. No tiene en cuenta el nitrógeno en forma de ácida, azina, azo, hidrazona, nitrato, nitrito, nitrilo, nitroso, oxima y semicarbazona. A pesar de ello normalmente se asocia a nitrógeno total, por considerar las fracciones más importantes de formas nitrogenadas en los residuos animales, nitrógeno orgánico y amoniacal.

Este análisis ha sido adaptado del método 4500-N del *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (APHA, 1992). Consiste en digerir la muestra, en medio ácido con un catalizador de $K_2SO_4 + 4CuSO$ con temperatura, de manera que los compuestos orgánicos nitrogenados produzcan formas amoniacales, sulfato amónico. La reacción se podría resumir en:



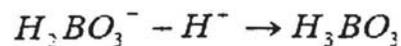
Posteriormente se analiza el contenido de sales amoniacales mediante la destilación de la muestra digerida con una unidad de destilación semiautomática (UDK 132, Velp). Se añade una base fuerte (NaOH 35%) para subir el pH y desplazar el equilibrio hacia la formación de amoníaco libre, según la siguiente ecuación.



El destilado se recoge en ácido bórico con indicador mixto (rojo de metilo y verde bromocresol). Al recogerse el vapor en un medio ácido el amoníaco pasará a la forma iónica no volátil.



Finalmente se realiza la valoración del borato que ha reaccionado con el amoníaco, mediante titulación con un ácido fuerte, HCl, de normalidad conocida.



El nitrógeno total se estima utilizando la siguiente expresión:

$$N_K \text{ (mg/kg)} = \frac{14000 \times (V_m - V_{bl}) \times N_{HCl}}{V_{muestra}}$$

Donde:

$V_{muestra}$: Volumen de muestra (g)

V_m : Volumen de HCl consumido en la valoración de la muestra (ml)

V_{bl} : Volumen de HCl consumido en la valoración del blanco

N_{HCl} : Normalidad del HCl

8.12. Determinación de la concentración de Nitrógeno Amoniacal

El nitrógeno amoniacal se ha analizado por el método de destilación semiautomática UDK 132, Vepl, siguiendo el método 4500-NH3 del *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (APHA, 1992).

El método es exactamente el mismo que el utilizado para destilar y valorar el nitrógeno Kjeldhal, sin la digestión previa y utilizando como base MgO. La determinación se realiza sobre la fracción, de sobrenadante producido al centrifugar a 3000 rpm, tomando 1 ml de muestra. El cálculo de la concentración de nitrógeno amoniacal se expresa de la siguiente manera:

$$N - NH_4^- (mg / L) = \frac{14000 \cdot (V_m - V_{bl}) \cdot N_{HCl}}{V_{muestra}}$$

Donde:

$V_{muestra}$: Volumen de muestra (ml)

V_m : Volumen de HCl consumido en la valoración de la muestra (ml)

V_{bl} : Volumen de HCl consumido en la valoración del blanco

N_{hc} : Normalidad del HCl

8.13. Determinación de la concentración de Nitrógeno Orgánico

El contenido de nitrógeno orgánico de una muestra se determina por diferencia entre el nitrógeno Kjeldahl y el nitrógeno amoniacal:

$$[N_{org}] = [N_k] - [N - NH_4^-]$$

8.14. Determinación de la concentración de Carbono Orgánico Total

Para determinar el carbono orgánico, las moléculas orgánicas deben romperse en unidades de carbono simples y ser convertidas en una forma molecular sencilla que pueda medirse de forma cuantitativa.

El método utilizado corresponde al procedimiento descrito por Walkley y Black, que consiste en una combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio y un ácido fuerte, en este caso H_2SO_4 .

Añadiéndose H_3PO_4 para eliminar el carbono inorgánico. Después de la reacción se titula con sulfato ferroso utilizando como indicador difenilamina.

El cálculo de COT se realizó utilizando la siguiente expresión:

$$\% (COT) = \frac{(V_b - V_1) \cdot N \cdot 0.39}{M}$$

V_b = Volumen de $FeSO_4$ consumido en la valoración del blanco

V_1 = Volumen de $FeSO_4$ consumido en la valoración de la muestra (ml)

N = Normalidad del $FeSO_4$

M = Muestra de lodo seca (g)

9. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS

A continuación se resume las caracterizaciones iniciales realizadas al lodo crudo traído de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra y los análisis realizados a los lodos digeridos después de 8 semanas de operación de la plata piloto.

TABLA 22. RESULTADOS DEL LODO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PUENTE PIEDRA (LODO CRUDO) Y LODO DIGERIDO EN EL REACTOR PILOTO

PARAMETRO	UNIDAD	LODO DE LA PTAR DE PUENTE PIEDRA	LODO DIGERIDO
HUMEDAD		99.043	97.792
PH		7.07	7.372
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	12706	2800
SÓLIDOS VOLATILES	mg/L	7000	1400
DBO	mg/L	2280	150.75
DQO	mg/L	9424.8	260
NITROGENO TOTAL	mg/L	1712.14	91.1
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1695.77	15.4
NITROGENO ORGANICO	mg/L	16.37	75.7
CARBONO ORGANOCO TOTAL	mg/L	1064.61	41
ALCALINIDAD	mg/L	1263	2666.7
ÁCIDOS GRASOS VOLATILES (como ácido acético)	mg/L	2300	168
COLIFORME FECALES	NMP/100 ml	1300	500
PARASITO	Huevos /Litro	<1	<1
SALMONELLA	UFC/100 ml	0	-----

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Análisis de la operación del reactor anaerobio.

La primera parte de operación del reactor comenzó con la generación de la flora microbiana, el inóculo utilizado fue extraído de un digester anaerobio, el que no presentó problemas de adaptación al momento de mezclarse con el lodo, por lo que fue satisfactorio la creación de la biomasa. El tiempo de generación fue de 13 días, esto se puede comprobar ya que para el día 13 ya hay presencia de gas metano en 6.45 v/v. esto nos indica que ya se ha formado la biomasa estrictamente anaerobia y que no se ha producido inhibición por sustrato.

En el segundo periodo el digester fue alimentado únicamente con lodo crudo traído de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra esto se da hasta completar los 15 litros de lodo crudo añadido al reactor, esto es aproximadamente en 7 días.

Aproximadamente se incorporaron 15L de lodo crudo al digester. El reemplazo fue paulatino para así evitar la inhibición por sustrato. A partir de la segunda fase se realizó los análisis de los parámetros de control y las variables de respuesta del reactor.

10.2. Parámetros de Control y Variables de Respuesta en el Proceso.

10.2.1. Temperatura

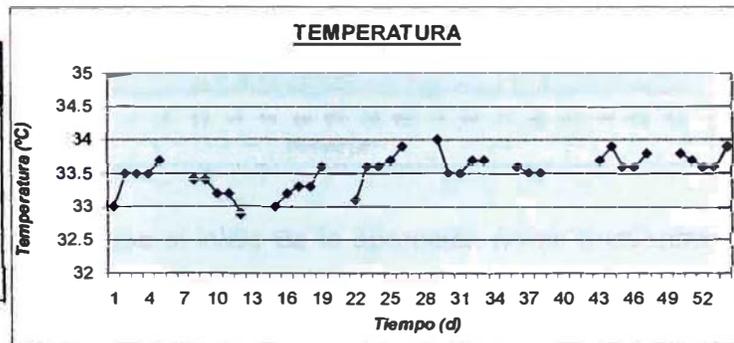
Como se detallo anteriormente, la temperatura es uno de los factores ambientales más importantes para llevar a cabo la estabilización de los lodos con tiempos de retención más cortos.

La bibliografía recomiendan como temperatura optima, el rango de 32 – 38 °C (J. A. Romero Rojas) en este rango las bacteria metanogénéticas (productoras de metano) se desarrollan adecuadamente.

En el cuadro 1 se observa que la temperatura no varia significativamente manteniéndose dentro del rango óptimo de operación, debido a que existe un buen control de ésta. Las variaciones se situaron entre los rangos 33-33.9 °C con un valor promedio 33.52°C y una variación estándar de 0.2652, (ver cuadro 1).

CUADRO 1.- VARIACION DE LA TEMPERATURA EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

T °C	
PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	33.52
Mediana	33.60
Valor maximo	33.9
Valor minimo	33.0
Moda	33.6
Desv.Stand.	0.26525

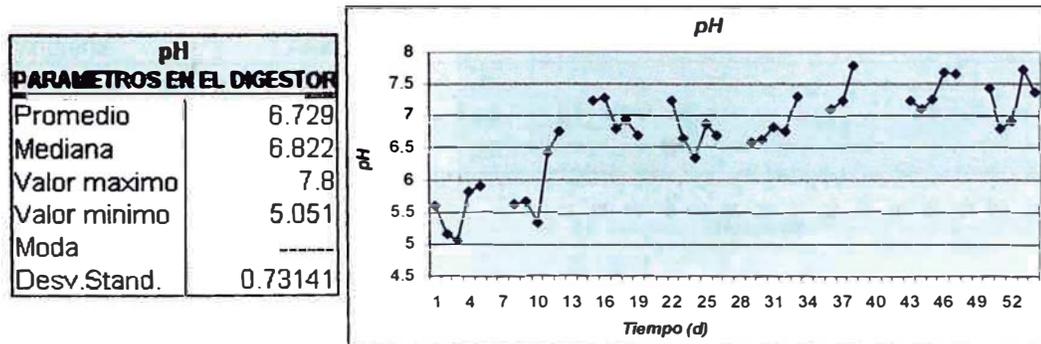


10.2.2. pH

El pH depende de las reacciones ácido-base. Dentro del proceso de digestión ocurren multitud de estas reacciones. Por lo tanto, el pH es un índice global de lo que ocurre en el digestor a dicho nivel. Las bacterias metanogénicas (formadoras de metano) tienen un pH óptimo entre 6,8-7,4 (J.A. Rojas Romero) entre este rango se desarrollan adecuadamente.

Las bacterias más importantes del proceso (metanogénicas) solo son capaces de desarrollarse a valores de pH cercanos al neutro. Como se puede observar en la cuadro 2 el pH sufrió una variación significativa variando entre los rangos de 5.051-7.8 con un valor promedio 6.729 y una variación estándar de 0.73141, (ver cuadro 2).

CUADRO 2.- VARIACION DEL pH EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



Si bien los valores de pH obtenidos al inicio de la operación no se encuentran dentro del rango de operación óptimo, a partir del día 12 (aprox.) se nota el crecimiento de este valor llegando a un valor promedio de 6.729 con lo cual estamos dentro del rango de óptimo recomendado por algunos autores.

Los problemas que causa el pH bajo de 6,4 es la inhibición de las bacterias metanógenas y así la acidificación del reactor. Es por esta razón que debe haber suficiente alcalinidad para que el pH no descienda en el reactor.

10.2.3. Sólidos Suspendidos Totales, Volátiles y Fijos

La determinación de sólidos suspendidos presentes en muestras líquidas nos dan valiosa información acerca de la carga contaminante de un flujo residual, y de la eficiencia de los procesos de depuración. Los sólidos suspendidos se dividen en volátiles y fijos sin embargo la determinación de sólidos volátiles es la más importante en el proceso de digestión esto se debe a que nos indica la cantidad de materia orgánica presente.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

10.2.3.1. Sólidos Suspendidos Totales

CUADRO 3.- VARIACION DE LOS S.S.T. EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



En el cuadro 3 podemos observar que la mayor reducción de sólidos se logra el día diez de iniciada la operación llegando aun valor aproximado de 5320mg/l, se puede observar que hay un aumento hasta el día 15, no habiendo variaciones significativas en los valores hasta el día 45 de operación, el cual comienza a decaer.

El valor promedio obtenido durante todo el tiempo de operación es de 12427 mg/L con valor máx. de 18960mg/L y un valor mínimo de 1040, el porcentaje de reducción obtenida durante este tiempo es de 34.46%

10.2.3.2. Sólidos Suspendidos Fijos

CUADRO 4.- VARIACION DE LOS S.S.F. EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

SSF	
PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	5091
Mediana	5280
Valor maximo	8360
Valor minimo	360
Moda	
Desv.Stand.	1980.68
Reduccion (%)	39.10



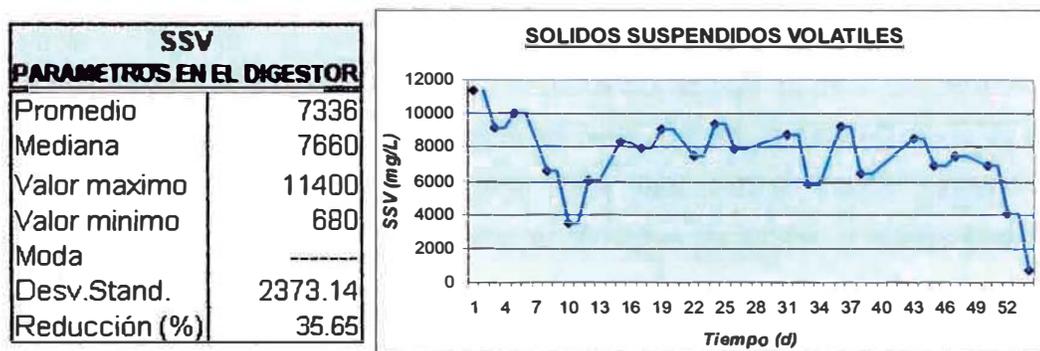
En el cuadro 4 podemos observar que los sólidos suspendidos fijos han reducido al igual que los SST para el día diez de iniciada la operación llegando aun valor aproximado de 1800mg/l, se puede observar que hay un aumento hasta el día 15, no habiendo variaciones significativas en los valores hasta el día 45 de operación, el cual comienza a decaer.

El valor promedio obtenido durante todo el tiempo de operación es de 5091 mg/L con valor máximo de 8360 mg/L y un valor mínimo de 360, el porcentaje de reducción obtenida durante este tiempo es de 39.10%

10.2.3.3. Sólidos Suspendidos Volátiles

La reducción de sólidos volátiles es uno de los criterios mas usados para medir el rendimiento de los procesos de digestión de lodos, además los sólidos volátiles es una forma de medir la materia orgánica.

CUADRO 5.- VARIACION DE LOS S.S.V. EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



En el cuadro 5 podemos observar que los sólidos suspendidos volátiles han reducido al igual que los anteriores para el día diez de iniciada la operación llegando aun valor aproximado de 3520mg/l, se puede observar que hay un aumento hasta el día 15, no habiendo variaciones significativas pero si se puede observar que la curva tiende a disminuir ligeramente en esta lapso en los valores hasta el día 45 de operación, el cual comienza a decaer.

El valor promedio obtenido durante todo el tiempo de operación es de 7336 mg/L con valor máximo de 11400 mg/L y un valor mínimo de 680, el porcentaje de reducción obtenida durante este tiempo es de 35.65%

10.2.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno es otro parámetro por medio del cual podemos conocer la carga orgánica de un efluente ya sea doméstico o industrial. Esta prueba permite medir la cantidad total de oxígeno que es necesario para pasar de un residuo a dióxido de carbono y agua, y esta basada en el hecho de que todos los residuos orgánicos, con algunas excepciones, pueden oxidarse con fuertes agentes oxidantes bajo condiciones ácidas.

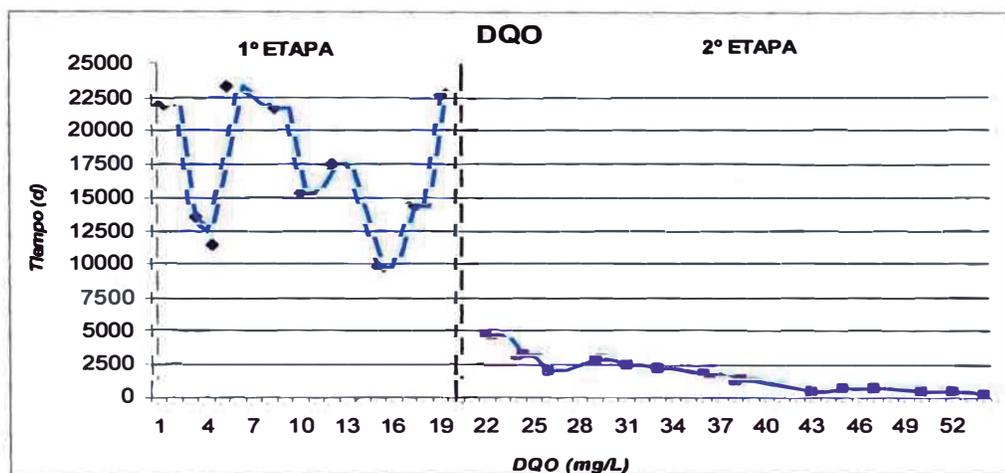
La importancia de esta prueba radica en el hecho de que se obtienen datos con mucha más rapidez que con la prueba de DBO, y mediante el factor adecuado se puede pasar de un valor a otro. Para este análisis fueron necesarias diluciones de 1:10 durante las 3 primeras semanas de análisis y posteriormente no se realizó diluciones.

La línea divide dos fases de la DQO la primera fase se llevo en 19 días de operación, en estos días de operación se puede observa en la grafica que los valores de DQO son muy variables presentando altas y bajas muy significativas, esto es debido a la concentración de sólidos que se fue generando debido al proceso de estabilización del lodo, por lo cual se decidió tomar DQO solo a la parte soluble, este ultimo corresponde a la segunda etapa.

Al finalizar la operación de la planta se realizo el análisis de DQO para el lodo digerido y la parte soluble de la misma.

Los resultados obtenidos a lo largo de 8 semanas de monitoreo se reportan en la siguiente tabla:

CUADRO 6.- VARIACION DE LA DQO. EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



DQO PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	16511
Mediana	15400
Valor máximo	23300
Valor mínimo	9800
Moda	-----
Desv.Stand.	4713.18
Reducción (%)	29.14

DQO PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	1660
Mediana	1505
Valor máximo	4600
Valor mínimo	260
Moda	-----
Desv.Stand.	1282.17
Reducción (%)	63.91

DQO analizado el último día de operación de la planta, valores son:

PARAMETRO	SOLUBLE	LODO ESTABILIZADO
DQO	419	3900

El valor promedio obtenido durante todo el tiempo de operación es de 29.14 mg/L y 63.91 mg/L, para la 1ª etapa y la 2ª etapa respectivamente con valor máximo de 23300 mg/L (1ª etapa) y de 4600 mg/L (2ª etapa) y un valor mínimo de 9800 mg/L (1ª etapa) y de 260 mg/L (2ª etapa), el valor de la DQO para el lodo estabilizado en la última semana fue de 3900 mg/L y de 419 mg/L para la parte soluble; siendo el porcentaje de reducción obtenida durante este tiempo de 29.14% (1ª etapa) y 63.91% 2ª (etapa).

10.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La *Demanda Bioquímica de Oxígeno* se define como la cantidad de oxígeno que las bacterias necesitan para estabilizar materia orgánica degradable. Este parámetro nos ayuda a determinar la carga contaminante que posee un determinado efluente en caso de que fuera descargado en un receptor natural como un río, lago, laguna, etc. En donde predominan condiciones aerobias. Esta prueba es de vital importancia en aquellas actividades en donde están involucradas descargas contaminantes, tal es el caso de los lodos provenientes de un proceso de tratamiento de aguas residuales.

Para la determinación de este parámetro fue necesario hacer diluciones de 5%, 1%, 0.2% para la parte soluble y de 0.02%, 0.1%, 0.5%, 2% para el lodo digerido.

La DBO solo se analizó al inicio de operación para el lodo crudo y al final para el lodo digerido, dando como resultado:

TABLA 23- VALORES DE DBO AL INICIO Y FINAL DE OPERACIÓN

PARAMETRO	Lodo de la PTAR de puente piedra	LODO ESTABILIZADO
DBO	2280 mg/L	Soluble: 150.75 mg/L
		Lodo: 623.1 mg/L

La tabla 23 nos muestra los resultados de los análisis de DBO realizado al lodo antes de ser estabilizado y después de la estabilización dando valores de 2280 mg/L y 623.1 mg/L respectivamente, al lodo estabilizado también se realizó el análisis de DBO a la parte soluble dando un valor de 150.75 mg/L. Estos valores nos dan un rendimiento en la reducción de la DBO para el lodo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puente Piedra de 72.67%.

10.2.6. Alcalinidad

10.2.6.1. Alcalinidad Total

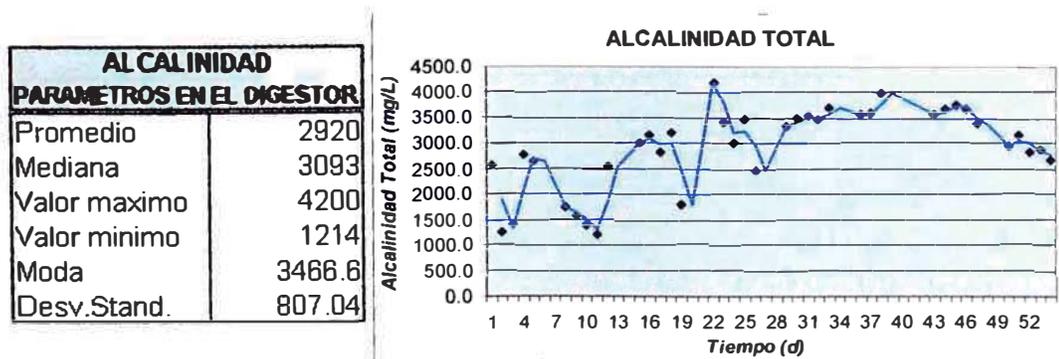
Consiste en la valoración con un ácido fuerte hasta pH 4.3. A pH 4.3 más del 99% del bicarbonato del sistema es convertido a CO₂. Sin embargo al hacer esta valoración se considera más del 80% de los ácidos grasos volátiles, compuestos presumiblemente abundantes en los sistemas anaerobios.

Para mantener un sistema de tratamiento anaerobio que establezca un desecho orgánico de forma eficiente el valor de alcalinidad debe estar en el rango de 1000 a 5000 mg/L (Metcalf & Heddy). Una disminución o aumento de este valor provocaría problemas en el sistema.

Si se observa el cuadro 6, la alcalinidad durante la 8 semanas de operación tuvo variaciones muy significativas principalmente al inicio de operación, pero manteniéndose dentro del rango recomendado 1214 - 4200 mg/L, con un valor promedio de 2920 mg/L. Se observa que la alcalinidad alcanzó su valor máximo de 4200 mg/L, debido a que el lodo crudo presentaba pH alto (promedio de 7.07), además sabemos que la fermentación de metano produce alcalinidad en la forma de amoníaco, y por la presencia de un contenido alto de amoníaco en el lodo crudo. La alcalinidad llega a estabilizarse al día 25 de operación ya que no hay variaciones significativas, con una alcalinidad alrededor de 3466.6 mg/L.

Por lo tanto se considera que el digestor tiene una gran capacidad amortiguadora, evitando así la acidificación del digestor.

CUADRO 7.- VARIACION DE LA ALCALINIDAD TOTAL EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

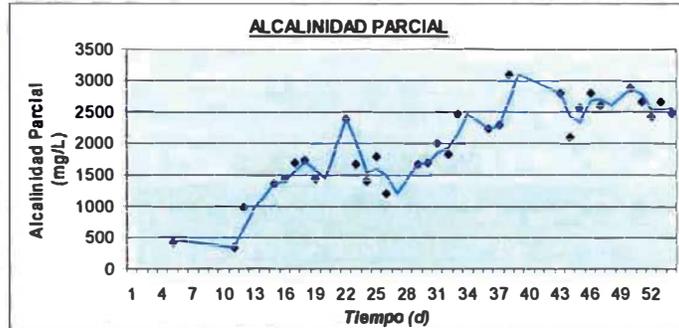


10.2.6.2. Alcalinidad Parcial

Es aquella que se ha valorizado a un pH 5.75, ya que este se ajusta mucho mejor al valor real de alcalinidad debido al bicarbonato.

CUADRO 8.- VARIACION DE LA ALCALINIDAD PARCIAL EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

ALCALINIDAD PARCIAL PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	1973
Mediana	2000
Valor maximo	3083
Valor minimo	357
Moda	1666.6
Desv. Stand.	695.47



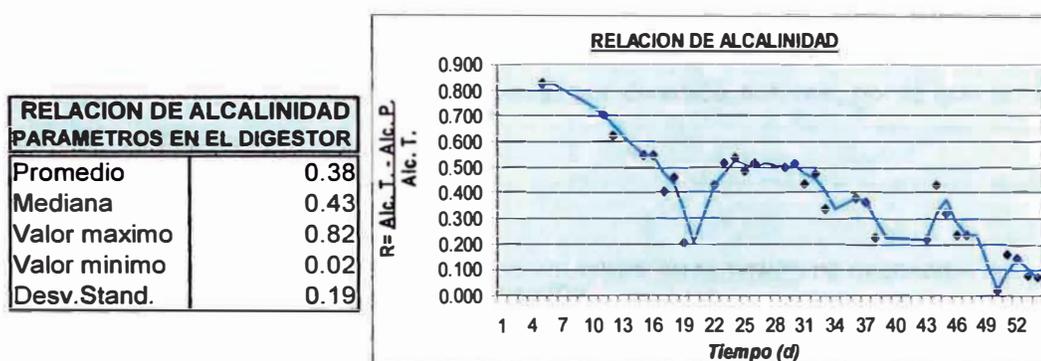
En el cuadro 7 podemos ver que la alcalinidad a variado significativamente durante todo el proceso de operación del reactor logrando una estabilización, el día 40 aproximadamente ya que después de aquí ya no se ve variaciones muy significativas a comparación a los días anteriores.

Logrando tener un promedio de 1973 mg/L, un valor máximo de 3083 mg/L y un valor mínimo de 357 mg/L este fue registrado el segundo día de análisis.

10.2.6.3. Relación de Alcalinidad

Esta asociada a la concentración de AGV, estimada como diferencia de ambas, además la relación de alcalinidad es recomendable mantenerla mayor a 0.5 ya que es importante para la estabilización del proceso (J. pacheco 2003).

CUADRO 9.- VARIACION DE LA RELACION DE ALCALINIDAD TOTAL EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



En el cuadro 8 podemos ver que la relación de alcalinidades ha ido disminuyendo durante todo el proceso de operación del reactor logrando tener un promedio de 0.38, un valor máximo de 0.82 y un valor mínimo de 0.02 este último fue registrado la ultima semana de operación.

Como podemos ver el valor promedio obtenido durante la operación esta fuera del rango que recomiendan algunos autores, pero si vemos el cuadro 8 se observa que hasta el día 33 los valores se encuentra sobre o igual al valor recomendado, teniendo una variación significativa el día 20 aproximadamente en el cual llega a un valor de 0.2.

10.2.7. Ácidos Grasos Volátiles (Como ácido acético)

La concentración de ácidos volátiles, producto de la fermentación, tiene una gran importancia en el proceso de la digestión, pues puede llegar a acidificar el lodo provocando el fallo del proceso. Los valores óptimos están comprendidos entre 50 y 500 mg/l como ácido acético, siendo un valor extremo 2000 mg/L (J.A. Romero Rojas).

Según el Cuadro 9 los valores fluctúan entre 2040 mg/L máximo y 144 mg/L mínimo, y el promedio es de 800 mg/L, escapándose de los valores óptimos pero no de los valores extremos propuesto por diversos autores, por lo que no se produjo acidificación del reactor.

CUADRO 10.- VARIACION DE ÁCIDOS GRASOS VOLATILES. EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

A.G.V. PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	800
Mediana	936
Valor maximo	2040
Valor minimo	144
Moda	144.0
Desv. Stand.	463.78



10.2.8. Relación Ácidos Grasos Volátiles/Alcalinidad

La relación ácidos volátiles/alcalinidad es la clave para el funcionamiento óptimo del digestor, la bibliografía recomienda como valor óptimo $AGV/ALC < 0.4$. y un máximo de 0.5, En el cuadro 8 se observa el valor de la relación AGV/ALC que varía entre 1.19 – 0.04, con un valor promedio de 0.36. El valor más alto se registro el día 11 de iniciado la operación del reactor, como se puede ver el valor promedio 0.36 no supera el valor recomendado y además esto se puede observa en el gráfico que el valor se mantuvo de bajo de 0.4 en casi todo el periodo de operación del reactor.

Si la cantidad de ácidos volátiles permanece baja y la alcalinidad alta, se producirá una buena digestión anaerobia del lodo. Esta relación es un indicador de la capacidad buffer o tapón del contenido del digestor. Es deseable una capacidad buffer o tampón alta, lo que se consigue si la relación mencionada es baja menor a 0.4. Cuando la relación ácidos volátiles/alcalinidad comienza a aumentar es que algo no funciona bien. Si alcanza valores próximos a 0.5-1, suele ser debido a los serios descensos en la alcalinidad. La concentración de anhídrido carbónico en el gas del digestor empieza a aumentar en estos valores. Cuando la relación llega a 0,8 o más, el pH del contenido del digestor comienza a descender.

CUADRO 11.- VARIACION DE LA RELACION ÁCIDOS GRASOS VOLATILES/ALCALINIDAD EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

A.G.V./ALCALINIDAD PARAMETROS EN EL DIGESTOR	
Promedio	0.36
Mediana	0.28
Valor máximo	1.19
Valor mínimo	0.04
Desv. Stand.	0.29



10.2.9. Biogás

La producción de biogás es cuantificable, de forma significativa solo a partir de la segunda semana de operación ver cuadro 9, la mayor concentración de metano alcanzó su nivel máximo con un valor de 45% v/v, esto se dio el día 10 del periodo de operación. Adicionalmente se monitoreo las concentraciones de H₂S. En la tabla 24 se observa la composición y producción de biogás.

La descomposición anaerobia de lodos y algunos residuos líquidos, particularmente aquellos con valores de DQO altos, genera un flujo de biogás que usualmente contiene del 25 al 45 % de CO₂, 55 a 75% de metano (J.A. Romero Rojas), pequeñas cantidades de hidrógeno nitrógeno y trazas de ácido sulfhídrico.

El valor máximo registrado durante el tiempo de operación del reactor es de 44.76% de volumen de gas metano, este se da el día 10 de iniciada la operación de la planta piloto y para el día 22 hay un decaimiento a 5.54 % en volumen de metano, manteniendo se la reducción durante todo el tiempo restante de operación.

CUADRO 12.- PRODUCCION DE METANO EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR

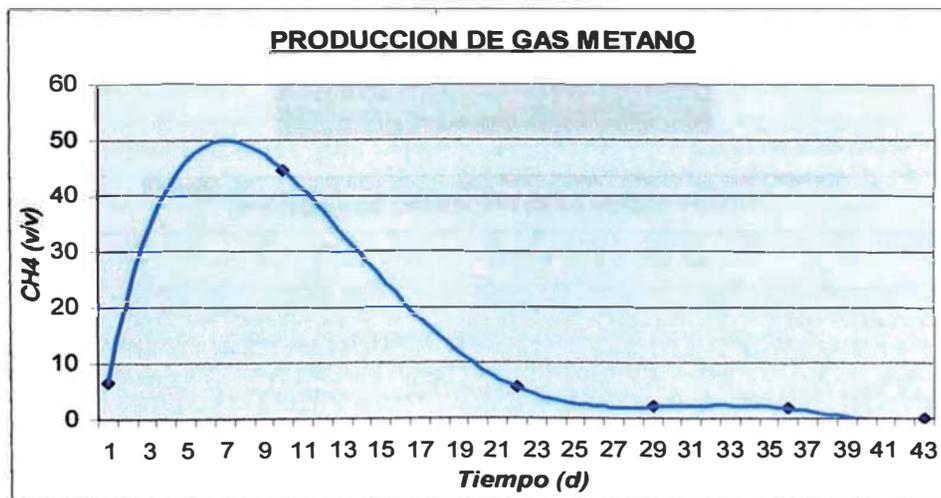


TABLA 24- COMPOSICIÓN DE METANO Y DE ÁCIDO SULFÍDRICO EN EL REACTOR

PARAMETRO	COMPOSICION
Metano CH ₄ (valor máximo encontrado en la 2 semana de operación)	44.76% v/v (máx.)
Ácido sulfhídrico H ₂ S	0.08 mg/l (máx.)

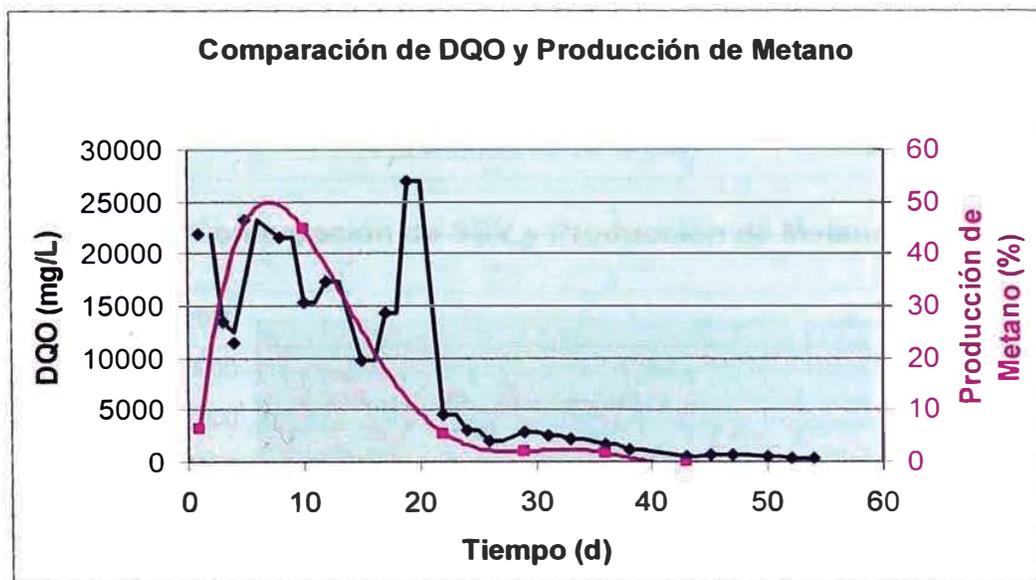
FIGURA 38.- UTILIZACIÓN DE METANO COMO ENERGIA CALORIFICA
(4º SEMANA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA PILOTO)

10.2.10. Curva de DQO/Metano

El tratamiento anaerobio de estos lodos permite reducir la DQO en un 63.91% (ver cuadro 6).

En el cuadro 10 se muestra la curva de acumulación del porcentaje de metano y la curva de degradación de la materia orgánica presente, representado por la DQO.

CUADRO 13.- CURVA COMPARANDO LA DQO Y LA PRODUCCIÓN DE METANO



En él se observa claramente que en los primeros diez días de operación, existe una relación inversa entre la DQO y % de metano, a medida que disminuye la concentración de DQO aumenta la producción de metano. Posteriormente, cuando la concentración de metano llega a su pick máximo, este empieza a decaer rápidamente al igual que la DQO.

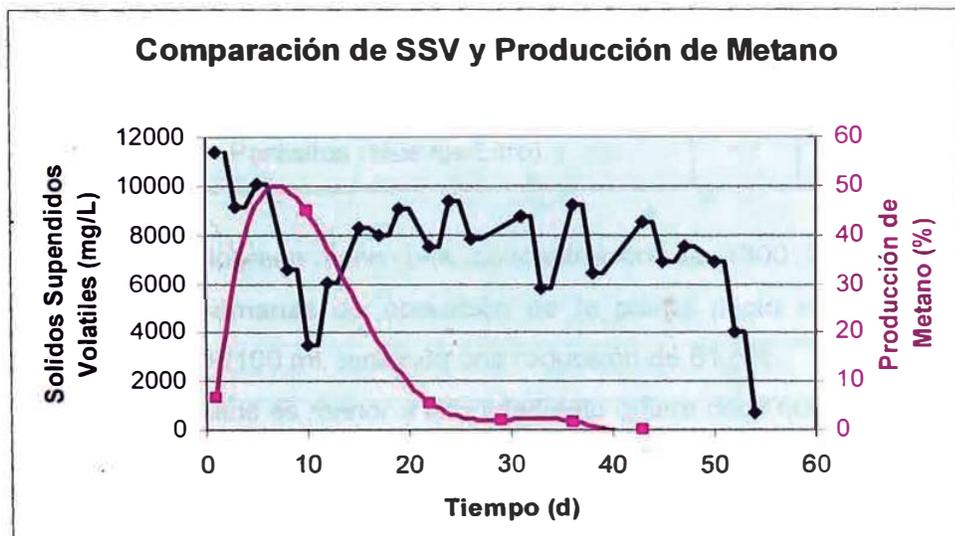
Según (Marquez 2005) la estabilización de los desechos se comprueba con la disminución de la materia orgánica y el decaimiento de la concentración de metano.

10.2.11. Curva de SSV/Metano

La producción de gas metano esta directamente relacionada con la eliminación de los SSV. La producción de gas metano oscila entre 0.75 a 1.1 m³ CH₄/Kg SSV_{eliminado} (J.A. Romero Rojas) y tomando en cuenta el porcentaje de reducción de SSV de 35.65% esto en masa equivale a 0.05Kg, la producción teórica de biogás del reactor durante el periodo de operación estaría de 37.5 Lt. a 55 Lt. (0.69 a 1.02 Lt./día).

Se puede observar en el cuadro 11 la relación entre los SSV y la producción de Metano.

CUADRO 14.- CURVA DE COMPARACION ENTRE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV) Y LA PRODUCCIÓN DE METANO



En los primeros diez días se observó una relación inversa, a medida que se reduce los SSV el volumen del biogás aumenta, después de esto se puede observar en el gráfico que no hay una disminución significativa de los SSV, y si un decaimiento brusco de la producción de metano.

10.2.12. Coliformes y Parásitos

Los parámetros de coliformes y parásitos son importantes ya que son indicadores de contaminación bacteriológica del lodo, además será un factor importante para que el lodo estabilizado pueda ser reutilizado como fertilizante.

Se puede ver en la Tabla 25 que los coliformes fecales han disminuido en consideración a la concentración inicial.

TABLA 25.- ANÁLISIS DE COLIFORMES Y PARÁSITOS EN EL REACTOR

COLIFORMES Y PARASITOS PARAMETROS EN EL DIGESTOR		
Parámetro	Inicial	Final
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	1300	500
Parásitos (Huevos/Litro)	< 1	<1

El lodo crudo al ingreso tiene una concentración de 1300 NMP/100 ml y trascurrido las 8 semanas de operación de la planta piloto este valor se a reducido a 500 NMP/100 ml, teniendo una reducción de 61.5%.

El análisis de parásitos es menor a la unidad esto quiere decir que en la muestra de lodo analizada no se ha encontrado parásitos, esto no quiere decir que el lodo de la planta de tratamiento de aguas residuales no tenga parásitos.

10.2.13. Nitrógeno Total y Carbono Orgánico Total

Uno de los principales parámetros a controlar en un proceso de degradación de la materia orgánica es la relación C/N, que es la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Casi la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y disponible. Con el carbono orgánico ocurre al revés; una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables.

Un lodo ideal para ser considerado un buen fertilizante debe presentar una relación de C/N de 30/1, según las caracterizaciones iniciales realizadas al lodo crudo, presenta relaciones de C/N de 0.622 y para el lodo digerido es de 0.45, en ambos casos el lodo no es muy bueno para ser usado como fertilizante debido a que la relación C/N es mucho menor a la relación recomendada por algunos autores.

TABLA 26.- ANÁLISIS DE NITRÓGENO Y CARBONO EN EL LODO DIGERIDO

ANÁLISIS DE NITRÓGENO PARAMETROS EN EL DIGESTOR			
Parámetro	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Reducción (%)
Nitrógeno Total	1712.14	91.1	94.68
<i>Nitrógeno Amoniacal</i>	1695.77	15.4	99.1
<i>Nitrógeno Orgánico</i>	16.37	75.7	362.43(aumento)
Carbono Orgánico Total	1064.61	41	96.15
Relación C/N	0.622	0.45	

En la tabla 26 podemos ver que el nitrógeno total se ha reducido en un 94.68% esto es debido a una reducción del 99.1% del nitrógeno amoniacal ya que este actúa como un tapón para la variación de la alcalinidad, asiendo que el reactor no se acidifique.

Además en la tabla 26 podemos ver que el carbono orgánico total se a reducido en un 96.15%, esto nos indica que el carbono presente se a transformado en otros compuestos como son CO₂ y CH₄.

10.3. Determinación de la Reducción de Lodos por Digestión Anaerobia

La cantidad de lodo producido es muy variable dependerá del tipo de proceso usado y de la concentración del agua residual.

El volumen de lodo depende principalmente de su contenido de agua y muy poco del carácter del material solidó. Mediante la evaporación de la humedad e ignición del residual se determina la fracción volátil y fija de los sólidos.

El peso específico global de la materia sólida se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{W_s}{S_s \rho_w} = \frac{W_f}{S_f \rho_w} + \frac{W_v}{S_v \rho_w}$$

W_s = peso de sólidos

S_s = peso específico de los sólidos

ρ_w = densidad del agua

W_f = peso de sólidos fijos

S_f = peso específico de los sólidos fijos

W_v = peso de sólidos volátiles

S_v = peso específico de los sólidos volátiles

El volumen del lodo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{W_s}{\rho_w S_{sl} P_s} \quad (\text{Ecuación de volumen de lodo})$$

W_s = peso de sólidos secos, Kg

ρ_w = densidad del agua

S_{sl} = peso específico del lodo

P_s = fracción de sólidos expresado en tanto por uno

Para la realización de cálculos aproximados cuando el contenido en sólidos es dado, basta recordar que el volumen varía inversamente con el porcentaje de materia sólida contenida en el fango, según la siguiente relación:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{P2}{P1} \quad (\text{Expresión aproximada})$$

Donde:

V1, V2 = volúmenes de lodo

P1, P2 = porcentaje de materia sólida

Las ecuaciones para el cálculo de volúmenes de lodo se han obtenido de la bibliografía Metcalf&Heddy - 3º edición.

10.3.1. Cálculo de la reducción de Lodo

10.3.1.1. Lodo crudo

Durante los inicios de operación se evaluó otras características del lodo proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales de puente piedra, como son: el peso específico y el % de humedad estos dos parámetros son importante para conocer cuanto de masa sólida seca hay en los 15 litros de lodo crudo que se añadieron al reactor. Los resultados obtenidos fueron Humedad promedio del lodo crudo 99.043% y el peso específico del lodo crudo es 1.004.

A continuación se calculará la masa sólida seca que hay en los 15 Lt. de lodo crudo añadida al reactor:

Datos evaluados en el lodo crudo (lodo extraído de la planta de puente Piedra):

% de Humedad	=	99.043 %
% de sólidos	=	0.957%
Peso específico promedio	=	1.004
Densidad del agua	=	1000 Kg/m ³
Volumen añadido al reactor	=	15 L
Masa de sólidos seco	=	variable a conocer

Para calcular la masa de sólidos seco se utilizara la ecuación de volumen de lodo anteriormente mencionada:

$$15 \times 10^{-3} = \frac{Ws}{1000 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 1.004 \times 0.00957}$$

Remplazando los datos en esta formula obtenemos que la masa de sólidos seco será: **0.144 Kg aprox.** en esta masa de sólidos secos se encuentra los sólidos fijos mas los sólidos volátiles, este ultimo son los que se reduce al someter el lodo a un tratamiento anaerobio, causando así una reducción en el volumen del lodo y por lo tanto una reducción en la masa de los sólidos secos.

10.3.1.2. Lodo digerido

En la digestión de lodos se elimina parte de los SV por lo que causa una reducción de los sólidos totales.

Durante la última semana de operación se realizo análisis de humedad y de peso específico del lodo digerido dando como resultado una humedad promedio de lodo digerido 97.792% y un peso específico de 1.016.

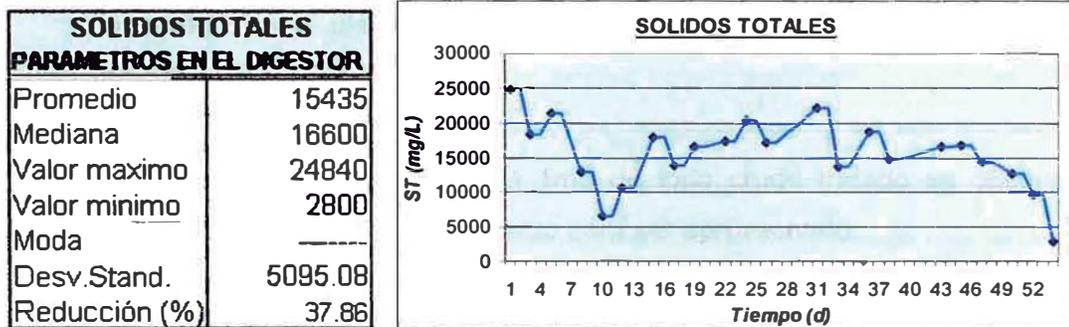
Como ya se cálculo la masa de sólidos secos que ingreso al rector en el paso anterior, y conocida la reducción de los Sólidos totales se puede calcular el volumen de lodo digerido.

Datos evaluados en el lodo digerido:

% de Humedad	=	97.792 %
% de sólidos	=	2.21%
Peso específico promedio	=	1.016
Densidad del agua	=	1000 Kg/m ³
Volumen de lodo digerido	=	variable a conocer
Masa de sólidos seco de lodo crudo	=	0.144 Kg.
Reducción de los ST	=	37.86%

Para calcular el volumen de lodos digeridos se debe conocer la reducción de ST ya que este esta conformado por los SF y SV, este último se reducirá debido a que los SSV son digeridos. De la grafica se puede obtener la reducción de ST que se ha generado durante el tiempo de operación del reactor:

CUADRO 15.- VARIACION DE LOS ST EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL REACTOR



Con los datos obtenidos se puede calcular el volumen de lodo digerido, para esto usaremos la ecuación de volumen de lodo:

$$V = \frac{W_s}{\rho_w S_{sl} P_s}$$

Remplazando los datos en esta formula obtenemos que el volumen de lodo digerido es: **3.989 L.**

Calculado el volumen de lodo digerido y sabiendo el volumen de lodo que ingreso podemos calcular el porcentaje de reducción del volumen del lodo tras la digestión anaerobia producida en la planta piloto:

$$Reduccion\% = \frac{(15L - 3.989L) \times 100}{15L} = 73.41\%$$

La reducción obtenida empleando un reactor anaerobio a escala piloto nos da un valor de 73.41% en reducción del lodo inicial que ingreso, esto nos dice que este tipo de tratamiento a emplear es efectivo para lograr reducir lodos que se genera en la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra.

11. CONCLUSIONES

- El tratamiento propuesto para la estabilización del lodo crudo extraído de la planta de tratamiento de agua residuales de Puente Piedra, a logrado reducir el lodo en un 73.41%. con este resultado podemos decir que el tratamiento propuesto es adecuado para reducir el volumen de lodo generado en la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra.
- Se puede decir que por cada 1m³ de lodo crudo tratado se obtiene 0.267 m³ de lodo estabilizado apto para ser aprovechado.
- El tiempo en que el reactor logra estabilizarse es de 15 días
- La cantidad de sólidos volátiles que ingresan al reactor favorecen la producción de metano llegando este a un valor de 44.76%, la máxima producción se alcanza en el tiempo que hay mayor eliminación de SSV. Respecto a la producción de ácido sulfhídrico no llego a tener gran incidencia en su producción llegando a un valor máximo de 0.08.
- El tratamiento anaerobio utilizado para la estabilización del lodo crudo es adecuada para la reducción de microorganismos patógenos que afectan a la salud y medio ambiente. Con este tipo de tratamiento se logra obtener una reducción de 61.5% en coliformes fecales.
- La estabilización del lodo esta relacionado con la reducción de parámetros químicos y biológicos. El grado de estabilización alcanzado por el tratamiento en cada uno de estos se encuentra, 63.91% para DQO logrado con esto reducir su potencial de putrefacción de la materia orgánica, 61.5% en coliformes fecales reduciendo así la presencia de patógenos, 0.08 mg/L en producción de ácido sulfhídrico con esto se

logra minimizar olores desagradables. Con estos resultados obtenidos se puede afirmar que se ha logrado cumplir con el fin de la estabilización.

- Por su parte, los parámetros mas importantes para el control del proceso es la alcalinidad, pH, la relación ácidos grasos volátiles/alcalinidad, la alcalinidad que se presento en el tiempo de operación es muy alta superando los valores máximos recomendado, teniendo un promedio de 2920 mg/L, la relación AGV/alcalinidad se mantuvieron en casi todo el periodo de operación dentro del rango recomendado teniendo así un promedio de 0.36 por lo que nos indica que no hay problema de acidificación del reactor, el pH es otro buen indicador ya que mantenerlo dentro del rango optimo se conseguirá una buena eficiencia del proceso y que el sistema funcione adecuadamente.
- Siempre superaron los valores óptimos recomendados pero nunca el valor máximo, causando que las bacterias metanogénicas no trabajaran eficientemente lo que se traduce en un porcentaje relativamente bajo de metano.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que es posible tratar lodo mediante digestión anaerobia mesofilica, obteniéndose como resultado un alto porcentaje de remoción de la materia orgánica con una eficiencia de 63.91% de DQO y 35.65% de SSV.
- Del análisis de biogás, si ponemos atención la producción de ácido sulfhídrico podemos decir que su producción es muy baja en la mezcla final este parámetro es importante ya que es corrosivo en las tuberías.
- Se debe realizar un mayor análisis al biogás generado para cuantificar los porcentajes de otros gases presentes, saber la presencia de dióxido de carbono CO₂, es importante ya que es un gas que afecta al medio

ambiente siendo este uno de los elementos causante del efecto invernadero.

- El uso de biogás se hace una fuente de energía natural que puede ser aprovechado para la calefacción de los digestores, constituye uno de los principales atractivos de este proceso, ya que proporciona la temperatura adecuada para elevar la actividad metanogénica, con lo que se logra una mayor estabilización de los lodos con tiempos de retención más cortos. Esto enfatiza la capacidad de estos procesos para disminuir la contaminación y como fuente de energía alterna.
- El lodo crudo luego del tratamiento realizado son aptos para utilizarlos en suelos agrícolas, forestales y en la recuperación de suelos degradados. Sin embargo la falta de una normatividad con respecto a los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales hace difícil que se aproveche estos tipos de lodo.
- De acuerdo a la caracterización del lodo se puede apreciar que el lodo posee una relación C/N muy bajo, lo que se traduce a un bajo valor como fertilizante orgánico una vez estabilizado mediante digestión anaerobia.
- Es necesario generar la flora microbiana antes de la operación del digestor, esto con el fin de disminuir el tiempo de degradación del lodo de crudo, por lo que el inóculo utilizado es eficiente en este tipo de lodos.

12- RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de metales para saber los tipo y las concentraciones que presentan ya que una concentración elevada de ciertos metales es perjudicial al medio ambiente.
- La falta de equipos para el análisis de ciertos parámetros limita al investigador en poder realizarlas y tener curvas con mayor representatividad o solo a no realizarlas por el elevado costo que estas representan por análisis.
- Para tener una mejor entendimiento de lo que esta ocurriendo dentro del reactor se recomienda realizar los análisis tanto a lodo digerido como al sobrenadante.
- Es importante llevar cada parámetro a los óptimos recomendados por algunos autores, con el fin de poder observa el comportamiento de la estabilización anaerobia y si se produce mayor remoción de SSV, además saber cual es la producción de meta a condiciones ambientales óptimas donde las bacterias metanogeneticas trabaja eficazmente.
- Los análisis, es importante tener cuidado al realizarlos, tener una metodología adecuada para cada parámetro a realizar antes del inicio de la etapa de operación.
- El reactor, es importante la forma del reactor y el punto donde se tomara la muestra ya que la concentración de sólidos varía según la altura de muestreo.

- Se recomienda realizar un tratamiento igual, con la diferencia que esta vez sea de flujo continuo para así poder evaluar el lodo que ingresa y el que esta saliendo para tener una mejor representación de la remoción que se logra con este tipo de tratamiento.

13- BIBLIOGRAFIA

- Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales, teoría y principio de diseño. Tercera edición. Escuela colombiana de ingeniería. Colombia.
- Metcalf, Hedí (1995). Ingeniería de Aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización. tercera edición. Mc Graw Hill. México.
- R.S. ármalo (1993). Tratamiento de aguas residuales. Segunda edición. Editorial Reverte S.A. Barcelona España.
- PROSAB, Carlos Aguasto Lemos Chernicharo (2001). Pos-tratamiento de efluentes de reactores anaerobios. primera edición. Segrac Editora Grafica. Belo Horizonte.
- APHA – AWWA – WEF (2005). Standard Methods for examination of water and wastewater. Centennial Edition. Edit. American Public Health Association. New York.
- J. Pacheco / A. magaña (2003). Arranque de un reactor anaerobio. ingeniería revista académica, enero abril, vol. 7. redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/467/46770102.pdf Merida, México.
- A. Pérez, U. Mancebo, L. Ortega y A. Noyola. Digestión anaerobia no convencional de lodos biológicos utilizando un reactor tipo UASB. www.femisca.org/publicaciones/XIIIcongreso/XIIICNIS142.pdf. Instituto coordinación de bioprocesos ambientales AP 70-472, México D.F.

- C. Marqués (2005) Estudio del tratamiento de lodos provenientes de pisciculturas mediante un sistema de digestión anaerobio. biblioteca.uct.cl/tesis/Camila-Marquez/tesis.pdf. Universidad Católica de Temuco. Mexico

- A. Sánchez (2005), practicas sustentables de reciclaje de biosolidos, con énfasis en el compostaje como método de tratamiento de lodos sanitarios. Universidad nacional de Ingeniería – Facultad de ingeniería ambiental.

ANEXO 1

Cálculos de reducción de lodos

CALCULO DE LA REDUCCION DE LODOS

HUMEDAD DEL LODO CRUDO

1	99,74
2	98,69
3	98,7

HUMEDAD PROMEDIO	99,043 %
% DE SOLIDOS	0,957 %

LODO ESTABILIZADO

97,085
98,29
98

HUMEDA PROMEDIO	97,792
% DE SOLIDOS	2,21

CALCULO DE LA PESO ESPECIFICO

PESO PROBETA PESO PROBETA VOLUMEN
+LODO CRUDO

1	71,316	46,044	25	1,011
2	71,424	46,044	25	1,015
3	70,819	46,044	25	0,991
3	140,499	40,503	100	1,000

PESO ESPECIFICO PROMEDIO	1,004
---------------------------------	--------------

CALCULO DE LA PESO ESPECIFICO

PESO PROBETA PESO PROBI VOLUMEN
+LODO CRUDO

83,714	58,06	25	1,026
71,680	46,044	25	1,025
71,298	46,044	25	1,010
71,456	46,004	25	1,018
217,320	117,146	100	1,002

PESO ESPECIFICO PROMEDIO	1,016
---------------------------------	--------------

CAL CULO DEL % DE REDUCCION DE SOLIDOS VOLATILES Y SOLIDOS TOTALES

EL EL CUADRO 3 TENEMOS QUE LA REDUCCION DE SOLIDOS TOTALES ES DE 37.86%

CALCULO DE LA REDUCCION DE LODOS

CALCULO DEL VOLUMEN

FORMULA PARA EL CALCULO DE VOLUMEN DE LODOS

$$V = \frac{Ws}{Pw} \times Ssl \times Ps \quad (\text{METCALF\&EDDY TERCERA EDICION VOLUMEN 2})$$

Ws = Peso de los solidos secos Kg

Pw = Densidad del agua Kg/m³

Ssl = peso especifico del fango

Ps = fraccion de solidos expresados en tanto por uno

CALCULO DEL LODO CRUDO

V añadido	=	15 L
densida del H2O	=	1000 Kg/M3
peso especifico	=	1,004
Fraccion de solidos	=	0,957 %
Wpeso de solidos	=	

reemplazamos en la formula dada para el calculo del volumen de lodo

$$Ws = V \times Pw \times Ssl \times Ps$$

$$Ws = 0,144 \text{ Kg}$$

solido total seco esta compuesto por los solidos fijos y los solidos volatiles
estos ultimos son lod que reducen por lo que hacen que el % de st redusca

CALCULO DE LA REDUCCION DE LODOS

CALCULO DEL VOLUMEN DIGERIDO

$$\begin{array}{lcl} V \text{ a\u00f1adido} & = & L \\ \text{densidad del H}_2\text{O} & = & 1000 \text{ Kg/M}^3 \\ \text{peso espec\u00edfico} & = & 1,016 \\ \text{Fracci\u00f3n de s\u00f3lidos} & = & 2,21 \% \quad 0,05 \\ W_{\text{peso de s\u00f3lidos}} & = & 0,08955878 \text{ Kg} \end{array}$$

reemplazamos en la f\u00f3rmula dada para el c\u00e1lculo del volumen de lodo

$$V = 0,00398862 \text{ m}^3 \quad 3,989 \text{ L}$$

DETERMINACION DEL FANGO DE REDUCCION DEL VOLUMEN DE LODO TRAS LA DIGESTION

$$\text{REDUCCION \%} = 73,4092297 \%$$

ANEXO 2

Marco legal nacionales y extranjeras de manejo de lodos

Aprueban el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos

DECRETO SUPREMO N° 057-2004-PCM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, se estableció los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana;

Que, la Segunda Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la referida Ley estableció que la Presidencia del Consejo de Ministros aprobará el Reglamento de Residuos Sólidos, así como de los procedimientos técnicos administrativos e instrumentos de aplicación, con la opinión favorable previa de los Ministros de Salud, Agricultura, Defensa, Transportes y Comunicaciones, Producción y Vivienda, Construcción y Saneamiento;

Que, ha sido elevado a la Presidencia del Consejo de Ministros, el proyecto de Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política y la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación del Reglamento

Apruébese el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, que consta de diez (10) Títulos, ciento cincuenta (150) Artículos, doce (12) Disposiciones Complementarias, Transitorias y Finales, y seis (6) Anexos, que forma parte del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros, la Ministra de Salud, el Ministro de Agricultura, el Ministro de Defensa, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción y el Ministro de Transportes y Comunicaciones.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de julio del año dos mil cuatro.

ALEJANDRO TOLEDO

Presidente Constitucional de la República

CARLOS FERRERO

Presidente del Consejo de Ministros

PILAR MAZZETTI SOLER

Ministra de Salud

ÁLVARO QUIJANDRÍA SALMÓN

Ministro de Agricultura

ROBERTO ENRIQUE CHIABRA LEÓN

Ministro de Defensa

CARLOS BRUCE

Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ALFONSO VELÁSQUEZ TUESTA

Ministro de la Producción

JOSÉ ORTIZ RIVERA

Ministro de Transportes y Comunicaciones

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

TÍTULO II AUTORIDADES COMPETENTES

TÍTULO III MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I Aspectos Generales

Capítulo II Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión Municipal

Capítulo III Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión no Municipal

Sección I Almacenamiento

Sección II Recolección y Transporte

Sección III Tratamiento

Sección IV Disposición Final

TÍTULO IV MINIMIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Capítulo I Aspectos Generales

Capítulo II Minimización de Residuos Sólidos

Capítulo III Comercialización de Residuos Sólidos

TÍTULO V INFRAESTRUCTURAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I Aspectos Generales

Capítulo II Infraestructura de Transferencia

Capítulo III Infraestructura de Tratamiento

Capítulo IV Infraestructura de Disposición Final

TÍTULO VI IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO VII EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS Y EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I Aspectos Generales

Capítulo II
Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS)

Capítulo III
Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS)

TÍTULO VIII
DE LA INFORMACIÓN Y LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

TÍTULO IX
FISCALIZACIÓN Y REGISTRO DE AUDITORES

Capítulo I
Aspectos Generales

Capítulo II
Procedimiento de la Auditoría

Capítulo III
Informe de Auditores

TÍTULO X
RESPONSABILIDAD, INCENTIVOS, INFRACCIONES Y SANCIONES

Capítulo I
Responsabilidad

Capítulo II
Incentivos

Capítulo III
Infracciones y Sanciones

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS, TRANSITORIAS Y FINALES

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objetivo

El presente dispositivo reglamenta la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, a fin de asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana.

Artículo 2.- Mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

1. La palabra "Ley", se entenderá que está referida a la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos;
2. La palabra "Reglamento" se entenderá que está referida a este Reglamento; y,
3. La palabra "residuos", debe entenderse que está referida a la frase "residuos sólidos".

Para la aplicación e interpretación del Reglamento se considerarán las definiciones establecidas en la Décima Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley, así como las señaladas en la Sexta Disposición Complementaria, Transitoria y Final del Reglamento.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

El Reglamento es de aplicación al conjunto de actividades relativas a la gestión y manejo de residuos sólidos; siendo de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada dentro del territorio nacional.

TÍTULO II

AUTORIDADES COMPETENTES

Artículo 4.- Autoridades competentes

La gestión y manejo de los residuos corresponde a las siguientes autoridades de conformidad a sus respectivas competencias establecidas por Ley:

1. Consejo Nacional del Ambiente;
2. Ministerio de Salud;
3. Ministerio de Transportes y Comunicaciones;
4. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;
5. Ministerios u organismos reguladores o de fiscalización contemplados en el artículo 6 de la Ley;
6. Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Ministerio de Defensa; y,
7. Municipalidades provinciales y distritales.

Artículo 5.- El CONAM

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) es la autoridad competente para coordinar, promover y concertar el adecuado cumplimiento y aplicación de la Ley, con las autoridades sectoriales y municipales de acuerdo a las competencias establecidas en la Ley y en sus respectivas normas de organización y funciones. Asimismo le corresponde:

1. Promover la aplicación de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) en las distintas ciudades del país, de conformidad con lo establecido en la Ley; así como aprobar el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
2. Incluir en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú, el análisis referido a la gestión y el manejo de los residuos sólidos.
3. Incorporar en el Sistema Nacional de Información Ambiental, información referida a la gestión y manejo de los residuos sólidos.
4. Armonizar los criterios de evaluación de impacto ambiental con los lineamientos de política establecida en la Ley.
5. Resolver, en última instancia administrativa, los recursos impugnativos interpuestos con relación a conflictos entre resoluciones o actos administrativos emitidos por distintas autoridades, relacionados con el manejo de los residuos sólidos.
6. Resolver, en última instancia administrativa, a pedido de parte, sobre la inaplicación de resoluciones o actos administrativos que contravengan los lineamientos de política y demás disposiciones establecidas en la Ley.
7. Promover la adecuada gestión de residuos sólidos, mediante el Marco Estructural de Gestión Ambiental, establecido por el Decreto del Consejo Directivo del CONAM N° 011-2003-CD/CONAM, y la aprobación de políticas, planes y programas de gestión transectorial de residuos sólidos, a través de la Comisión Ambiental Transectorial.

Artículo 6.- Autoridad de Salud

La Autoridad de Salud de nivel nacional para los aspectos de gestión de residuos previstos en la Ley, es la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud; y en el nivel regional, son las Direcciones de Salud (DISA) o las Direcciones Regionales de Salud, según corresponda, de acuerdo a lo siguiente:

1. DIGESA:

- a) Regular los aspectos técnico sanitarios previstos en la Ley;
- b) Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos con excepción de aquéllas que se construyan al interior de las instalaciones productivas, concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales de responsabilidad del generador, en cuyo caso serán aprobados por las autoridades sectoriales competentes debiendo contar con la opinión favorable de la DIGESA en la parte relativa a la infraestructura de residuos sólidos;
- c) Emitir opinión técnica previa a la aprobación de los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos del ámbito de la gestión municipal;

d) Aprobar los proyectos de infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos del ámbito de la gestión no municipal, a operarse fuera de las instalaciones indicadas en el literal b);

e) Administrar los registros previstos en la Ley;

f) Declarar, de oficio o a pedido de parte, zonas en estado de emergencia sanitaria por graves riesgos o daños a la salud de la población generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos de los ámbitos municipal y no municipal, en coordinación con las autoridades competentes. Esta es una potestad exclusiva de la autoridad sanitaria. En la resolución que declare el estado de emergencia se señalará el ámbito territorial, las medidas de seguridad y técnicas sanitarias que deben adoptarse, bajo responsabilidad, con el fin de evitar daños a la salud y al ambiente, así como su tiempo de duración.

g) Imponer las sanciones que correspondan de acuerdo con su ámbito de competencia.

h) Emitir opinión técnica sobre la necesidad de aprovechar las economías de escala y sobre las capacidades de las municipalidades distritales, a fin de aplicar lo establecido en el artículo 80 2.1 y 4.1 de la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

i) Las demás responsabilidades indicadas en el artículo 7 de la Ley y el Reglamento.

2. Direcciones de Salud y Direcciones Regionales de Salud:

a) Vigilar el manejo de los residuos de acuerdo a las medidas previstas en la Ley y el Reglamento;

b) Aplicar medidas administrativas y de seguridad, en coordinación con la DIGESA, cuando las operaciones y procesos empleados durante el manejo de los residuos, representen riesgo a la salud y el ambiente en sujeción a la Ley N° 26842 - Ley General de Salud y a las disposiciones del Título VIII de la Ley;

c) Sancionar los hechos o acciones que determinen riesgos y comprometan el ambiente, la seguridad y la salud pública, previo informe técnico, en sujeción a la Ley y el Reglamento; y,

d) Las demás responsabilidades indicadas en el Reglamento.

Artículo 7.- Autoridades sectoriales

1. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene a su cargo la regulación del transporte de los residuos peligrosos, así como la autorización y fiscalización del transporte de los residuos peligrosos en la red vial nacional, ferroviaria así como en las infraestructuras de transportes. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tiene a su cargo la regulación de la gestión y el manejo de los residuos sólidos generados por la actividad de la construcción y por los servicios de saneamiento;

2. Los ministerios u organismos indicados en el numeral 5 del artículo 4 del Reglamento, constituyen las autoridades sectoriales competentes para cada generador del ámbito de gestión no municipal, según la actividad que desarrolla, con facultades para regular, fiscalizar y sancionar en el ámbito de la gestión y manejo de los residuos al interior de las áreas productivas, instalaciones industriales o especiales del generador, sin perjuicio de lo establecido en la Tercera Disposición Complementaria, Transitoria y Final del Reglamento;

3. En caso de que el generador tuviera dos o más actividades de competencia en distintos sectores, la autoridad competente será la que corresponda a la actividad del generador por la que ésta obtiene, o espera obtener en el caso de empresas nuevas, sus mayores ingresos brutos anuales, sin perjuicio de las coordinaciones que deba efectuar con las otras autoridades involucradas; y,

4. En caso de que el generador tuviera una actividad que no haya sido identificada como perteneciente a un determinado sector o en caso, que dos o más sectores se irroguen la competencia sobre alguna actividad del generador, corresponderá al CONAM determinar la autoridad sectorial competente. Adicionalmente, el CONAM propondrá las modificaciones normativas que resuelvan los problemas de competencia que se identifiquen durante la aplicación de la Ley.

La autoridad sectorial competente está obligada a exigir el cumplimiento de la Ley, el Reglamento y sus demás normas, a los generadores comprendidos en el ámbito de su competencia.

Artículo 8.- Autoridades municipales

La municipalidad, tanto provincial como distrital, es responsable por la gestión y manejo de los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellos similares a éstos originados por otras actividades. Corresponde a estas municipalidades, lo siguiente:

1. Provincial:

a) Planificar, promover, regular, aprobar, autorizar, fiscalizar, supervisar y sancionar en su jurisdicción, los aspectos técnicos y formales de gestión y manejo de residuos de competencia municipal, tal como se establece en la Ley y el Reglamento. La función de planificación se debe desarrollar en armonía con el Plan de Desarrollo Regional Concertado que formula la región respectiva;

b) Asegurar la adecuada limpieza de vías, espacios y monumentos públicos, y promover el manejo adecuado de los residuos generados en las ciudades capitales hasta la disposición final;

c) Establecer criterios para la fijación de tasas o tarifas que se cobren por la prestación de los servicios de limpieza pública, recolección, transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos sólidos en los distritos de su jurisdicción, asegurando asimismo su efectiva aplicación. Dichos criterios deben considerar los costos reales de los servicios, la tecnología utilizada y garantizar su calidad y eficiencia.

d) Emitir opinión fundamentada previa sobre los proyectos de ordenanzas distritales referidas al manejo y gestión de residuos sólidos, incluyendo la cobranza de arbitrios correspondientes;

e) Incluir en la zonificación provincial las áreas en las que se podrán desarrollar proyectos de infraestructura de residuos sólidos. La zonificación industrial debe considerar a las industrias de aprovechamiento de residuos sólidos;

f) Aprobar los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal;

g) Otorgar licencia de funcionamiento de la infraestructura de residuos del ámbito de gestión municipal y no municipal en su jurisdicción, por el tiempo de vida útil establecido en el proyecto de infraestructura aprobado. La ampliación de dicha licencia sólo se podrá otorgar previa opinión técnica favorable de la DIGESA; con excepción de aquellas de competencia de la autoridad sectorial en cuyo caso se aplicará lo establecido en el artículo 6 numeral 1 b) del presente Reglamento;

h) Suscribir contratos de prestación de servicios con empresas registradas en la DIGESA, correspondiéndole así mismo autorizar su operación en el ámbito del distrito de cercado;

i) Asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, así como la recuperación de las áreas degradadas por dicha causa; bajo los criterios que para cada caso establezca la Autoridad de Salud;

j) Autorizar y fiscalizar las rutas de transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, en coordinación con las dependencias especializadas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; con excepción del que se realice en la red vial nacional y la infraestructura de transporte vial de alcance regional, en cuyo caso la autorización deberá ser emitida por la autoridad competente;

k) Sancionar a los generadores de residuos del ámbito municipal en el distrito de cercado respectivo, así como los transportistas de residuos peligrosos y no municipales que circulen en vías locales, por el incumplimiento de la Ley, el Reglamento y las normas que se emitan al amparo de ésta;

l) Asumir, en coordinación con la autoridad de salud de su jurisdicción, o a pedido de ésta, la prestación de los servicios de residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que hayan sido declarados en emergencia sanitaria o que no puedan hacerse cargo de los mismos en forma adecuada. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragado por la municipalidad distrital correspondiente.

m) Promover la constitución de Empresas Prestadoras de Servicios y Comercializadoras de Residuos Sólidos, así como incentivar y priorizar la prestación privada de estos servicios.

n) Las demás responsabilidades establecidas en la Ley y el Reglamento.

2. Distrital:

a) Asegurar una adecuada prestación del servicio de limpieza, recolección y transporte de residuos en su jurisdicción, debiendo garantizar la adecuada disposición final de los mismos. Debe asimismo determinar las áreas a ser utilizadas por la infraestructura de residuos sólidos en su jurisdicción en coordinación con la municipalidad provincial respectiva y en sujeción a la Ley y al Reglamento;

b) Asegurar que se cobren tarifas o tasas por la prestación de servicios de limpieza pública, recolección, transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos, de acuerdo a los criterios que la municipalidad provincial establezca, bajo responsabilidad;

c) Determinar las áreas de disposición final de residuos sólidos en el marco de las normas que regulan la zonificación y el uso del espacio físico y del suelo en el ámbito provincial que le corresponda. Bajo los mismos criterios, determinar las zonas destinadas al aprovechamiento industrial de residuos sólidos.

d) Supervisar en su jurisdicción los aspectos técnicos del manejo de residuos indicados en los literales a) y b), excluyendo las infraestructuras de residuos;

e) Sancionar al generador del ámbito de su competencia por el incumplimiento de la Ley, el Reglamento y las normas que se emitan al amparo de ésta;

f) Suscribir contratos de prestación de servicios con empresas registradas en la DIGESA; y

g) Las demás responsabilidades establecidas en la Ley y el Reglamento.

TÍTULO III

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 9.- Disposiciones generales de manejo

El manejo de los residuos que realiza toda persona deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado de manera tal de prevenir impactos negativos y asegurar la protección de la salud; con sujeción a los lineamientos de política establecidos en el artículo 4 de la Ley.

La prestación de servicios de residuos sólidos puede ser realizada directamente por las municipalidades distritales y provinciales y así mismo a través de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS). Las actividades comerciales conexas deberán ser realizadas por Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS), de acuerdo a lo establecido en el artículo 61 del Reglamento.

En todo caso, la prestación del servicio de residuos sólidos debe cumplir con condiciones mínimas de periodicidad, cobertura y calidad que establezca la autoridad competente.

Artículo 10.- Obligación del generador previa entrega de los residuos a la EPS-RS o EC-RS

Todo generador está obligado a acondicionar y almacenar en forma segura, sanitaria y ambientalmente adecuada los residuos, previo a su entrega a la EPS-RS o a la EC-RS o municipalidad, para continuar con su manejo hasta su destino final.

Artículo 11.- Registros administrados por DIGESA

Las EPS-RS, las EC-RS y los auditoras de residuos sólidos, deben inscribirse, según cada caso, en los registros que la DIGESA administra.

1. La inscripción en los registros indicados es requisito indispensable para otorgar toda autorización que emane de cualquier otra entidad estatal para prestar servicios de residuos sólidos o comercializarlos;

2. Los registros indicados en el presente artículo se formalizan mediante constancia de registro que la DIGESA otorga;

3. Las auditorías en residuos sólidos, serán realizadas de conformidad con las normas de fiscalización establecidas por los sectores y las municipalidades provinciales. Los sectores que no dispongan de un régimen de auditoría ambiental o equivalente, deben programar auditorías en su ámbito considerando a los auditores previstos en este artículo.

Artículo 12.- Exclusividad para el registro en la autoridad de salud

Ninguna otra autoridad, diferente a la Autoridad de Salud, podrá exigir la inscripción en registros distintos a los señalados en el artículo anterior como requisito para iniciar las actividades de

prestación de servicios de residuos sólidos, comercialización de residuos, o de auditoría, según corresponda, con excepción de los regímenes de auditoría ambiental establecidos en las normas sectoriales respectivas o del régimen especial que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones establezca para el transporte de residuos peligrosos.

Artículo 13.- Gestión de los registros a nivel regional

Mediante convenio la DIGESA podrá encargar la gestión de los registros indicados en el artículo 11 del Reglamento a las Direcciones de Salud en sus respectivas jurisdicciones; a efectos de realizar la recepción, revisión, verificación de información y remisión de la solicitud con los requisitos aplicables para el trámite respectivo ante la DIGESA quien será responsable del registro único a nivel nacional.

Artículo 14.- Responsabilidad por daños

Toda EPS-RS, EC-RS y las municipalidades que presten directamente los servicios de residuos sólidos que hagan uso o manejo indebido de los residuos, son responsables de los daños y perjuicios que ocasionen dichas acciones a la salud, al ambiente o a terceros.

Artículo 15.- Informe de operador

Las EPS-RS y EC-RS, así como las municipalidades distritales y provinciales que presten directamente los servicios de residuos sólidos, deben remitir a la Autoridad de Salud de su jurisdicción, el informe de operador respecto de los residuos que manejaron durante el mes anterior, tal como se indica en el artículo 117 del presente Reglamento, para lo cual se deberá llenar el formulario contenido en el Anexo 3 de esta norma.

Artículo 16.- Segregación

La segregación de residuos sólo está permitida en la fuente de generación o en la instalación de tratamiento operada por una EPS-RS o una municipalidad, en tanto ésta sea una operación autorizada, o respecto de una EC-RS cuando se encuentre prevista la operación básica de acondicionamiento de los residuos previa a su comercialización.

Artículo 17.- Tratamiento

Todo tratamiento de residuos previo a su disposición final, será realizado mediante métodos o tecnologías compatibles con la calidad ambiental y la salud, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento y a las normas específicas. Salvo la incineración que se lleve a cabo cumpliendo con las normas técnicas sanitarias y de acuerdo a lo establecido en el artículo 47 del Reglamento, queda prohibida la quema artesanal o improvisada de residuos sólidos.

Artículo 18.- Prohibición para la disposición final en lugares no autorizados

Está prohibido el abandono, vertido o disposición de residuos en lugares no autorizados por la autoridad competente o aquellos establecidos por ley.

Los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, identificados como botaderos, deberán ser clausurados por la Municipalidad Provincial, en coordinación con la Autoridad de Salud de la jurisdicción y la municipalidad distrital respectiva.

La Municipalidad Provincial elaborará en coordinación con las Municipalidades Distritales, un Plan de Cierre y Recuperación de Botaderos, el mismo que deberá ser aprobado por parte de esta Autoridad de Salud. La Municipalidad Provincial es responsable de su ejecución progresiva; sin perjuicio de la responsabilidad que corresponda a quienes utilizaron o manejaron el lugar de disposición inapropiada de residuos.

Artículo 19.- Recuperación de áreas de disposición final

Todo proyecto de recuperación para el uso de aquellos terrenos públicos o privados, que son o han sido rellenos sanitarios o botaderos de residuos, deben contar con la respectiva autorización de la DIGESA de acuerdo a lo establecido en los artículos 89 y 90 del Reglamento.

Artículo 20.- Alimentación de animales

Queda prohibida la alimentación de animales con residuos orgánicos que no hayan recibido previamente el tratamiento establecido en las normas vigentes.

Artículo 21.- Productos abandonados, adulterados o vencidos

1. Los productos abandonados o adulterados son considerados residuos, debiendo, de acuerdo a sus características de peligrosidad, recibir el tratamiento y destino final adecuado concordante con la normatividad vigente.

2. Los productos que no se hubiesen utilizado, pasada la fecha de caducidad señalada en sus respectivos envases, son considerados residuos, por lo que los fabricantes y distribuidores de dichos productos implementarán mecanismos de recuperación, involucrando al poseedor, para su

disposición final de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento y en las normas técnicas que emanen de éste.

En los casos comprendidos en el presente artículo el generador del residuo será responsable del costo que signifique el cumplimiento de la presente norma, debiendo así mismo asegurar su destrucción de manera tal que no se permita su reutilización por terceros.

Capítulo II

Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión Municipal

Artículo 22.- Ámbito de responsabilidad municipal

Los residuos sólidos de ámbito municipal son de responsabilidad del municipio desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación del servicio de residuos sólidos, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recolección; debiendo en ambos casos cumplirse estrictamente las normas municipales que regulen dicho recojo. Del mismo modo, la EC-RS asume la responsabilidad del manejo de los residuos desde el momento en que el generador le hace entrega de los mismos.

Las municipalidades provinciales regularán aspectos relativos al manejo de los residuos sólidos peligrosos de origen doméstico y comercial; incluyendo la obligación de los generadores de segregar adecuadamente los mismos, de conformidad con lo que establece el presente reglamento. Así mismo implementarán campañas de recojo de estos residuos de manera sanitaria y ambientalmente segura.

Artículo 23.- Planes provinciales

Las municipalidades provinciales formulan sus Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), con participación de la ciudadanía y en coordinación con las municipalidades distritales, la Autoridad de Salud y las autoridades competentes previstas en la Ley.

Estos planes tienen por objetivo establecer las condiciones para una adecuada administración de los residuos sólidos, asegurando una eficiente y eficaz prestación de los servicios y actividades de residuos en todo el ámbito de su competencia desde la generación hasta su disposición final.

Los PIGARS deberán contener lo siguiente:

1. Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos, como resultado del análisis de los aspectos técnico-operativos, gerenciales, administrativos, económicos, financieros, sociales, sanitarios, ambientales, legales e institucionales del sistema de manejo de residuos; identificando los aspectos críticos y potencialidades del sistema provincial;
2. Formulación de objetivos estratégicos de corto plazo (1 a 2 años), mediano plazo (3 a 5 años) y largo plazo (más de 5 años) necesarios para la continua y progresiva mejora del sistema provincial de manejo de residuos;
3. Identificación de las alternativas de menor costo económico-financiero e impacto ambiental negativo, y de los niveles de inversión requeridos para el cumplimiento de los objetivos y metas señaladas en el numeral anterior;
4. Mecanismos para la participación social y del sector privado;
5. Elaboración de un plan operativo de corto plazo (1 a 2 años) que considere actividades, tareas y responsabilidades; productos; indicadores; recursos y fuentes de financiamiento necesarios para su ejecución;
6. Diseño de un programa de monitoreo y evaluación para verificar los avances, resultados y modular la orientación del plan, para el logro de los objetivos y metas planteadas;
7. Medidas apropiadas para facilitar el transporte de los residuos peligrosos y el desarrollo de la respectiva infraestructura sanitaria para su adecuado manejo y disposición final.

Capítulo III

Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión no Municipal

Artículo 24.- De los residuos comprendidos y las responsabilidades derivadas

Los residuos del ámbito de gestión no municipal son aquellos de carácter peligroso y no peligroso, generados en las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales. No comprenden aquellos residuos similares a los domiciliarios y comerciales generados por dichas actividades.

Estos residuos son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores correspondientes.

Artículo 25.- Obligaciones del generador

El generador de residuos del ámbito no municipal está obligado a:

1. Presentar una Declaración de Manejo de Residuos Sólidos a la autoridad competente de su sector, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 114 del Reglamento;
2. Caracterizar los residuos que generen según las pautas indicadas en el Reglamento y en las normas técnicas que se emitan para este fin;
3. Manejar los residuos peligrosos en forma separada del resto de residuos;
4. Presentar Manifiesto de Manejo de Residuos Peligrosos a la autoridad competente de su sector de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 115 del Reglamento;
5. Almacenar, acondicionar, tratar o disponer los residuos peligrosos en forma segura, sanitaria y ambientalmente adecuada, conforme se establece en la Ley, el Reglamento y, en las normas específicas que emanen de éste;
6. Ante una situación de emergencia, proceder de acuerdo a lo señalado en el artículo 36 del Reglamento;
7. Brindar las facilidades necesarias para que la Autoridad de Salud y las Autoridades Sectoriales Competentes puedan cumplir con las funciones establecidas en la Ley y en el presente Reglamento.
8. Cumplir con los otros requerimientos previstos en el Reglamento y otras disposiciones emitidas al amparo de éste; y

Artículo 26.- Estudios ambientales

Los titulares de los proyectos de obras o actividades, públicas o privadas, que generen o vayan a manejar residuos, deben incorporar compromisos legalmente exigibles relativos a la gestión adecuada de los residuos sólidos generados, en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), en los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y en otros instrumentos ambientales exigidos por la legislación ambiental respectiva. Esta disposición se aplicará de acuerdo a lo establecido en la Ley y sus reglamentos, la normatividad que establezca la autoridad competente del respectivo sector y la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.

Artículo 27.- Calificación de residuo peligroso

1. La calificación de residuo peligroso se realizará de acuerdo a los Anexos 4 y 5 del presente reglamento. El Ministerio de Salud, en coordinación con el sector competente, y mediante resolución ministerial, puede declarar como peligroso a otros residuos, cuando presenten alguna de las características establecidas en el artículo 22 de la Ley o en el Anexo 6 de este Reglamento, o en su defecto declararlo no peligroso, cuando el residuo no represente mayor riesgo para la salud y el ambiente; y,
2. La DIGESA establecerá los criterios, metodologías y guías técnicas para la clasificación de los residuos peligrosos cuando no esté determinado en la norma indicada en el numeral anterior.
3. Se consideran también, como residuos peligrosos; los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales; u otros que tengan las condiciones establecidas en el artículo anterior, salvo que el generador demuestre lo contrario con los respectivos estudios técnicos que lo sustenten.

Artículo 28.- Autorizaciones para operar

Toda EPS-RS de recolección, transporte, tratamiento o disposición final de residuos peligrosos del ámbito de la gestión no municipal, deberá cumplir los siguientes aspectos técnico-formales, cuando corresponda:

1. Registrarse en la DIGESA;
2. Aprobación sanitaria del proyecto de tratamiento y disposición final por la DIGESA;
3. Autorización del servicio de transporte en la red vial nacional y la infraestructura de transporte vial de alcance regional, otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y los gobiernos regionales respectivamente; y,

4. Autorización para operar los servicios indicados en el presente artículo, otorgada por la municipalidad correspondiente, con excepción de lo señalado en el numeral anterior.

Artículo 29.- Responsabilidad por daños

La entrega de residuos del ámbito de gestión no municipal, por parte del generador, a la EPS-RS o EC-RS registrada y autorizada, conforme a lo indicado en el presente Reglamento lo exonera de la responsabilidad sobre los daños al ambiente o la salud pública que éstos pudieran causar durante el transporte, tratamiento, disposición final o comercialización. Sin perjuicio de lo mencionado, el generador es responsable de lo que ocurra en el manejo de los residuos que generó, cuando incurriera en hechos de negligencia, dolo, omisión u ocultamiento de información sobre el manejo, origen, cantidad y características de peligrosidad de dichos residuos.

Artículo 30.- Manejo fuera de las instalaciones del generador

Cuando el tratamiento o disposición final de los residuos se realice fuera de las instalaciones del generador, éstos deberán ser manejados por una EPS-RS que utilice infraestructura de residuos sólidos debidamente autorizada.

Artículo 31.- Disposición al interior del área del generador

Los generadores de residuos del ámbito no municipal podrán disponer sus residuos dentro del terreno de las concesiones que se le han otorgado o en áreas libres de sus instalaciones industriales, siempre y cuando sean concordantes con las normas sanitarias y ambientales y, cuenten con la respectiva autorización otorgada por la autoridad del sector correspondiente para lo cual se requerirá de la opinión previa favorable por parte de la DIGESA.

Artículo 32.- Medidas necesarias para controlar la peligrosidad

El generador o poseedor de residuos peligrosos deberá, bajo responsabilidad, adoptar, antes de su recolección, las medidas necesarias para eliminar o reducir las condiciones de peligrosidad que dificulten la recolección, transporte, tratamiento o disposición final de los mismos. En caso que, en función a la naturaleza del residuo no fuera posible adoptar tales medidas, se requerirá contar con la conformidad de la Autoridad de Salud, la que indicará las acciones que el generador o poseedor debe adoptar.

Artículo 33.- Vigilancia de residuos por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas

La Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) de la Marina de Guerra del Ministerio de Defensa ejerce el control y la vigilancia del manejo de los residuos en el ámbito de su jurisdicción, e fin de prevenir, reducir y eliminar la contaminación en los recursos hídricos, generados por las operaciones o instalaciones navieras y portuarias en todo el territorio del país; en coordinación con la autoridad respectiva del Sistema Portuario Nacional.

La DICAPI autoriza las actividades de desguace de buques y similares en todo el territorio nacional; en coordinación con la Autoridad de Salud.

Artículo 34.- Residuos de limpieza de cursos de agua

El manejo de sedimentos o lodos provenientes del dragado de cursos de agua, que se realiza con fines de limpieza, se realizará con la autorización del sector agricultura a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), previa opinión técnica favorable de la DIGESA, indicando:

1. Las características físicas, químicas y biológicas del material a retirar;
2. La metodología de extracción; y,
3. La tecnología de tratamiento o disposición final.

Artículo 35.- Residuos de actividades pecuarias

El Ministerio de Agricultura, a través de sus órganos competentes, establece los requisitos técnicos del manejo de residuos sólidos generados por las instalaciones de crianza de animales.

Así mismo, le corresponde la regulación y fiscalización de las actividades relacionadas con el manejo y disposición de residuos sólidos en el ámbito de las Áreas Naturales Protegidas.

Artículo 36.- Residuos generados por la actividad minera

El almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos originados por la actividad minera, deberá ceñirse a la normatividad y especificaciones técnicas que disponga la autoridad competente, cuando estos procesos son realizados al interior de las áreas de la concesión minera.

Artículo 37.- Pautas de informes de situación de emergencia

Todo generador de residuos del ámbito no municipal deberá contar con un plan de contingencias que determine las acciones a tomar en caso de emergencias durante el manejo de los residuos. Este plan deberá ser aprobado por la autoridad competente.

Si se produce un derrame, infiltración, explosión, incendio o cualquier otra emergencia durante el manejo de los residuos, tanto el generador como la EPS-RS que presta el servicio, deben tomar inmediatamente las medidas indicadas en el respectivo plan de contingencia. Asimismo, deberán comunicar, dentro de las 24 horas siguientes de ocurridos los hechos, a la Dirección de Salud de la jurisdicción, y ésta a su vez a la DIGESA, lo siguiente:

1. Identificación, domicilio y teléfonos de los propietarios, poseedores y responsables técnicos de los residuos peligrosos;
2. Localización y características del área donde ocurrió el accidente;
3. Causas que ocasionaron el derrame, infiltración, descarga, vertido u otro evento;
4. Descripción del origen, características físico-químicas y toxicológicas de los residuos, así como la cantidad vertida, derramada, descargada o infiltrada;
5. Daños causados a la salud de las personas y en el ambiente;
6. Acciones realizadas para la atención del accidente;
7. Medidas adoptadas para la limpieza y restauración de la zona afectada;
8. Copia simple del Manifiesto de Manejo de Residuos Peligrosos; y,
9. Copia simple del plan de contingencia.

Sección I

Almacenamiento

Artículo 38.- Acondicionamiento de residuos

Los residuos deben ser acondicionados de acuerdo a su naturaleza física, química y biológica, considerando sus características de peligrosidad, su incompatibilidad con otros residuos, así como las reacciones que puedan ocurrir con el material del recipiente que lo contiene. Los recipientes deben aislar los residuos peligrosos del ambiente y cumplir cuando menos con lo siguiente:

1. Que su dimensión, forma y material reúna las condiciones de seguridad previstas en las normas técnicas correspondientes, de manera tal que se eviten pérdidas o fugas durante el almacenamiento, operaciones de carga, descarga y transporte;
2. El rotulado debe ser visible e identificar plenamente el tipo de residuo, acatando la nomenclatura y demás especificaciones técnicas que se establezcan en las normas correspondientes;
3. Deben ser distribuidos, dispuestos y ordenados según las características de los residuos;
4. Otros requisitos establecidos en el Reglamento y normas que emanen de éste.

Artículo 39.- Consideraciones para el almacenamiento

Está prohibido el almacenamiento de residuos peligrosos:

1. En terrenos abiertos;
2. A granel sin su correspondiente contenedor;
3. En cantidades que rebasen la capacidad del sistema de almacenamiento;
4. En infraestructuras de tratamiento de residuos por más de cinco (5) días; contados a partir de su recepción; y,
5. En áreas que no reúnan las condiciones previstas en el Reglamento y normas que emanen de éste.

Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deben sistematizarse en un registro que contenga la fecha del movimiento así como el tipo, característica, volumen, origen y destino del residuo peligroso, y el nombre de la EPS-RS responsable de dichos residuos.

Artículo 40.- Almacenamiento central en las instalaciones del generador

El almacenamiento central para residuos peligrosos, en instalaciones productivas u otras que se precisen, debe estar cerrado, cercado y, en su interior se colocarán los contenedores necesarios

para el acopio temporal de dichos residuos, en condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para el tratamiento o disposición final. Estas instalaciones deben reunir por lo menos las siguientes condiciones:

1. Ester separadas a una distancia adecuada de acuerdo al nivel de peligrosidad del residuo respecto de las áreas de producción, servicios, oficinas, almacenamiento de insumos o materias primas o de productos terminados, de acuerdo a lo que establezca el sector competente;
2. Ubicarse en lugares que permitan reducir riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones o inundaciones;
3. Contar con sistemas de drenaje y tratamiento de lixiviados;
4. Los pasillos o áreas de tránsito deben serlo suficientemente amplias para permitir el paso de maquinarias y equipos, así como el desplazamiento del personal de seguridad, o de emergencia;
5. Contar con sistemas contra incendios, dispositivos de seguridad operativos y equipos e indumentaria de protección para el personal de acuerdo con la naturaleza y toxicidad del residuo;
6. Los contenedores o recipientes deben cumplir con las características señaladas en el artículo 37 del Reglamento;
7. Los pisos deben ser lisos, de material impermeable y resistentes;
8. Se debe contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles;
9. Debe implementarse una señalización que indique la peligrosidad de los residuos, en lugares visibles; y
10. Otros requisitos establecidos en el Reglamento y normas que emanen de éste.

Artículo 41.- Almacenamiento en las unidades productivas

El almacenamiento en las unidades productivas, denominado almacenamiento intermedio, podrá realizarse mediante el uso de un contenedor seguro y sanitario; el cual deberá estar ubicado en las unidades donde se generan los residuos peligrosos, en un área apropiada, de donde serán removidos hacia el almacenamiento central. Este almacenamiento, debe cumplir con los aspectos indicados en el artículo anterior, según corresponda.

Sección II

Recolección y Transporte

Artículo 42.- Seguimiento del flujo de los residuos en la operación de transporte

1. Cualquier operación de transporte de residuos fuera de las instalaciones del generador, debe ser realizada por una EPS-RS. Si se trata de residuos peligrosos, dicha operación deberá registrarse en el Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos, conforme a lo establecido en el Reglamento, utilizando el formulario del Anexo 2, el cual debe estar firmado y sellado por el responsable del área técnica de las EPS-RS que intervenga hasta su disposición final;
2. Por cada movimiento u operación de transporte de residuos peligrosos, el generador debe entregar a la EPS-RS que realice dicho servicio, el original del Manifiesto suscrito por ambos. Todas las EPS-RS que participen en el movimiento de dichos residuos en su tratamiento o disposición final, deberán suscribir el original del manifiesto al momento de recibirlos;
3. El generador y cada EPS-RS conservarán su respectiva copia del manifiesto con las firmas que consten al momento de la recepción. Una vez que la EPS-RS de transporte entrega los residuos a la EPS-RS encargada del tratamiento o disposición final, devolverá el original del manifiesto al generador, firmado y sellado por todas las EPS-RS que han intervenido hasta la disposición final;
4. El generador remitirá el original del manifiesto con las firmas y sellos como se indica en el numeral anterior, a la autoridad competente de su sector.

Estas reglas son aplicables a las EC-RS que se encuentren autorizadas para el transporte de residuos.

Artículo 43.- Manejo del manifiesto

El generador y las EPS-RS o EC-RS, según sea el caso que han intervenido hasta la disposición final, remitirán y conservarán el manifiesto indicado en el artículo anterior, cifrándose a lo siguiente:

1. El generador entregará a la autoridad del sector competente durante los quince primeros días de cada mes, los manifiestos originales acumulados del mes anterior; en caso que la disposición final se realice fuera del territorio nacional, adjuntará copias de la Notificación del país importador, conforme al artículo 95 del Reglamento y la documentación de exportación de la Superintendencia Nacional Adjunta de Aduanas;
2. La autoridad del sector competente indicada en la Ley, remitirá a la DIGESA copia de la información mencionada en el numeral anterior, quince días después de su recepción;
3. El generador y las EPS-RS o la EC-RS según sea el caso, conservarán durante cinco años copia de los manifiestos debidamente firmados y sellados como se señala en el artículo anterior.

Artículo 44.- Plazo adicional para entrega de manifiesto

Si transcurrido un plazo de 15 días calendario, más el término de la distancia de ser el caso, contados a partir de la fecha en que la EPS-RS de transporte o la EC-RS según sea el caso reciba los residuos peligrosos, y no se haya devuelto al generador el manifiesto en original con las firmas y sellos como se indica en el artículo 41, el generador informará a la DIGESA respecto de este hecho, a fin de que dicte la sanción que corresponda.

Artículo 45.- Transporte de residuos peligrosos

Los vehículos utilizados en el transporte de residuos peligrosos sólo podrán usarse para dicho fin salvo que sean utilizados para el transporte de sustancias peligrosas de similares características y de conformidad con la normativa que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones emita al respecto; con excepción de los barcos y otras embarcaciones, que podrán transportar, entre otros, contenedores con residuos peligrosos debidamente embalados.

Queda prohibido el transporte de residuos peligrosos por vía postal y como equipaje de viaje.

Artículo 46.- Obligaciones de las EPS-RS de transporte

Las EPS-RS de recolección y transporte de residuos, además de cumplir con las disposiciones legales en materia ambiental, salud y transporte, están obligadas a:

1. Contar con sistemas especiales y exclusivos para su almacenamiento y transporte, utilizando contenedores y unidades de transporte según estándares nacionales e internacionales, para asegurar un adecuado control de los riesgos sanitarios y ambientales;
2. Acondicionar los residuos de acuerdo a su naturaleza física, química y biológica, considerando sus características de peligrosidad, y su incompatibilidad con otros residuos;
3. Tener programas para el mantenimiento preventivo de los equipos y vehículos que empleen, los que a su vez contarán con indicaciones visibles del tipo de residuo que transportan;
4. Contar con el equipo de protección personal para los operarios de los vehículos;
5. Informar y capacitar ampliamente al personal operativo de los vehículos sobre los tipos y riesgos de los residuos que manejen y las medidas de emergencia frente a un accidente;
6. Utilizar las rutas de tránsito de vehículos de transporte de residuos peligrosos, autorizadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, o la municipalidad provincial, de conformidad con las funciones establecidas en la Ley y el Reglamento;
7. Verificar que el embalaje que contiene los residuos peligrosos concuerde con el tipo, características y volumen declarado por el generador en el manifiesto, y que figuren los datos de la EPS-RS de tratamiento o disposición final, a quien entregará dichos residuos;
8. Suscribir una póliza de seguro que cubra los riesgos derivados del transporte de residuos; así como brindar seguro complementario de trabajo de riesgo a los trabajadores que laboran en las unidades de transporte respectivas.
9. Los vehículos empleados para el transporte de residuos peligrosos deben tener las siguientes características:
 - a. De color blanco, que permita ser visualizado a distancia y de noche;
 - b. Identificación en color rojo del tipo de residuo que transporta en ambos lados del compartimiento de carga del vehículo, el cual pueda ser visualizada a 50 metros de distancia;
 - c. Nombre y teléfono de la EPS-RS en ambas puertas de la cabina de conducción; y,

d. Número de registro emitido por la DIGESA en ambos lados de la parte de carga del vehículo, en un tamaño de 40 por 15 centímetros.

Estas reglas también son aplicables a las EC-RS que se encuentran autorizadas para el transporte de residuos.

Artículo 47.- Procedimiento para notificar impedimento de entrega de residuos
La EPS-RS de transporte que por alguna causa excepcional no pueda entregar los residuos peligrosos a la EPS-RS de tratamiento o disposición final, deberá devolverlos al generador en el término de la distancia. En este caso, ambas EPS-RS si así fuera el caso, dejarán expresa constancia del evento y de los motivos que le impidieron cumplir con el servicio, en el manifiesto respectivo, notificando inmediatamente a la autoridad del sector competente y a la Autoridad de Salud de la jurisdicción de este hecho.

Sección III

Tratamiento

Artículo 48.- Tecnologías compatibles con el ambiente
Cuando diferentes tecnologías aplicables a proyectos de tratamiento de residuos presenten niveles de Impacto ambiental similares, la incineración debe ser considerada como la última alternativa a seleccionar. En caso de seleccionarse la incineración, el operador debe asegurar que el sistema cuente como mínimo con las siguientes características:

1. Dos cámaras de combustión, cuyas temperaturas de operación en la cámara primaria deberá estar entre 650°C y 850°C y en la cámara secundaria no deberá ser menor a 1200°C;
2. Sistema de lavado y filtrado de gases; e,
3. Instalaciones y accesorios técnicos necesarios para su adecuada operación, monitoreo y evaluación permanente del sistema;

Artículo 49.- Tratamiento fuera de las instalaciones del generador
El tratamiento de los residuos que se realiza fuera de las instalaciones del generador, debe ser realizado por una EPS-RS, registrada y autorizada conforme lo indicado en el presente Reglamento.

Artículo 50.- Tratamiento en las instalaciones del generador
El generador que trata en sus instalaciones los residuos que genera, en forma directa o mediante los servicios de una EPS-RS, deberá contar con la autorización de la autoridad del sector correspondiente; debiendo para primer caso, cumplir con las obligaciones técnicas de tratamiento exigidas a las EPS-RS indicadas en el Reglamento y normas específicas.

Sección IV

Disposición Final

Artículo 51.- Disposición final de residuos peligrosos
La disposición final de residuos peligrosos se sujeta a lo previsto en el Reglamento y en las normas técnicas que de él se deriven. Se realiza a través de relleno de seguridad o de otros sistemas debidamente aprobados por la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Artículo 52.- Operaciones realizadas en rellenos de seguridad
Las operaciones en un relleno de seguridad deberán cumplir con los siguientes procedimientos mínimos:

1. Control y registro sistemático del origen, tipo, características, volumen, ubicación exacta en las celdas o lugares de confinamiento de residuos;
2. Acondionamiento de los residuos, previo a su confinamiento según su naturaleza, con la finalidad de minimizar riesgos sanitarios y ambientales;
3. Confinamiento de los residuos en un plazo no mayor de cinco (5) días, contados a partir de su recepción en el relleno de seguridad; y,
4. Otros que la autoridad competente establezca.

Artículo 53.- Prohibición de retiro de residuos u otros elementos del sistema de disposición final

Está prohibido retirar los residuos depositados en alguno de los sistemas de disposición final previstos en el Reglamento salvo que éstos, por emergencia declarada hayan sido dispuestos temporalmente, bajo supervisión de la autoridad de salud de la jurisdicción. Este criterio también se aplica a componentes, accesorios o materiales empleados en los sistemas de disposición de residuos, como en el caso de geomembranas, tuberías de drenaje, entre otros.

TÍTULO IV

MINIMIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 54.- Minimización y reaprovechamiento
El generador aplicará estrategias de minimización o reaprovechamiento de residuos, las cuales estarán consignadas en su respectivo plan de manejo de residuos, las que serán promovidas por las autoridades sectoriales y municipalidades provinciales.

Artículo 55.- Segregación de residuos
La segregación de residuos tiene por objeto facilitar su reaprovechamiento, tratamiento o comercialización, mediante la separación sanitaria y segura de sus componentes, cumpliendo con lo señalado en el artículo 16 del Reglamento.

Artículo 56.- Criterios para el diseño de instalaciones de comercialización
Para diseñar las instalaciones de una EC-RS se consideran por lo menos los siguientes criterios:

1. Volumen y tipo de residuo;
2. Disponibilidad y accesibilidad al área de acuerdo a la zonificación definida por la municipalidad provincial correspondiente;
3. Disponer de áreas suficientes para la maniobra y operación de vehículos y equipos sin perturbar las actividades operativas;
4. Independización del área de manejo de residuos del área administrativa y laboratorios;
5. Servicios sanitarios para el personal;
6. Sistemas contra incendio y dispositivos de seguridad;
7. Definir rutas críticas en la instalación para el manejo de residuos a fin de establecer mecanismos de seguridad para el personal;
8. Uso exclusivo para realizar las actividades operativas de comercialización, quedando excluido para fines de vivienda; y,
9. Otros criterios establecidos en normas técnicas específicas o que la autoridad competente lo requiera.

Artículo 57.- Estudios preliminares para instalaciones de comercialización
Los estudios preliminares para establecer instalaciones de comercialización de residuos, por lo menos deben comprender:

1. Estudio de compatibilidad de usos del suelo y tenencias del crecimiento urbano prevista por la municipalidad local;
2. Estudio de selección de área;
3. Estudios del volumen de generación y características de los residuos;
4. Estudio de Impacto Ambiental (EIA); y,
5. Otros estudios que el proyectista proponga, o que la DIGESA requiera de acuerdo a la naturaleza del proyecto.

Artículo 58.- Aprobación de DIA, EIA y PAMA
Todos los proyectos para la implementación de instalaciones de comercialización deben contar con una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

según corresponda. Si se encuentran operando, presentarán un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), de acuerdo a la Guía respectiva que elaborará la DIGESA.

Estos documentos, serán aprobados por la DIGESA, con excepción de aquellas instalaciones de comercialización que se construyan al interior de las instalaciones productivas, concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales de responsabilidad del generador, las que estarán sujetas a los Instrumentos de gestión ambiental sectoriales respectivos.

En el caso de presentación de PAMA, el plazo de cumplimiento de los compromisos comprendidos en dicho programa no deberá exceder de tres (03) años.

Artículo 59.- Aprobación y autorización de instalaciones de comercialización
Los proyectos de instalaciones de comercialización de residuos, son aprobados por la DIGESA y su funcionamiento autorizado por la municipalidad de la jurisdicción. Las instalaciones de comercialización deben cumplir con las características establecidas en el artículo 63 del Reglamento.

Capítulo II

Minimización de Residuos Sólidos

Artículo 60.- Objeto de la minimización

La minimización, tiene por objetivo reducir la generación de residuos y atenuar o eliminar su peligrosidad. La minimización es una estrategia que se realiza de modo planificado y compatibilizado con el plan de manejo de residuos, aplicado antes, durante y después del proceso productivo, como parte del plan de manejo ambiental del generador siendo de su exclusiva responsabilidad.

Artículo 61.- Plan de minimización

Los generadores de residuos del ámbito no municipal deben contar con planes de minimización, los cuales formarán parte de las acciones que se desprendan de los EIA, PAMA y otros instrumentos de gestión ambiental establecidos en la legislación ambiental sectorial respectiva. Los avances en la aplicación del plan de minimización de residuos se deben consignar en el plan de manejo de residuos que el generador remita a la autoridad competente.

Capítulo III

Comercialización de Residuos Sólidos

Artículo 62.- Empresas comercializadoras

La comercialización de residuos es realizada por empresas registradas y autorizadas para dicha finalidad, las que deberán cumplir con lo dispuesto en el Reglamento y normas que emanen de éste; con excepción de los generadores del ámbito de gestión no municipal en caso que el uso del residuo sea directamente reaprovechado por otro generador en su proceso productivo, lo cual será declarado en su respectivo plan de manejo de sus residuos.

Artículo 63.- Control de riesgos en la comercialización

La comercialización de residuos sólo podrá realizarse utilizando sistemas de seguridad en toda la ruta de comercialización, a fin de controlar los riesgos sanitarios y ambientales, sin perjuicio de cumplir con las disposiciones y prohibiciones en materia de residuos peligrosos.

Artículo 64.- Características de las instalaciones de comercialización

Las instalaciones para la comercialización de residuos, deben reunir las siguientes características:

1. Sistema apropiado de iluminación y ventilación;
2. Paredes y pisos impermeables y lavables;
3. Adecuada señalización en las zonas de tránsito y áreas de seguridad;
4. Sistema de control y monitoreo ambiental;
5. Sistema contra incendios; y,
6. Otras características que la autoridad competente indique.

Artículo 65.- Acondicionamiento previo a la comercialización

Las operaciones básicas para el acondicionamiento de los residuos, antes de su comercialización y según corresponda, son las siguientes:

1. Segregación;

2. Almacenamiento;
3. Limpieza;
4. Trituración o molido;
5. Compactación física;
6. Neutralización química;
7. Empaque o embalaje;
8. Recuperación;
9. Reciclaje;
10. Otras que la autoridad competente indique.

Artículo 66.- Bolsa de residuos y mercados de subproductos
El CONAM promoverá el mercado de subproductos y el desarrollo de la Bolsa de Residuos con la finalidad de facilitar la comercialización y el intercambio de residuos. Para tal efecto el CONAM:

1. Elaborará una guía de implementación; e,
2. Incorporará información sobre la Bolsa de Residuos en el Sistema Nacional de Información Ambiental y en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú.

TÍTULO V

INFRAESTRUCTURAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 67.- Criterios para la selección de áreas de Infraestructuras

La municipalidad provincial define y establece los espacios geográficos en su jurisdicción para instalar infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos. Para ello tendrá en cuenta los siguientes criterios:

1. Compatibilización con el uso del suelo y planes de expansión urbana;
2. Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos de la provincia;
3. Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos, que se puedan originar por la construcción, operación y cierre;
4. Considerar los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre otros;
5. Prevención de riesgos sanitarios y ambientales;
6. Preservación del patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona;
7. Preservación de áreas naturales protegidas por el Estado y conservación de los recursos naturales renovables,
8. Vulnerabilidad del área a desastres naturales; y,
9. Otros criterios o requisitos establecidos en este Reglamento y normas que emanen de éste.

Artículo 68.- Determinación de áreas para infraestructuras de residuos sólidos

Las municipalidades provinciales coordinarán con las municipalidades distritales, la Autoridad de Salud de la jurisdicción correspondiente y otras autoridades sectoriales competentes, la evaluación e identificación de los espacios geográficos en su jurisdicción que puedan ser utilizados para la ubicación de Infraestructuras de residuos.

Las municipalidades provinciales, una vez definido el destino del área para infraestructura de residuos sólidos no deberán habilitar esta área para otros fines; debiendo, así mismo, respetar la intangibilidad de la zona de influencia que se establece en su contorno.

Artículo 69.- Requisitos para la presentación de proyectos de Infraestructura de residuos

La aprobación de proyectos de infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos de ámbito de gestión municipal y así mismo de los del ámbito de gestión no municipal que se construyan fuera de las instalaciones productivas, concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

1. Resolución Directoral de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental emitida por la DIGESA en aplicación a lo establecido en el artículo 71 del Reglamento;

2. Opinión técnica favorable del proyecto por parte de la DIGESA y de la Oficina de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;

3. Título de propiedad o documento que autorice el uso del terreno para su operación;

4. Su ubicación debe establecerse de modo tal, que su operación no cause riesgo a la salud, el ambiente y el bienestar de la población en general, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

a) Planta de transferencia y tratamiento:

- No deberá ubicarse en áreas de zonificación residencial, comercial o recreacional;

b) Rellenos sanitarios y rellenos de seguridad:

- Deberán ubicarse a una distancia no menor de mil (1000) metros de poblaciones así como de granjas porcinas, avícolas, entre otras;

Por excepción y de acuerdo a lo que establezca el respectivo Estudio de Impacto Ambiental, la DIGESA podrá autorizar distancias menores o exigir distancias mayores, sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población, que pueda generar el relleno sanitario o relleno de seguridad.

5. Deberá contar con una barrera sanitaria natural o artificial en todo el perímetro de la infraestructura de disposición final y para las otras infraestructuras, cerco perimétrico de material noble;

6. El área ocupada y proyectada para operar la infraestructura deberá cumplir con lo señalado en el artículo 66 del Reglamento;

7. No debe afectar la calidad del ambiente en su ámbito de influencia, y deberá contar con los dispositivos de control y monitoreo ambiental, según lo indicado en este Reglamento y las normas emitidas al amparo de éste;

8. La infraestructura será administrada de forma tal que se tenga un control permanente del volumen y tipo de residuo que ingresa al lugar;

9. La vida útil debe justificar los costos de habilitación e instalación y debe ser compatible con el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia. Para las infraestructuras de disposición final la vida útil no será menor de 5 años;

10. El personal encargado de la operación deberá contar con el equipo de higiene y seguridad ocupacional adecuado, y estará debidamente instruido de las prácticas operativas y de los procedimientos para actuar frente a emergencias o accidentes;

11. El proyecto deberá contar con un plan de cierre y post-cierre;

12. El proyecto deberá ser formulado y firmado por un Ingeniero sanitario colegiado. Los estudios específicos que lo componen, indicados en el Reglamento y en las normas específicas, serán suscritos por los respectivos profesionales; y,

13. Otros requisitos mencionados en el Reglamento y normas vigentes.

Artículo 70.- Uso de propiedad privada

El uso de terrenos de propiedad privada, concesiones u otros derechos adquiridos para la instalación de una infraestructura de residuos, debe contar previamente con el consentimiento expreso del titular o poseedor de los derechos de usufructo del predio, o en su defecto con una declaración expresa de necesidad pública, de acuerdo a Ley.

Artículo 71.- Publicación de listado de áreas para infraestructura

Las municipalidades provinciales deben establecer, publicar y mantener actualizada la zonificación en donde es permitida la instalación de las infraestructuras de residuos, de conformidad con los planes provinciales de gestión integral de residuos y los criterios indicados en el artículo 66 del Reglamento.

Artículo 72.- EIA para proyectos de infraestructura de residuos

Todo proyecto nuevo o de ampliación de infraestructura de residuos, debe contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado por la DIGESA, como requisito previo a su aprobación. Para

estos efectos, se deberá contar con la constancia de no afectación de áreas naturales protegidas por el Estado, otorgada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA); de no afectación de restos arqueológicos otorgada por el Instituto Nacional de Cultura (INC) y; de no encontrarse en un área vulnerable a desastres naturales otorgada por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Artículo 73.- PAMA para infraestructura de residuos

La infraestructura de residuos a que hace referencia el artículo 68 del presente Reglamento que esté operando antes de la publicación del mismo, deberá contar con un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), aprobado por la DIGESA. El PAMA, deberá contar con las constancias del INDECI y del INRENA mencionadas en el artículo anterior, para la evaluación previa a su aprobación.

El plazo de la adecuación, a establecerse en el respectivo PAMA; no podrá exceder de 5 años.

Artículo 74.- Cambios en el diseño y características de los proyectos de infraestructura de residuos
La modificación de las características y del periodo de vida útil de la infraestructura de residuos sólidos contenida en el proyecto aprobado por la Municipalidad Provincial respectiva, deberá contar con la aprobación de la misma, con la opinión técnica favorable de la DIGESA y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Capítulo II

Infraestructura de Transferencia

Artículo 75.- Objeto de la transferencia

La transferencia de residuos se realiza en una instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos de las unidades de transporte o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad hacia un lugar autorizado para la disposición final. Bajo ninguna circunstancia se permitirá el almacenamiento temporal por más de doce (12) horas de los residuos autorizados en estas instalaciones.

La transferencia de residuos tiene los siguientes objetivos:

1. Minimizar los costos de transporte;
2. Optimizar el uso de los vehículos de recolección de residuos; y,
3. Optimizar el flujo del transporte de residuos y un mejor control de los mismos.

Artículo 76.- Modalidades de transferencia

La transferencia de residuos se realiza en instalaciones utilizando métodos seguros para la salud pública y el ambiente, a través de cualquiera de las siguientes modalidades:

1. Centro de acopio.- modalidad de transferencia a nivel comunal, cuando sea necesario traspasar los residuos de la recolección domiciliaria o del mantenimiento de parques, de algunos sub-sectores de un distrito hacia sistemas de transporte de residuos distritales;
2. Estaciones distritales de transferencia.- cuando sea necesario traspasar los residuos recolectados de un distrito hacia sistemas de transporte de residuos interdistritales;
3. Estaciones provinciales de transferencia.- cuando sea necesario traspasar los residuos recolectados de un conjunto de distritos hacia un sistema de transporte de residuos provincial o metropolitano.

Capítulo III

Infraestructura de Tratamiento

Artículo 77.- Objeto del tratamiento

El tratamiento de los residuos, está orientado prioritariamente a reaprovechar los residuos y a facilitar la disposición final en forma eficiente, segura y sanitaria. En el caso de residuos peligrosos el tratamiento busca reducir o eliminar las características de peligrosidad del residuo, a fin de acondicionarlos para una fase posterior de su manejo, o para su disposición final.

Artículo 78.- Tratamiento centralizado

El tratamiento de residuos puede ser realizado en instalaciones centralizadas, atendiendo a un conjunto de usuarios o generadores de residuos que convienen; o que deben hacerlo por razones legales, técnicas, económicas o ambientales.

Artículo 79.- Operaciones de tratamiento centralizado de residuos del ámbito de gestión municipal

La instalación de tratamiento centralizada de residuos del ámbito de gestión municipal, según corresponda, incluye algunas de las siguientes operaciones:

1. Segregación mecanizada, semi-mecanizada o manual de los elementos constitutivos de los residuos adoptándose las necesarias medidas de salud ocupacional a fin de minimizar los riesgos derivados;
2. Compactación o embalaje de los residuos para que el transporte, reaprovechamiento, comercialización o disposición final sea más eficiente;
3. Biodegradación de la fracción orgánica de los residuos con fines de producción de energía o de un mejorador de suelo;
4. Uso de la fracción orgánica para la producción de humus a través de la crianza de lombrices, o para el desarrollo de prácticas de compostaje;
5. Tratamiento térmico de la fracción orgánica de los residuos a fin de emplearlos como alimento de animales; y,
6. Otras operaciones de tratamiento, que se puedan diseñar e implementar y que cumplan con los requisitos del Reglamento y normas emitidas al amparo de éste.

Artículo 80.- Operaciones de tratamiento centralizado de residuos del ámbito de gestión no municipal
La infraestructura de tratamiento centralizado de residuos del ámbito no municipal, según corresponda, incluye algunas de las siguientes operaciones:

1. Solidificación, que permite la integración de residuos peligrosos para generar un material sólido de alta capacidad estructural;
2. Estabilización, mediante procesos bioquímicos para neutralizar la peligrosidad del residuo;
3. Incineración, para anular las características de peligrosidad del residuo original y reducir su volumen;
4. Pirólisis, que mediante un proceso térmico con déficit de oxígeno, transforme los materiales orgánicos peligrosos en componentes gaseosos, que se condensan formando un compuesto de alquitrán y aceite, además de generar un residuo sólido de carbón fijo y ceniza;
5. Desinfección, que posibilite reducir las características de patogenicidad de los residuos biocontaminados; y,
6. Otras operaciones de tratamiento, que se puedan diseñar e implementar y que cumplan con los requisitos del Reglamento y normas que se emitan al amparo de éste.

Artículo 81.- Estudios preliminares

Los estudios preliminares para implementar una infraestructura de tratamiento deben estar refrendados por profesionales colegiados y especializados en el tema; considerando como mínimo los siguientes:

1. Estudio de compatibilidad de usos del suelo, zonificación y tendencias de crecimiento urbano, previstas por la municipalidad provincial de la jurisdicción correspondiente;
2. Estudio del volumen de generación y características de los residuos;
3. Estudio de factibilidad técnica;
4. Estudio de Impacto Ambiental (EIA); y,
5. Otros estudios que el proyectista proponga, o que la autoridad competente requiera de acuerdo a la naturaleza de la infraestructura.

Capítulo IV

Infraestructura de Disposición Final

Artículo 82.- Disposición final

La disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario. La disposición final de residuos del ámbito de gestión no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad.

Artículo 83.- Clasificación de Infraestructuras de disposición final

1. Del ámbito municipal:

De acuerdo al tipo de operación los rellenos sanitarios, se clasifican en:

- a) Relleno sanitario manual; cuya capacidad de operación diaria no excede a veinte (20) Toneladas Métricas (TM);
- b) Relleno sanitario semi-mecanizado; cuya capacidad de operación diaria no exceda a cincuenta (50) TM; y
- c) Relleno sanitario mecanizado cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50) TM.

2. Del ámbito no municipal:

- a) Relleno de seguridad para residuos peligrosos; en donde se podrán manejar también residuos no peligrosos.
- b) Relleno de seguridad para residuos no peligrosos.

Artículo 84.- Estudio de Impacto Ambiental para Infraestructura de Disposición Final

El Estudio de Impacto Ambiental para Infraestructura de disposición final deberá comprender el análisis técnico de los siguientes aspectos:

1. Selección de área;
2. Topografía;
3. Hidrogeología;
4. De suelos;
5. Geofísica;
6. Geología;
7. Meteorología;
8. Vulnerabilidad a desastres naturales;
9. Otros aspectos de acuerdo a la naturaleza del proyecto.

Artículo 85.- Instalaciones mínimas en un relleno sanitario

Las instalaciones mínimas y complementarias que debe poseer un relleno sanitario son:

1. Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ y una profundidad mínima de 0.40 m) salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente;
2. Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;
3. Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;
4. Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;
5. Barrera sanitaria;
6. Pozos para el monitoreo del agua subterránea a menos que la autoridad competente no lo indique, teniendo a vista el sustento técnico;
7. Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;
8. Señalización y letreros de información;
9. Sistema de pesaje y registro;
10. Construcciones complementarias como: caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios higiénicos y vestuario; y,
11. Otras instalaciones mencionadas en el Reglamento y normas vigentes.

Artículo 86.- Instalaciones mínimas en un relleno de seguridad

Las instalaciones mínimas y complementarias que debe poseer un relleno de seguridad son:

1. Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-9}$ para rellenos de seguridad para residuos peligrosos y de $k \leq 1 \times 10^{-7}$ para

rellenos de seguridad para residuos no peligrosos y, en ambos casos, una profundidad mínima de 0.50 m) salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente;

2. Geomembrana de un espesor no inferior a 2 mm. de espesor;
3. Geotextil de protección;
4. Capa de drenaje de lixiviados;
5. Geotextil de filtración;
6. Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;
7. Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;
8. Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;
9. Barrera sanitaria;
10. Pozos de monitoreo del agua subterránea; a menos que la autoridad competente no lo indique, teniendo a vista el sustento técnico;
11. Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;
12. Señalización y letreros de información;
13. Sistema de pesaje y registro;
14. Construcciones complementarias como: caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios higiénicos y vestuario; y,
15. Otras instalaciones mencionadas en el Reglamento y normas vigentes.

Artículo 87.- Operaciones realizadas en el relleno sanitario

Las operaciones básicas que deben realizarse en un relleno sanitario son:

1. Recepción, pesaje y registro del tipo y volumen de residuo;
2. Nivelación y compactación para la conformación de la celda de residuos;
3. Cobertura diaria de los residuos con capas de material apropiado, que permita el correcto confinamiento de los mismos;
4. Compactación diaria de la celda en capas de un espesor no menor de 0.20 m. y cobertura final con material apropiado en un espesor no menor de 0.50 m.
5. Monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo;
6. Mantenimiento de pozos de monitoreo, drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases, canaletas superficiales entre otros;
7. Restricción de acceso a personas no autorizadas al área de operación;
8. Prohibición de crianza o alimentación de animales dentro de la infraestructura;
9. Otras operaciones previstas en la memoria descriptiva del proyecto, o que la autoridad competente establezca.

Artículo 88.- Pautas para la disposición final de residuos peligrosos

La implementación de los métodos de disposición final de residuos peligrosos debe sujetarse a las normas técnicas que para tal efecto se expidan. Sin perjuicio de lo anterior, los métodos deben reunir los siguientes requisitos:

1. Estudio de selección de área, que evaluará la distancia a las poblaciones más cercanas; características climáticas, topográficas, geológicas, hidrogeológicas, ambientales; entre otros aspectos técnicos;
2. Estudio de los residuos, explicitando el origen, tipo, volumen, características físicas, químicas, tóxicas entre otras; sustentados con ensayos de un laboratorio acreditado;

3. Implementación de celdas de confinamiento y construcciones auxiliares;

4. Sistemas contra incendios y dispositivos de seguridad;

5. Instalación de dispositivos de control y monitoreo ambiental, como, impermeabilización, pozos de monitoreo, drenes y sistemas de tratamiento de lixiviados; y

8. Otros requisitos establecidos en el Reglamento y normas que emanen de éste.

Artículo 89.- Plan de cierre de infraestructura

La EPS-RS o la municipalidad provincial que administra una infraestructura de residuos sólidos es responsable de la ejecución del plan de cierre que es aprobado por la DIGESA como parte del EIA o PAMA. Para la ejecución del indicado plan, éste deberá ser replanteado y presentado para su aprobación por la Autoridad de Salud de la jurisdicción, como mínimo 4 años antes del límite del tiempo de vida útil del proyecto de infraestructura, de acuerdo a lo establecido en el literal g) del artículo 8 del Reglamento.

El plan deberá cumplir como mínimo con los siguientes aspectos técnicos, según corresponda al tipo de infraestructura de residuos sólidos:

1. Evaluación ambiental;
2. Diseño de cobertura final apropiada;
3. Control de gases;
4. Control y tratamiento de lixiviados;
5. Programa de monitoreo ambiental;
6. Medidas de contingencia;
7. Proyecto de uso del área después de su cierre; y
8. Otros que la autoridad competente establezca.

Artículo 90.- Uso del área de la infraestructura después de su cierre

Queda prohibida la habilitación urbana o la construcción de edificaciones de cualquier naturaleza en áreas que fueron utilizadas como infraestructura de disposición final. Asimismo, toda iniciativa o propuesta de uso de las áreas donde funcionó este tipo de infraestructura, será sustentada con el proyecto respectivo que es aprobado por la DIGESA presentado como requisito previo al plan de cierre aprobado.

Artículo 91.- Póliza de Seguro para infraestructura de residuos sólidos

La EPS-RS operadora de infraestructura de disposición final o la municipalidad provincial que lo administra debe contar con una póliza de seguro de responsabilidad civil que cubra todos los riesgos por daños al ambiente y contra terceros que sean consecuencia de los actos u omisiones del titular de la infraestructura. Asimismo, los trabajadores, operarios y administrativos, que laboran en las instalaciones de infraestructura de residuos sólidos deberán contar con seguro complementario de trabajo de riesgo.

Artículo 92.- Recuperación y uso de áreas degradadas

Las áreas que han sido utilizadas como botaderos de residuos, deberán ser sanitaria y ambientalmente recuperadas en concordancia con el desarrollo y bienestar de la población, y con la prohibición dispuesta en el artículo 89 mediante un plan de recuperación. La formulación y ejecución de dicho plan es de responsabilidad de la municipalidad provincial correspondiente para lo cual contará con el apoyo de las municipalidades distritales y la Autoridad de Salud, sin perjuicio de que ésta repita posteriormente contra quien o quienes hayan hecho aprovechamiento del botadero. El citado plan será aprobado por la DIGESA, teniendo en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

1. Diseño e implementación del plan para la limpieza y remoción parcial o total de los residuos acumulados en el botadero, para atenuar o eliminar la contaminación;
2. Estabilización del suelo y confinamiento final de los residuos;
3. Asegurar que las características físicas, químicas y biológicas del área recuperada y de su entorno sean plenamente compatibles con los aspectos sanitarios y ambientales;
4. Programa de monitoreo ambiental que reportará el titular del terreno, entre cinco (05) a diez (10) años luego de la clausura del botadero;
5. Otras que se indiquen en la aprobación del plan de recuperación.

IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Artículo 93.- Sujeción a la normatividad nacional y acuerdos internacionales

El internamiento y salida de residuos del territorio nacional, se ceñirá a lo dispuesto en la legislación vigente y a los acuerdos internacionales suscritos por el Perú. Tanto el internamiento como la salida, se entenderá como operaciones de importación y exportación, respectivamente.

Se consideran como residuos sólidos comprendidos dentro del presente Título a los buques y demás embarcaciones de bandera extranjera y aquéllas nacionalizadas, destinadas a actividades de desguace y desmantelamiento dentro del territorio nacional.

Artículo 94.- Operadores autorizados para importar y exportar residuos

La importación y exportación de residuos es realizada por EC-RS registradas y autorizadas por la DIGESA, las que deberán cumplir con lo dispuesto en el Reglamento y normas que emanen de éste; o por el generador del ámbito de gestión no municipal para los fines de su proceso productivo, lo cual deberá estar declarado en su respectivo plan de manejo de residuos.

Artículo 95.- Sujeción al Convenio de Basilea

La importación, exportación y el tránsito de residuos, se regulan internacionalmente por el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y otros Desechos y su Eliminación, aprobado mediante Resolución Legislativa N° 26234. Sólo está permitido el internamiento de residuos destinados exclusivamente para su reaprovechamiento como insumo en la actividad productiva en el país.

Artículo 96.- Autorización de importación y exportación de residuos

Se expedirá mediante resolución directoral de la DIGESA la autorización sanitaria para la importación de residuos y, en caso de exportación, se emitirá la notificación al país importador.

Para tales efectos, se requerirá la presentación de memoria descriptiva del proceso al cual será sometido el residuo, volúmenes del producto y de los residuos generados acorde al Plan de manejo, bajo las características que determine la DIGESA. Así mismo, se requerirán los certificados de análisis que correspondan (físico, químico, microbiológica, radiológica, toxicológico, u otro) de modo que garanticen la ausencia de riesgo a la salud humana, de la póliza de seguro de conformidad y lo establecido en el artículo 104 del Reglamento, así como de la notificación del país exportador referendada por la Autoridad de Salud o Autoridad Ambiental de dicho país, en donde se establezca que los residuos no causarán daños al ambiente ni a la salud.

Artículo 97.- Autorización de importación de múltiples embarques

1. El importador de residuos debe gestionar para cada embarque la respectiva resolución directoral que lo autorice; y,

2. Si se trata de múltiples embarques de residuos, con el mismo lugar de origen, fuente generadora, características, procesos y destino, bastará obtener una única resolución directoral, válida para múltiples operaciones de importación, con una vigencia máxima de un año calendario.

Artículo 98.- Certificado de análisis de las características de residuos

Todos los ingresos de residuos que se internen en el territorio nacional, contarán con su respectivo certificado de análisis de las características de los residuos según lo establecido en el artículo 95 del presente Reglamento, de acuerdo a la notificación oficial del país exportador, emitido por un organismo de certificación del país de origen o empresa internacional de certificación.

Artículo 99.- Causales para anular autorización de importación

La autorización sanitaria de importación de residuos se anulará cuando se compruebe que éstos no correspondan a las características declaradas en la notificación del país de origen y a los resultados de los certificados de análisis de composición.

En el caso de autorización de importación de aquellos residuos aún no ingresados al territorio nacional que se realiza en múltiples embarques como se indica en el numeral 2 del artículo 96; la autorización será anulada cuando el titular de la misma incurra en alguna de las siguientes causales:

1. Modificación del uso de los residuos importados, para el que fue autorizado su internamiento al país;

2. Almacenamiento inapropiado de los residuos importados luego de su desaduanaje;

3. Interferencia de los residuos importados con los sistemas de manejo de residuos del ámbito de gestión municipal;

4. Riesgos a la salud y al ambiente derivados del manejo de los residuos importados, comprobados mediante investigación por la autoridad competente; y

5. Cuando no cumpla con las formalidades legales para el internamiento y tránsito por el territorio nacional.

En ambos casos, la empresa importadora deberá proceder a la reexportación de dichos residuos al país de origen, bajo su propio costo y responsabilidad.

Artículo 100.- Restricción a la importación de residuos

No se permitirá la importación de residuos para reciclaje, reutilización o recuperación cuando los procesos a los que serán sometidos no garanticen un adecuado manejo y control de los impactos que pudieran generar a la salud o el ambiente.

No se concederá autorización de internamiento, tránsito, trasbordo o almacenamiento temporal por el territorio nacional a residuos de naturaleza radioactiva.

La DIGESA se encuentra autorizada para, mediante resolución directoral, establecer como medida de seguridad de ejecución inmediata, la prohibición del ingreso al país de determinados residuos sólidos que por su peligrosidad constituyan grave riesgo para la salud de las personas y el ambiente.

Artículo 101.- Prohibición del sistema postal para movimiento de residuos

Una vez internado el residuo en el territorio nacional, solamente podrá ser transportado por empresas registradas y autorizadas por la autoridad competente. No podrá emplearse el sistema postal o el equipaje de carga para el movimiento interno del residuo en el país.

Artículo 102.- Tránsito de residuos por el territorio nacional

El tránsito de residuos en el territorio nacional deberá ser notificado por el país exportador conforme se estipula en el Convenio de Basilea y autorizado por la DIGESA en cautela de la salud de las personas y la protección del ambiente; con conocimiento de la Dirección General de Asuntos Socio Ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el caso de transporte de residuos peligrosos. De no otorgarse la autorización correspondiente no se permitirá el tránsito de residuos.

Artículo 103.- Control del tránsito de residuos en aguas marítimas y puertos

La DICAPI del Ministerio de Defensa, de acuerdo a su competencia, está facultada para controlar y prohibir el movimiento o ingreso en aguas marítimas, ríos y lagos navegables así como a los puertos nacionales de aquellas naves que transporten residuos como carga en tránsito o trasbordo, cuando no cumplan con las normas para el transporte y formalidades para el ingreso legal al territorio nacional. La DICAPI comunicará el hecho al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el caso de transporte de residuos peligrosos.

Artículo 104.- Obligación de informar respecto de las operaciones de importación o exportación de residuos

Toda importación o exportación de residuos debe ser informada a la DIGESA dentro de los 15 días calendario siguientes a la fecha en la que se realice, adjuntando el respectivo documento emitido por la oficina de aduanas respectiva, certificando dicha operación.

La DIGESA, en base a la información remitida, llevará un sistema de seguimiento de los residuos importados al país.

Artículo 105.- Póliza de seguro para importación y para tránsito de residuos peligrosos comprendidos en el Convenio de Basilea

Toda entidad o EC-RS que importe residuos deberá contar con una póliza de seguro que cubra los eventuales daños propios y contra terceros, que puedan originarse por accidentes o incidentes que resulten en el manejo inadecuado en el desembarque, desaduanaje y en el transporte hasta su destino final.

Todo tránsito de residuos peligrosos deberá contar con una póliza de seguro a favor del país en tanto éste pueda ser afectado por una contingencia durante; el mismo que deberá cubrir todo posible daño a la salud y al ambiente derivado de dicho tránsito.

TÍTULO VII

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS Y EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 106.- Registro de empresas que prestan servicios o comercializan residuos

Toda persona natural o jurídica que va prestar servicios o actividades de comercialización de residuos, debe constituirse en persona jurídica a efectos de brindar servicios como empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS-RS) o empresa comercializadora de residuos sólidos (EC-RS), respectivamente, con excepción de las Municipalidades que por sí mismas presten directamente el servicio de residuos sólidos municipales en su jurisdicción, de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades así como de los generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal conforme lo establecido en el artículo 61 del presente Reglamento.

Las EPS-RS y las EC-RS deberán inscribirse en el Registro respectivo que administra la DIGESA. El registro otorgado tendrá una duración de cuatro (04) años renovables, encontrándose obligado el titular a informar a la DIGESA toda modificación de los datos contenidos en el registro otorgado.

En los casos de ampliación de servicios o actividades, así como de modificación de datos, el término de vigencia del registro será el mismo que el correspondiente al registro inicial. En el caso de solicitudes de cambio de razón social y/o cambio de ubicación de planta, se procederá a cancelar el registro inicial y por tanto ésta será tratada como una nueva solicitud de registro

La información que se brinda para el registro, está sujeta a verificación, y los servicios o actividades declarados se encuentran sujetos a vigilancia, en forma programada o inopinada por parte de la DIGESA, a fin de fiscalizar el cumplimiento de la presente norma.

Artículo 107.- Requisitos para inscripción en los registros:

a) Registro de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos

Para la inscripción en el registro de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Copia de la constancia de inscripción de la empresa en los Registros Públicos, debiendo encontrarse expresamente consignado dentro del objeto social de la empresa lo relativo a la prestación de estos servicios;
2. Memoria descriptiva de los servicios a prestar detallando el manejo técnico que brindará a los residuos sólidos, de acuerdo al formato que emita la DIGESA; la misma que deberá estar suscrita por Ingeniero Sanitario colegiado;
3. Carta compromiso suscrita por el mismo Ingeniero Sanitario referido en el acápite anterior, de acuerdo al formato que emita la DIGESA, en su calidad de responsable del manejo de los residuos, la cual deberá ser acompañada de la constancia de habilitación profesional correspondiente;
4. Planos de ubicación y distribución de la infraestructura de residuos sólidos;
5. Plan de contingencia en caso de emergencias respecto de los servicios de residuos sólidos cuya autorización se solicita.
6. Licencia de Funcionamiento de las instalaciones (planta y oficinas), expedida por la autoridad municipal respectiva;
7. Para el caso de residuos sólidos del ámbito no municipal y así mismo para el caso de los residuos peligrosos del ámbito municipal, deberá presentar constancia o declaración jurada de no ser micro o pequeña empresa.
8. La EPS-RS encargada de la gestión de los residuos sólidos del ámbito no municipal debe acreditar que cuenta con una póliza de seguro que cubra todos los riesgos por daños al ambiente y contra terceros; así mismo, con un seguro complementario de trabajo de riesgo para los trabajadores que operan directamente los residuos.
9. Para el caso del registro de empresas dedicadas al servicio de transporte de residuos sólidos peligrosos se solicitará la presentación de certificado de habilitación expedido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que certifique que las unidades de transporte cumplen con los requisitos técnicos correspondientes para ejecutar dicho servicio.

b) Registro de empresas comercializadoras de residuos sólidos

Para la inscripción en el registro de empresas comercializadoras de residuos sólidos, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Copia de la constancia de inscripción de la empresa en los Registros Públicos, debiendo encontrarse expresamente consignado dentro del objeto social de la empresa la comercialización de residuos sólidos;
2. Memoria descriptiva de las actividades de comercialización de residuos sólidos a realizar, de acuerdo al formato que emita la DIGESA; la misma que deberá estar suscrita por el ingeniero responsable;
3. Carta compromiso suscrita por el mismo profesional referido en el acápite anterior, de acuerdo al formato que emita la DIGESA, en su calidad de responsable del manejo de los residuos, la cual deberá ser acompañada de la constancia de habilitación profesional correspondiente;
4. Planos de ubicación y distribución de la instalación de comercialización de residuos sólidos;
5. Plan de contingencia en caso de emergencias.
6. Licencia de Funcionamiento de las instalaciones (planta y oficinas) expedida por la autoridad municipal respectiva;
7. Para el caso de residuos sólidos del ámbito no municipal y así mismo para el caso de los residuos peligrosos del ámbito municipal, deberá presentar constancia o declaración jurada de no ser micro o pequeña empresa.
8. La EC-RS encargada de la comercialización de los residuos sólidos del ámbito no municipal debe acreditar que cuenta con una póliza de seguro que cubra todos los riesgos por daños al ambiente y contra terceros; así mismo, con un seguro complementario de trabajo de riesgo para los trabajadores que operan directamente los residuos.
9. Para el caso del registro de empresas cuyo actividad comprenda el transporte de residuos sólidos peligrosos se solicitará la presentación de constancia expedida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que certifique que las unidades de transporte cumplen con los requisitos técnicos correspondientes para ejecutar dicho servicio.

Artículo 108.- Responsable de la dirección técnica

1. Las EPS-RS y las municipalidades deben contar con un ingeniero sanitario colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de la prestación de los servicios de residuos sólidos;
2. Las EC-RS deben contar con un ingeniero colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de las actividades, cuando éstas incluyen procesos de acondicionamiento físico, químico o biológico de los residuos.

En ambos casos el profesional responsable de la dirección técnica no podrá cumplir esta función, en más de tres empresas indicadas en este artículo.

El encargado de la dirección técnica de la prestación de servicios de residuos sólidos deberá verificar, bajo responsabilidad, que dicha EPS-RS o la Municipalidad, disponga de los residuos a su cargo en una instalación de disposición final debidamente autorizada.

Capítulo II

Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS)

Artículo 109.- Servicios prestados por las EPS-RS

Las EPS-RS pueden registrarse en uno o más de los siguientes servicios indicados a continuación, siempre y cuando cumplan con los requisitos que para cada tipo de servicio se establezca en el Reglamento y sus respectivas normas específicas:

1. Limpieza de vías y espacios públicos;
2. Recolección y transporte;
3. Transferencia;
4. Tratamiento; o,
5. Disposición final.

Artículo 110.- Calidad del servicio y facilidades que deben brindar las EPS

Las EPS-RS y las municipalidades que presten directamente servicios de residuos sólidos, deben mantener un adecuado nivel de calidad del servicio que prestan, concordante con los aspectos sanitarios, ambientales, ocupacionales y de seguridad. Asimismo, deberán otorgar a los auditores o personal autorizado por la autoridad competente las facilidades necesarias para realizar las labores de auditoría o de inspección.

Artículo 111.- Pequeña y micro empresa

Para fines del Reglamento, una micro y pequeña empresa (MYPE) es aquella que maneja exclusivamente residuos municipales hasta un máximo de 20 toneladas por día. La prestación de servicios de residuos sólidos por parte de las MYPE se encuentra restringida a los residuos sólidos no peligrosos del ámbito de gestión municipal.

La DIGESA promueve la formalización de las MYPE en el registro de EPS-RS, sobre la base de los criterios y procedimientos más apropiados que se establezca para este fin. Para su registro, se establecerán costos diferenciados.

Capítulo III

Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS)

Artículo 112.- Operaciones básicas de la EC-RS

Las EC-RS sólo podrán realizar operaciones de recolección, transporte, segregación, o acondicionamiento de los residuos con fines exclusivos de comercialización o exportación, conforme se indica en el Capítulo III "Comercialización de Residuos Sólidos" del Título IV "Minimización y Comercialización" del presente Reglamento.

Artículo 113.- Métodos aplicados por las EC-RS

Las EC-RS aplicarán métodos o técnicas para comercializar residuos con mínimo riesgo para la salud y el ambiente, en sujeción al Reglamento y a las normas que se emitan, los cuales serán descritos en el respectivo plan operativo de la empresa comercializadora.

TÍTULO VIII

DE LA INFORMACIÓN Y LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Artículo 114.- Información de gestión de residuos radioactivos

El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) informará semestralmente a la Autoridad de Salud de nivel nacional sobre la gestión y manejo de los residuos de naturaleza radioactiva, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 17 de la Ley.

Artículo 115.- Declaración de manejo de residuos

El generador de residuos del ámbito de gestión no municipal deberá presentar dentro de los primeros quince días hábiles de cada año una Declaración de Manejo de Residuos Sólidos, según formulario que se adjunta en el Anexo 1 del Reglamento, acompañado del respectivo plan de manejo de residuos que estima ejecutar en el siguiente periodo, a la autoridad competente. Esta derivará una copia de la misma con un análisis de situación a la DIGESA.

Artículo 116.- Manifiesto de manejo de residuos peligrosos

El generador y la EPS-RS responsable del servicio de transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos están obligados a suscribir un Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos, según el formulario del Anexo 2 y de acuerdo a lo indicado en los artículos 41, 42 y 43 del Reglamento.

Artículo 117.- Emisión y características de formularios de manifiesto

La autoridad del sector correspondiente debe emitir los formularios indicados en el artículo anterior para el seguimiento de los residuos de su competencia, desde el transporte hasta su destino final, para lo cual establecerá en su respectivo TUPA el procedimiento para que los generadores adquieran dichos formularios. La emisión de estos formularios considera las siguientes características:

1. Color:

a) Original, de color verde que es para la autoridad competente;

b) Primera copia, de color blanco para el generador;

c) Segunda copia, de color amarillo claro para la EPS-RS de transporte;

d) Tercera copia, de color celeste claro para la EPS-RS de tratamiento o disposición final, o empresa comercializadora, en caso de utilizar los servicios de ésta para la exportación de residuos.

2. Membrete del sector correspondiente en el extremo superior izquierdo;

3. Código en el extremo superior derecho, constituido por número correlativo, los últimos dos dígitos del año correspondiente, y las siglas del sector, cada uno de estos elementos estará separado por un guión.

4. En el extremo inferior derecho deberá estar impreso lo siguiente:

a) En el original: Autoridad Competente;

b) En la primera copia: Generador;

c) En la segunda copia: EPS-RS de Transporte; y

d) En la tercera copia: EPS-RS de Tratamiento o Disposición Final, o EC-RS.

Artículo 118.- Plazos para presentar el informe de operador

En los primeros quince (15) días hábiles de cada mes la EPS-RS y la EC-RS y las municipalidades, deberán presentar un informe de operador, refrendado por el responsable del área técnica, a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, y ésta lo remitirá a la DIGESA dentro de los quince (15) días hábiles de recibida dicha información; acompañada de un análisis de situación.

Artículo 119.- Reserva de la información

La autoridad competente guardará la debida confidencialidad de la información protegida por leyes especiales a solicitud del generador. Igualmente la EPS-RS o la EC-RS deberán salvaguardar el derecho que poseen las empresas de mantener en reserva sus procesos, tecnologías y otros asuntos de gestión interna relacionados con el desarrollo empresarial.

Artículo 120.- Informe Anual de Gestión de Residuos Sólidos

Las autoridades sectoriales y las municipalidades, anualmente pondrán a disposición del público en general, la información relacionada con la gestión de residuos obtenida en el ejercicio de sus funciones. Este informe de gestión de residuos será difundido local y regionalmente y se remitirá al CONAM. Los aspectos que debe comprender el informe anual de gestión de residuos son:

1. Periodo y ámbito geográfico del informe;

2. Objetivos y metas de la gestión de residuos previstas para el periodo materia del informe indicando, nivel de cumplimiento de las mismas, en términos de ampliación de la cobertura de recolección, incremento del volumen de residuos que se recicla o minimiza, entre otros indicadores de manejo;

3. Acciones y resultados de las instituciones participantes en la gestión de residuos, como municipalidades, EPS-RS, EC-RS, organizaciones de base, entre otras;

4. Resultados cualitativos y cuantitativos de la minimización y reaprovechamiento de residuos por sector productivo;

5. Estadísticas e indicadores históricos sobre la gestión de residuos, incluyendo la sistematización de las quejas y sugerencias de la población;

6. Nivel de inversión ejecutado;

7. Planes, objetivos y metas trazadas para el siguiente periodo anual; y,

8. Otra información relevante que permita a la opinión pública conocer el estado y perspectivas del manejo de residuos.

Artículo 121.- Publicación de contratos

Los contratos que las municipalidades suscriban con las EPS-RS o EC-RS, sobre todo los indicados en el artículo 29 de la Ley, serán de dominio público y serán difundidos a la opinión pública para su conocimiento, en un plazo máximo de quince (15) días de suscrito a través de un diario de circulación nacional.

Artículo 122.- Informe anual de gestión de residuos

El CONAM sistematiza, procesa y consolida la información que recibe de las autoridades sectoriales y municipalidades provinciales, y la incorporará en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú.

Artículo 123.- Mecanismos de participación ciudadana

Las autoridades municipales, así como las demás autoridades competentes promoverán la implementación de mecanismos de participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos; tanto en el acceso a información así como en la toma de decisiones en esta materia.

TÍTULO IX

FISCALIZACIÓN Y REGISTRO DE AUDITORES

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 124.- Auditoría ambiental del manejo de residuos

La auditoría ambiental es el Instrumento de fiscalización para el cumplimiento de las normas y los procedimientos técnicos y administrativos establecidos en la Ley, el Reglamento y la normatividad vigente de manejo integral de residuos, y serán realizados por auditores debidamente registrados en la DIGESA o por auditores registrados en los ministerios u organismos de los sectores señalados en la Ley, como se establece en el artículo 11 del presente Reglamento.

Artículo 125.- Registro de Auditores en DIGESA

Para la inscripción en el registro de auditores en la DIGESA, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a) Persona Jurídica:

1. Copia de la constancia de inscripción de la empresa en los Registros Públicos, debiendo encontrarse expresamente consignado dentro del objeto social de la empresa lo relativo a la prestación de estos servicios;

2. Perfil documentado de la empresa detallando la experiencia desarrollada en auditorías ambientales, debiendo demostrar una experiencia no menor de dos (02) años en esta materia;

3. Currículo vitae documentado de los profesionales colegiados que conforman el equipo de trabajo con experiencia no menor a tres (03) años en auditoría ambiental y un mínimo de cinco (05) auditorías comprobadas, incluyendo una carta compromiso de la prestación de estos servicios a la empresa.

b) Persona Natural:

1. Copia de documento de identidad personal;

2. Currículo vitae del auditor que demuestre la experiencia del auditor en procedimientos, procesos y técnicas de auditoría, con una experiencia no menor de tres (03) años en auditoría ambiental y un mínimo de cinco (05) auditorías comprobadas.

El registro otorgado tendrá una duración de cuatro (04) años renovables, encontrándose obligado el titular a informar a la DIGESA toda modificación de los datos contenidos en el registro otorgado.

La información que se brinda para el registro, está sujeta a verificación, y los servicios o actividades declarados se encuentran sujetos a vigilancia, en forma programada o inopinada por parte de la DIGESA, a fin de fiscalizar el cumplimiento de la presente norma.

Artículo 126.- Documentos objeto de auditoría

Los documentos o acciones que son objeto de verificación y de auditoría, son los siguientes:

1. Vigencia de los registros y autorizaciones de funcionamiento;

2. Declaración de manejo de residuos;

3. Plan de manejo de residuos del generador;

4. Plan operativo de manejo de residuos de las EPS-RS o EC-RS;

5. Manifiesto de manejo de residuos peligrosos;

6. Informe de operadores;

7. Declaraciones o Informaciones que las EPS-RS y EC-RS remitan a la DIGESA para la obtención o renovación del respectivo registro;

8. DIA, EIA o PAMA que presentan las EPS-RS, EC-RS o el generador para la operación de infraestructuras de residuos; y

9. Proyectos de infraestructura de residuos.

10. Otros documentos, proyectos y estudios relativos a la gestión de residuos sólidos.

Artículo 127.- Información complementaria para auditar

El auditor complementará la auditoría revisando información de los siguientes aspectos:

1. Evaluación del balance entre los recursos económicos asignados y los requerimientos que plantea el buen manejo de residuos;

2. Incorporación de aspectos de manejo de residuos en los planes de desarrollo de la entidad auditada;

3. Programas de capacitación y motivación al personal en temas vinculados al manejo de residuos;

4. Análisis de insumos, procesos, productos y residuos relacionados con las operaciones unitarias de los procesos productivos;

5. Procedimientos y metodologías de manejo de los residuos;

6. Resultados de programas de monitoreo ambiental previstos en el plan de operación de las EPS-RS y EC-RS o Plan de manejo del generador;

7. Nivel de cumplimiento de los manuales de seguridad e higiene ocupacional;

8. Medidas de seguridad que se han implementado para prevenir contingencias en el manejo de residuos; y

9. Otros documentos técnicos que el auditor considere pertinente.

Artículo 128.- Sin vinculación laboral

La función del auditor ambiental registrado en el sector correspondiente, no generará vinculación laboral o contractual con la autoridad competente.

Capítulo II

Procedimiento de la Auditoría

Artículo 129.- Programación de auditorías

Las auditorías ambientales del manejo de residuos según el ámbito de gestión, deberán realizarse, como mínimo una vez al año, ante los siguientes organismos:

1. Municipalidad provincial, para el ámbito de gestión municipal;

2. Ministerio de Salud, a través de las Autoridades de Salud de la jurisdicción, para el caso de las EPS-RS y EC-RS y para los establecimientos de atención de salud.

Las autoridades sectoriales competentes, para los generadores del ámbito de gestión no municipal, programarán auditorías de acuerdo a sus normas en esta materia.

Artículo 130.- Designación del auditor

La designación de auditores es realizada por las entidades encargadas del registro de los mismos de manera que asegure una adecuada cobertura de tales servicios.

Artículo 131.- Pago de derechos al auditor

Para el caso de auditores registrados en la DIGESA, la entidad auditada cancelará los derechos correspondientes al auditor, de acuerdo a la escala y procedimiento que el Ministerio de Salud apruebe. En los demás casos, se aplicará la legislación sectorial y municipal correspondiente.

Artículo 132.- Facilidades para la auditoría

El generador de residuos del ámbito no municipal, la EPS-RS y EC-RS, brindarán las facilidades del caso para llevar a cabo adecuadamente el proceso de auditoría.

Artículo 133.- Impedimento para auditar por vinculación laboral
El auditor no podrá, bajo responsabilidad, realizar auditorías en aquellas empresas donde haya tenido vinculación laboral o haya brindado servicios de cualquier naturaleza en los últimos 5 años.

Artículo 134.- Plazo para presentar informe de los auditados

1. El auditor presentará al organismo de la autoridad sectorial o municipal correspondiente en un plazo no mayor de veinte (20) días hábiles contados a partir del inicio de la auditoría, el respectivo informe, con copia a la entidad auditada.

2. De ser el caso, la entidad auditada al momento de recepcionar el informe de auditoría podrá realizar los descargos o complementar el mismo con información adicional, en un plazo no mayor de diez (10) días hábiles a la autoridad sectorial o municipal según corresponda.

Capítulo III

Informe de Auditores

Artículo 135.- Plazo de presentación de informe anual
Los auditores independientes y empresas auditoras deberán presentar dentro de los primeros quince (15) días de cada año, un Informe anual de auditoría a la DIGESA.

Artículo 136.- Pautas para informe de auditoría
El informe que presenten los auditores mencionados en el artículo anterior indicará por separado la relación de entidades auditadas, las observaciones, conclusiones y recomendaciones dadas. El informe de auditoría deberá consignar los siguientes aspectos:

1. Nombre de la empresa o entidad auditada;
2. Fecha de la auditoría;
3. Período del ejercicio que es materia de la auditoría;
4. Breve resumen de las operaciones o actividades auditadas, con referencia explícita al volumen y tipo de residuo sólido que se maneja;
5. Relación de las personas entrevistadas y documentación revisada;
6. Acta de la inspección de campo firmada por el auditor en residuos, el representante de la empresa auditada y las personas que estuvieron presentes en este acto;
7. Observaciones y no conformidades constatadas;
8. Conclusiones;
9. Recomendaciones;
10. Anexo con documentación e información que justifique y sustente los hallazgos más relevantes; y,
11. Otras que establezca la autoridad competente.

Artículo 137.- Manejo de la información
Toda información que el auditor brinde a la autoridad competente tiene carácter de declaración jurada, susceptible de verificación. En caso que se compruebe dolo, falsedad, negligencia u ocultamiento de información, el auditor en residuos será pasible de las sanciones establecidas en el Reglamento.

Artículo 138.- Queja u observación por la entidad auditada
Cuando el auditor haya sido objeto de queja u observación por parte de las empresas auditadas, éste deberá presentar a la DIGESA las acciones o planes que le permita superar dichas observaciones. La presentación de estos planes o acciones formará parte de su expediente para la reinscripción en el registro de auditores.

Artículo 139.- Pautas éticas que deben observar los auditores

Los auditores registrados deberán observar criterios de conducta y ética propios de esta actividad debiendo mantener absoluta reserva de la información recabada en el proceso de auditoría. En caso contrario, estarán sujetos a las sanciones correspondientes.

TÍTULO X

RESPONSABILIDAD, INCENTIVOS, INFRACCIONES Y SANCIONES

Capítulo I

Responsabilidad

Artículo 140.- Responsabilidad por manejo de residuos
El manejo de los residuos deberá tener un titular responsable. Esta condición corresponderá al generador o a la EPS-RS, la municipalidad provincial o distrital, o la EC-RS, según cada caso.

Quedan exentos de responsabilidad los generadores de residuos por los daños que pueda ocasionar el manejo inadecuado de éstos siempre que los hayan entregado a los responsables del manejo de residuos sólidos observando las respectivas normas sanitarias y ambientales.

Capítulo II

Incentivos

Artículo 141.- Promoción de buenas prácticas
Los incentivos y sanciones tienen por objetivo, entre otros, promover el adecuado manejo de residuos y desalentar las prácticas incompatibles con los criterios técnicos, administrativos y legales indicados en este Reglamento y la normatividad vigente; en resguardo de la salud pública y el ambiente.

Artículo 142.- Incentivos
Las condiciones favorables o incentivos a que se refiere el artículo 43 de la Ley, consideran entre otras, las siguientes:

1. Beneficios tributarios y administrativos;
2. Tratamiento favorable en licitaciones y concursos públicos;
3. Ampliación de la periodicidad de las obligaciones de monitoreo o control; y,
4. Difusión de listados con los nombres de generadores, municipalidades, EPS-RS y EC-RS que hayan demostrado buen desempeño en el manejo de residuos.
5. Distinción y reconocimiento público de experiencias exitosas de manejo responsable de residuos sólidos, por parte las autoridades competentes.

El otorgamiento de los mencionados beneficios deberá realizarse de acuerdo con las normas legales correspondientes.

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) establecerá el Premio Anual a la Gestión Responsable en el Manejo de Residuos Sólidos; para lo cual el Consejo Directivo del CONAM aprobará las bases correspondientes.

Artículo 143.- Bolsa de residuos
El CONAM coordinará con las autoridades competentes señaladas en el artículo 4 del Reglamento, y representantes de las empresas, los mecanismos necesarios para la implementación del mercado de sub productos a que se refiere el artículo 45 de la Ley, así como a través de la promoción de las Bolsas de Residuos.

Capítulo III

Infracciones y Sanciones

Artículo 144.- Criterio para calificar infracciones, imponer sanciones o imponer medidas de seguridad

La autoridad administrativa cuando califique infracciones, imponga sanciones o disponga medidas de seguridad, debe hacerlo dentro de las facultades conferidas por la Ley y el Reglamento, observando la debida proporción entre los daños ocasionados por el infractor y la sanción a imponer en aplicación del principio de razonabilidad establecido en la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.

Artículo 145.- Infracciones

Las infracciones a las disposiciones de la Ley y el Reglamento, se clasifican en:

1. Infracciones leves.- en los siguientes casos:

- a) Negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control de las actividades de residuos;
- b) Incumplimiento en el suministro de información a la autoridad correspondiente
- c) Incumplimiento de otras obligaciones de carácter formal.
- d) Otras infracciones que no revistan mayor peligrosidad.

2. Infracciones graves.- en los siguientes casos:

- a) Ocultar o alterar maliciosamente la información consignada en los expedientes administrativos para la obtención de registros, autorizaciones, o licencias previstas en el presente Reglamento.
- b) Realizar actividades sin la respectiva autorización prevista por ley o, realizar éstas con autorizaciones caducadas o suspendidas, o el incumplimiento de las obligaciones establecidas en las autorizaciones;
- c) Abandono, disposición o eliminación de los residuos en lugares no permitidos;
- d) Incumplimiento de las disposiciones establecidas por la autoridad competente,
- e) Falta de pólizas de seguro de conformidad a lo establecido en el presente Reglamento;
- f) Importación o ingreso de residuos no peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;
- g) Falta de rotulado en los recipientes o contenedores donde se almacena residuos peligrosos, así como la ausencia de señalizaciones en las instalaciones de manejo de residuos;
- h) Mezcla de residuos incompatibles;
- i) Comercialización de residuos sólidos no segregados;
- j) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos no peligrosos;
- k) Otras infracciones que generen riesgos a la salud pública y al ambiente.

3. Infracciones muy graves.- en los siguientes casos:

- a) Operar infraestructuras de residuos sin la observancia de las normas técnicas;
- b) Importación o ingreso de residuos peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;
- c) Incumplimiento de las acciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados;
- d) Comercialización de residuos peligrosos sin la aplicación de sistemas de seguridad en toda la ruta de la comercialización;
- e) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos peligrosos;
- f) Omisión de planes de contingencia y de seguridad; y,
- g) Otras infracciones que permitan el desarrollo de condiciones para la generación de daños a la salud pública y al ambiente.

Artículo 146.- Criterios para sanción

Las infracciones a las disposiciones establecidas en la Ley y el Reglamento serán sancionadas de acuerdo a lo dispuesto en el presente artículo sin perjuicio de la correspondiente responsabilidad civil y penal a que hubiera lugar, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Gravedad de la infracción cometida y las circunstancias de su comisión;
2. Daños que hayan producido o puedan producir a la salud y al ambiente; y,

3. Condición de reincidencia del infractor. Se considerará reincidente al infractor que habiendo sido sancionado por resolución firme cometiere una nueva infracción del mismo tipo dentro de los dos (2) años siguientes a la expedición de dicha resolución.

Artículo 147.- Sanciones

Los infractores son pasibles de una o más de las siguientes sanciones administrativas:

1. Infracciones leves:

- a. Amonestación por escrito en donde se le obliga a corregir la infracción; y,
- b. Multas de 0.5 a 20 UIT, con excepción cuando se trate de residuos peligrosos que será de 21 hasta 50 UIT;

2. Infracciones graves:

- a. Suspensión parcial o total, por un periodo de hasta 60 días de las actividades o procedimientos operativos de las EPS-RS, EC-RS o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal; y,
- b. Multa desde 21 a 50 UIT. En caso se trate de residuos peligrosos, la multa será de 51 hasta 100 UIT.

3. Infracciones muy graves:

- a. Clausura parcial o total de las actividades o procedimientos operativos de las empresas o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal;
- b. Cancelación de los registros otorgados; y
- c. Multa desde 51 a 100 UIT, con excepción cuando se trate de residuos peligrosos que será de 101 hasta el tope de 800 UIT.

Artículo 148.- Obligación de reposición y ejecución subsidiaria

1. Sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa que correspondiera, los infractores estarán obligados a la reposición o restauración del daño causado al estado anterior a la infracción cometida, en la forma y condiciones fijadas por la autoridad que impuso la sanción e independiente de la sanción que le correspondiera; y

2. Si los infractores no procedieran a la reposición o restauración, de acuerdo con lo establecido en el numeral anterior, la autoridad competente podrá proceder a la ejecución subsidiaria por cuenta del infractor y a su costo.

Artículo 149.- Formalización de la sanción

Toda sanción que se imponga al infractor será mediante resolución según corresponda, la misma que será motivada con los fundamentos de hecho y de derecho, bajo causal de nulidad.

Artículo 150.- Autoridad competente para sancionar

Entiéndase que para el caso de los residuos sólidos, la definición de la autoridad competente mencionada en la Ley N° 27314 se rige por los criterios establecidos en su artículo 49 respecto a las competencias en materia de sanciones. La autoridad competente deberá evaluar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en la Ley y su Reglamento, así como las demás normas que se deriven de ambas con el fin de declarar la infracción a la legislación ambiental.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS, TRANSITORIAS Y FINALES

Primera.- Formulación de normas sectoriales

En un plazo no mayor de un año contado a partir de la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial El Peruano, las siguientes autoridades con carácter prioritario coordinarán la formulación y oficialización de las siguientes normas específicas y demás instrumentos de implementación que se precisen, en sujeción a sus competencias establecidas por ley:

1. Presidencia del Consejo de Ministros
Reglamentar al manejo de residuos peligrosos, a propuesta del Ministerio de Salud.

Consejo Nacional del Ambiente:

- Elaborar una Guía sobre Bolsas de Residuos.

2. Ministerio de Agricultura
Reglamentar el manejo de residuos de actividades agropecuarias y agroindustriales

3. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Reglamentar la gestión y manejo de residuos de actividades de construcción y de servicios de saneamiento

4. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
Reglamento el transporte de residuos peligrosos

5. Ministerio de Salud

a. Reglamentar el diseño, operación y mantenimiento de Infraestructura de disposición final de residuos;

b. Aprobar el Protocolo de monitoreo de emisiones y efluentes de infraestructura de residuos.

c. Establecer Límites máximos permisibles de emisiones y efluentes de infraestructura de residuos

d. Emitir las Gulas para elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y Estudios de Impacto Ambiental (EA) de infraestructuras de residuos e instalaciones de comercialización.

e. Gulas de evaluación y recuperación de áreas degradadas por inadecuada disposición final de residuos.

La denominación señalada en la presente disposición alude al contenido de las normas que deberán dictarse, quedando entendido que cada autoridad, en su respectivo ámbito de competencias, determinará la denominación final que corresponda a su marco normativo.

Segunda.- Aplicación del presente Reglamento

El presente Reglamento es de aplicación inmediata, incluyendo las normas sobre residuos del ámbito de gestión municipal, la obligación de una adecuada disposición final de residuos cualquiera sea su origen así como la importación y exportación de residuos sólidos. Aquellas obligaciones distintas a las anteriormente mencionadas que requieran de la normativa complementaria establecida en la Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final serán exigibles una vez se aprueben las normas allí señaladas.

Tercera.- Proceso de Adecuación para el cumplimiento del presente Reglamento

Para la adecuación de la existente infraestructura de residuos sólidos a lo establecido en el presente Reglamento, el Ministerio de Salud publicará en el plazo de 120 días el respectivo Protocolo de monitoreo de emisiones y efluentes en donde se señalará las características del Programa de Monitoreo respectivo a partir de cuyos resultados se procederá a formular la norma sobre Límite Máximo Permisibles a efectos de cumplir con la presentación y aprobación de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental correspondientes, de acuerdo a la Gula que se formule al efecto.

Cuarta.- Proceso de transferencia de competencias a nivel descentralizado

Las competencias establecidas en la presente norma que se encuentren sujetas a la implementación del proceso de descentralización establecido en la normatividad vigente seguirán siendo ejercidas por las entidades actualmente competentes en tanto no se implemente la transferencia de funciones respectiva.

Quinta.- Declaratoria de reorganización del registro de EPS-RS y EC-RS

Declárese en reorganización el registro de EPS-RS y EC-RS de la Dirección General de Salud Ambiental para cuyo efecto la DIGESA procederá a emitir la Resolución Directoral correspondiente que determine las características del proceso de adecuación del registro a las normas establecidas en el presente reglamento.

Sexta.- Proceso de adecuación a nivel municipal

La municipalidad provincial formulará y aprobará el Reglamento de manejo de residuos sólidos de gestión municipal, en un plazo no mayor de un año contado a partir de la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial El Peruano; en concordancia con la Ley y el Reglamento. Las municipalidades provinciales que a la fecha de publicación del presente Reglamento cuenten con normas municipales sobre la materia deberán adecuar, en el mismo plazo, dicha normativa a lo establecido en este Reglamento.

Las municipalidades provinciales a nivel nacional implementarán, en su jurisdicción, un Programa de Formalización de Segregadores de Residuos Sólidos con miras a su constitución en micro y

pequeñas empresas; de conformidad con la guía que dictará al efecto el Ministerio de Salud en coordinación con el Ministerio de Trabajo y Promoción Social.

Sétima.- Aplicación de régimen de EPS-RS y EC-RS a municipalidades
Las municipalidades deberán cumplir con las obligaciones técnicas exigidas a las EPS-RS y EC-RS, según corresponda.

Octava.- Implementación de planes de recuperación

A efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en la Cuarta Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley, los sectores publicarán mediante resolución ministerial, en un plazo no mayor de noventa días de publicado el presente Reglamento, una relación de los productos o materiales cuyos envases sean reaprovechables o peligrosos y que deban ser sujetos a planes de recuperación tal como lo establecen los artículos 24 y 45 de la Ley, debiendo considerar prioritariamente la recuperación de empaques rígidos.

Novena.- Desechos de aceites y solventes industriales

Las actividades industriales y comerciales que desechan aceites de origen mineral, animal y vegetal, así como las que generan desechos de solventes industriales, en tanto no se dicte una normativa especial sobre la materia, se encuentran comprendidos en el ámbito del Reglamento; en lo que les fuere aplicable.

Décima.- Definiciones

Además de las definiciones contenidas en la Ley, para efecto de la aplicación de la Ley y este Reglamento se emplearán las siguientes definiciones:

1. Acondicionamiento: Todo método que permita dar cierta condición o calidad a los residuos para un manejo seguro según su destino final.

2. Almacenamiento: Operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su disposición final.

3. Almacenamiento central: Lugar o instalación donde se consolida y acumula temporalmente los residuos provenientes de las diferentes fuentes de la empresa o institución generadora, en contenedores para su posterior tratamiento, disposición final u otro destino autorizado.

4. Almacenamiento intermedio: Lugar o instalación que recibe directamente los residuos generados por la fuente, utilizando contenedores para su almacenamiento, y posterior evacuación hacia el almacenamiento central.

5. Auditor: Persona natural o jurídica habilitada para ejercer las funciones de auditoría de manejo de residuos.

6. Bolsa de Residuos: Instrumento de información cuyo propósito es fomentar la transacción y facilitar la valoración de los residuos que puedan ser reaprovechados.

7. Confinamiento: Obra de ingeniería sanitaria y de seguridad para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su apropiado aislamiento definitivo.

8. Contenedor: Caja o recipiente fijo o móvil en el que los residuos se depositan para su almacenamiento o transporte.

9. Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

10. Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS): Persona jurídica que desarrolla actividades de comercialización de residuos para su reaprovechamiento.

11. Envasado: Acción de introducir un residuo en un recipiente, para evitar su dispersión o evaporación, así como para facilitar su manejo.

12. Generación de residuos: Acción no intencional de generar residuos.

13. Incineración: Método de tratamiento de residuos que consiste en la oxidación química para la combustión completa de los residuos en instalaciones apropiadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y ambiente.

14. Infraestructura de disposición final: Instalación debidamente equipada y operada que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, mediante rellenos sanitarios y rellenos de seguridad.

15. **Infraestructura de transferencia:** Instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad, posibilitando la Integración de un sistema de recolección con otro, de modo tal que se generen economías de escala.

16. **Infraestructura de tratamiento:** Instalación en donde se aplican u operan tecnologías, métodos o técnicas que modifiquen las características físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos, de manera compatible con requisitos sanitarios, ambientales y de seguridad.

17. **Lixiviado:** Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión elementos o sustancias que se encuentren en los mismos residuos.

18. **Quema de residuos sólidos:** Proceso de combustión incompleta de los residuos ya sea al aire libre o empleando equipos inapropiados, que causa significativos impactos negativos a la salud y el ambiente.

19. **Recolección:** Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.

20. **Residuo del ámbito de gestión municipal:** Son los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.

21. **Residuo del ámbito de gestión no municipal:** Son aquellos residuos generados en los procesos o actividades no comprendidos en el ámbito de gestión municipal.

22. **Residuo incompatible:** Residuo que al entrar en contacto o mezclado con otro, reacciona produciéndose uno o varios de los siguientes efectos: calor, explosión, fuego, evaporación, gases o vapores peligrosos.

23. **Residuo orgánico:** Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición.

Entiéndase que la denominación "Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos" contenida en la Ley corresponde a la denominación de "Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos" conforme se encuentra señalado en el presente Reglamento.

Décimo Primera.- Opinión técnica y refrendo de normas en materia de salud ambiental
En aplicación a lo establecido en el artículo 126 de la Ley General de Salud, Ley N° 26842 no se podrá formular ni dictar normas que reglamenten leyes o que tengan jerarquía equivalente, que incidan en materia de salud ambiental con relación a la gestión y manejo de residuos, sin la opinión técnica y el refrendo respectivo de la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Décimo Segunda.- Modificación y complementación del reglamento
Por resolución del Ministro de Salud se aprobarán las disposiciones modificatorias y complementarias que puedan corresponder al presente Reglamento.

ANEXO 4

LISTA A: RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos enumerados en este anexo están definidos como peligrosos de conformidad con la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, el cual no impide para que se use el anexo 6 del presente Reglamento con el fin de definir que un residuo no es peligroso.

A1.0 RESIDUOS METÁLICOS O QUE CONTENGAN METALES

A1.1 Residuos metálicos y aquellos que contengan aleaciones de cualquiera de los elementos siguientes:

- i. Antimonio;
- ii. Arsénico;
- iii. Berilio;
- iv. Cadmio;
- v. Plomo;
- vi. Mercurio;
- vii. Selenio;
- viii. Telurio; y
- ix. Talio.

Son excluidos los residuos que figuran específicamente en el anexo 5 del Reglamento.

A1.2 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, cualquiera de las sustancias siguientes:

- i. Antimonio; compuestos de antimonio*;
- ii. Berilio; compuestos de berilio*;
- iii. Cadmio; compuestos de cadmio*;
- iv. Plomo; compuestos de plomo*;
- v. Selenio; compuestos de selenio*;
- vi. Telurio; compuestos de telurio*;
- vii. Arsénico; compuestos de arsénico;
- viii. Mercurio; compuestos de mercurio; y
- ix. Talio; compuestos de talio.

* : Se excluyen aquellos residuos de metal en forma masiva.

A1.3 Residuos que tengan como constituyentes:

- i. Carbonillos de metal; y,
- ii. Compuestos de cromo hexavalente.

A1.4 Lodos galvanicos.

A1.5 Residuos contaminados con líquidos de residuos del decapaje de metales.

A1.6 Residuos de la lixiviación del tratamiento del zinc.

A1.7 Residuos de zinc no incluidos en el anexo 5 del Reglamento, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del anexo 6 del Reglamento.

A1.8 Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos.

A1.9 Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre.

A1.10 Residuos contaminados con soluciones electrolíticas usadas en las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A1.11 Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A1.12 Residuos contaminados con soluciones de ácidos que contengan cobre disuelto.

A1.13 Residuos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre.

A1.14 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en el anexo 5 del Reglamento.

A1.15 Residuos de acumuladores de plomo enteros o triturados.

A1.16 Residuo de acumuladores sin seleccionar, excluyendo las mezclas de acumuladores citadas en el anexo 5 del Reglamento. Los acumuladores de residuo no incluidos en el anexo 5 del Reglamento que contengan constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que los conviertan en peligrosos.

A1.16 Residuos o restos de Montajes eléctricos y electrónicos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidas en el presente anexo, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o aquellos indicados en el anexo 5 numeral 1.11 que estén contaminados con constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que posean alguna de las características del anexo 6 del Reglamento.

A2.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES O MATERIA ORGÁNICA

A2.1 Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.

A2.2 Residuos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de lodos, con excepción de los residuos de ese tipo especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A2.3 Residuos de catalizadores, con excepción de los residuos de este tipo especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A2.4 Yeso de residuo procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que presenten una característica peligrosa del anexo 6 del Reglamento.

A2.5 Residuos de amianto sean éstos en polvo o fibras.

A2.6 Cenizas volante de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias que están señaladas en el anexo I del Convenio de Basilea, en concentraciones tales que presenten características del anexo 6 del Reglamento.

A3.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIA INORGÁNICA

A3.1 Residuos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto.

A3.2 Residuos de acaltes minerales no aptos para el uso al que estaban destinados.

A3.3 Residuos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo.

A3.4 Residuos contaminados con líquidos térmicos (transferencia de calor)

A3.5 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas adhesivos, excepto los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A3.6 Residuos de nitrocelulosa.

A3.7 Residuo de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de lodo.

A3.8 Residuos contaminados con éteres excepto los especificados en el anexo 5 del Reglamento

A3.9 Residuos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biocidas.

A3.10 Residuos de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas.

A3.11 Residuos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas.

A3.12 Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento.

A3.13 Residuos de compuestos de fósforo orgánicos.

A3.14 Residuos contaminados con disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A3.15 Residuos contaminados con disolventes orgánicos halogenados

A3.16 Residuos resultantes de desechos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos.

A3.17 Residuos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos, como el clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo, epícloridrina, entre otros.

A3.18 Residuos y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración igual o superior a 50 mg/kg.

A3.19 Residuos de desechos alquitranados, con exclusión de los cementos asfálticos, resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirólítico de materiales orgánicos.

A4.0 RESIDUOS QUE PUEDEN CONTENER CONSTITUYENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS

A4.1 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.2 Residuos de establecimientos de atención de salud y afines; es decir residuos resultantes de práctica médica, enfermería, dentales, veterinaria o actividades similares, y residuos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o al tratamiento de pacientes, o de proyecto de investigación.

A4.3 Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de residuos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, o no aptos para el uso previsto originalmente.

A4.4 Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.

A4.5 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

i. Cianuros inorgánicos, con excepción de los residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos; y,

ii. Cianuros orgánicos.

A4.6 Residuos contaminados con mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

A4.7 Residuos que contiene desechos de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.8 Residuos de carácter explosivo, con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.9 Residuos contaminados con soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el anexo 5 del Reglamento.

A4.10 Residuos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.11 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

i. Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados; y,

ii. Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas.

A4.12 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos.

A4.13 Envases y contenedores de residuos que contienen sustancias incluidas en el anexo I del Convenio de Basilea, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del anexo 6 del Reglamento.

A4.14 Residuos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o que ya caducaron, según a las categorías del anexo I del Convenio de Basilea, y a las características de peligrosidad señalada en el anexo 6 del Reglamento.

A4.15 Residuos contaminados con sustancias químicas nuevas o no identificadas, resultantes de investigación o de actividades de enseñanza, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.

A4.16 Carbón activado consumido no incluido en el anexo 5 del Reglamento.

ANEXO 5

LISTA B: RESIDUOS NO PELIGROSOS

Residuos que no están definidos como peligrosos de acuerdo a la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, a menos que contengan materiales o sustancias, que son establecidos en el anexo I del Convenio de Basilea, en una cantidad tal que les confiera una de las características del anexo 6 del Reglamento.

B1.0 RESIDUOS DE METALES Y RESIDUOS QUE CONTENGAN METALES

B1.1 Residuos de metales y de aleaciones de metales, en forma metálica y no dispersable:

- i. Metales preciosos (oro, plata, el grupo del platino, pero no el mercurio);
- ii. Chatarra de hierro y acero;
- iii. Chatarra de cobre;
- iv. Chatarra de níquel;
- v. Chatarra de aluminio;
- vi. Chatarra de zinc;
- vii. Chatarra de estaño;
- viii. Chatarra de tungsteno;
- ix. Chatarra de molibdeno;
- x. Chatarra de tántalo;
- xi. Chatarra de magnesio;
- xii. Residuos de cobalto;
- xiii. Residuos de bismuto;
- xiv. Residuos de titanio;
- xv. Residuos de zirconio;
- xvi. Residuos de manganeso;
- xvii. Residuos de germanio;
- xviii. Residuos de vanadio;
- xix. Residuos de hafnio, indio, niobio, renio y galio;
- xx. Residuos de torio; y,
- xxi. Residuos de tierras raras.

B1.2 Chatarra de metal limpia, no contaminada, incluidas las aleaciones en forma acabada o en bruto, como las láminas, chapas, vigas, barras, entre otras de:

- i. Residuos de antimonio;
- ii. Residuos de berilio;
- iii. Residuos de cadmio;
- iv. Residuos de plomo, con exclusión de los acumuladores de plomo;
- v. Residuos de selenio; y,
- vi. Residuos de telurio.

B1.3 Metales refractarios que contengan residuos;

B1.4 Chatarra resultante de la generación de energía eléctrica no contaminada con aceite de lubricante, PBC o PCT en una cantidad que la haga peligrosa.

B1.5 Fracción pesada de la chatarra de mezcla de metales no ferrosos que no contenga materiales del anexo I del Convenio de Basilea, en una concentración suficiente como para mostrar las características del anexo 6 del Reglamento.

B1.6 Residuos de selenio y telurio en forma metálica elemental, incluido el polvo de estos elementos.

B1.7 Residuos de cobre y de aleaciones de cobre en forma dispersable, a menos que contengan constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en una cantidad tal que les confiera alguna de las características del anexo 6 del Reglamento.

B1.8 Ceniza y residuos de zinc, incluidos los residuos de aleaciones de zinc en forma dispersable, que contengan constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en una concentración tal que les confiera alguna de las características del anexo 6 del Reglamento o características peligrosas del numeral 4 del anexo 6 del Reglamento.

B1.9 Baterías de desecho que se ajusten a una especificación, con exclusión de los fabricados con plomo, cadmio o mercurio.

B1.10 Residuos que contienen metales resultantes de la fusión, refundición y refinación de metales:

- i. Pettre de zinc duro;
- ii. Escorias que contengan zinc;
- iii. Escorias de la superficie de planchas de zinc para galvanización, mayor a 90% Zn;
- iv. Escorias del fondo de planchas de zinc para galvanización, mayor a 92% Zn;

v. Escorias del zinc de la fundición en coquilla, mayor a 85% Zn;

vi. Escorias de planchas de zinc de galvanización por Inmersión en caliente (carga), mayor a 92% Zn;

vii. Espumados de zinc;

viii. Espumados de aluminio (o espumas) con exclusión de la escoria de sal;

ix. Escorias de la elaboración del cobre destinado a una elaboración o refinación posteriores, que no contengan arsénico, plomo o cadmio en cantidad tal que les confiera las características peligrosas como se señala en el anexo III;

x. Residuos de revestimientos refractarios, con inclusión de crisoles, derivados de la fundición del cobre;

xi. Escorias de la elaboración de metales preciosos destinados a una refinación posterior; y

xii. Escorias de estaño que contengan tántalo, con menos del 0,5% de estaño.

B1.11 Montajes eléctricos y electrónicos:

i. Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones;

ii. Residuos o chatarra de montajes electrónicos (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como acumuladores y otras baterías incluidas en el anexo 4 del Reglamento, interruptores de mercurio, vidrio procedente de tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados ni condensadores de PCB, o no estén contaminados con elementos indicados en el anexo I del Convenio de Basilea, o de aquellos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna de las características enumeradas en el anexo 6 del Reglamento; y,

iii. Montajes eléctricos o electrónicos, incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables, destinados a una reutilización directa, y no al reciclado o a la eliminación final.

B1.12 Catalizadores agotados, con exclusión de líquidos utilizados como catalizadores, que contengan alguno de los siguientes elementos:

Escandio	Titanio		
Vanadio	romo		
Metales de transición, con exclusión de catalizadores de desecho (catalizadores agotados, catalizadores líquidos usados u otros catalizadores) de la lista A:	Manganeso	hierro	
	Cobalto	níquel	
	Cobre	zinc	
	Itrio	circonio	
	Niobio	molibdeno	
	Hafnio	tántalo	
Tungsteno	renio		

Lantano	ario		
Praseodimio	neodimio		
Lantánidos (metales del grupo de las tierras raras):	Samario	europio	
Disprosio	holmio	Gadolinio	terbio
Terbio	tulio		
Itterbio	lutecio		

B1.13 Catalizadores agotados limpios que contengan metales preciosos.

B1.14 Residuos que contengan metales preciosos en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos.

B1.15 Residuos de metales preciosos y sus aleaciones, como el oro, la plata, el grupo de platino, excluyendo el mercurio, en forma dispersable, no líquida, con un embalaje y etiquetado adecuados.

B1.16 Cenizas de metales preciosos resultantes de la incineración de circuitos impresos.

B1.17 Cenizas de metales preciosos resultantes de la incineración de películas fotográficas.

B1.18 Residuos de películas fotográficas que contengan haluros de plata y plata metálica.

B1.19 Residuos de papel para fotografía que contengan haluros de plata y plata metálica.

B1.20 Escoria granulada resultante de la fabricación de hierro y acero.

B1.21 Escoria resultante de la fabricación de hierro y acero, con inclusión de escorias que sean una fuente del TiO₂ y vanadio.

B1.22 Escoria de la producción de zinc, químicamente estabilizada, con un elevado contenido de hierro (más de 20%) y elaborado de conformidad con las especificaciones industriales, sobre todo con fines de construcción.

B1.23 Escamas de laminado resultantes de la fabricación de hierro y acero.

B1.24 Escamas de laminado del óxido de cobre

B2.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS QUE A SU VEZ PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIALES ORGÁNICOS

B2.1 Residuos resultantes de actividades mineras, en forma no dispersable:

i. Residuos de grafito natural;

ii. Residuos de pizarra, estén o no recortados en forma basta o simplemente cortados, mediante aserrado o de otra manera;

iii. Residuos de mica;

iv. Residuos de leucita, nefelina y sienita nefelínica;

v. Residuos de feldespato;

vi. Desecho de espato flúor; y

vii. Residuos de sílice en forma sólida, con exclusión de los utilizados en operaciones de fundición.

B2.2 Residuos de vidrios en forma no dispersable:

Desperdicios de vidrios rotos y otros residuos y escorias de vidrios, con excepción del vidrio de los tubos rayos catódicos y otros vidrios activados.

B2.3 Residuos de cerámica en forma no dispersable:

i. Residuos y escorias de cerametal (compuestos metalocerámicos); y,

ii. Fibras de base cerámica no especificadas o incluidas en otro lugar.

B2.4 Otros desperdicios que contengan principalmente constituyentes inorgánicos:

i. Sulfato de calcio parcialmente refinado resultante de la desulfurización del gas de combustión;

ii. Residuos de tablas o planchas de yeso resultantes de la demolición de edificios;

iii. Escorias de la producción de cobre, químicamente estabilizadas, con un elevado contenido de hierro (más de 20%) y elaboradas de conformidad con las especificaciones industriales, principalmente con fines de construcción y de abrasión;

iv. Azufre en forma sólida;

v. Piedra caiza resultante de la producción de cianamida de calcio, con un Ph inferior a 9;

vi. Cloruros de sodio, potasio, calcio;

vii. Carborundo (carburo de silicio);

viii. Homigón en cascotes; y,

ix. Escorias de vidrio que contengan litio-tántalo y litio-niobio.

B2.5 Cenizas volantes eléctricas a carbón, no incluidas en el anexo 4.

B2.6 Carbón activado consumido, resultante del tratamiento del agua potable y de procesos de la industria alimentaria y de la producción de vitaminas.

B2.7 Fango de fluoruro de calcio.

B2.8 Residuos de yeso resultante de procesos de la industria química no incluidos en el anexo 4 del Reglamento.

B2.9 Residuos de ánodos resultantes de la producción de acero o aluminio, hechos de coque o alquitrán de petróleo y limpiados con arreglo a las especificaciones normales de la industria, con exclusión de los residuos de ánodos resultantes de la electrólisis de álcalis de cloro y de la industria metalúrgica.

B2.10 Residuos de hidratos de aluminio y residuos de alúmina, y residuos de la producción de alúmina, con exclusión de los materiales utilizados para la depuración de gases, o para los procesos de floculación o filtrado.

B2.11 Residuos de bauxita "barro rojo", con Ph moderado a manos de 11.5.

B2.12 Residuos contaminados con soluciones ácidas o básicas con un Ph superior a 2 o inferior a 11.5, que no muestren otras características corrosivas o peligrosas

B3.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDEN CONTENER METALES Y MATERIALES INORGÁNICOS

B3.1 Residuos sólidos de material plástico:

Los siguientes materiales plásticos o sus mezclas, siempre que no estén mezclados con otros residuos y estén preparados con arreglo a una especificación:

B3.1.1 Residuos de material plástico de polímeros y copolímeros no halogenados, con inclusión de los siguientes, pero sin limitarse a ellos:

i. Etileno;

ii. Estireno;

iii. Polipropileno;

iv. Tereftalato de polietileno;

v. Acrilonitrilo;

vi. Butadieno;

vii. Poliacetálicos;

viii. Poliamidas;

ix. Tereftalato de polibuteno;

x. Policarbonatos;

xi. Poléteres;

xii. Sulfuros de polifenileno;

xiii. Polímeros acrílicos;

xiv. Alcanos C10-C13 (plastificantes);

xv. Poliuretano (que no contenga CFC);

xvi. Polisiloxanos;

xvii. Metacrilato de polimetilo;

xviii. Alcohol polivinílico;

xix. Butiral de polivinilo; y

xx. Acetato de polivinilo.

B3.1.2 Residuos de resinas curadas o productos de condensación, con inclusión de los siguientes:

i. Resinas de formaldehídos de urea;

ii. Resinas de formaldehídos de fenol;

iii. Resinas de formaldehído de melamina;

iv. Resinas epoxy;

v. Resinas alquídicas; y,

vi. Poliamidas.

B3.1.3 Los siguientes residuos de polímeros fluorados:

i. Perfluoroetileno/propileno (FEP);

ii. Perfluoroalkoxi-alkano (PFA);

iii. Perfluoroalkoxi-alkano (MFA);

iv. Fluoruro de polivinilo (PVF); y

v. Fluoruro de polivinilideno (PVDF).

B3.2 Residuos de papel, cartón y productos del papel

Los materiales siguientes siempre que no estén mezclados con residuos peligrosos:

Residuos y desperdicios de papel o cartón de:

- i. Papel o cartón no blanqueado o papel o cartón ondulado;
- ii. Otros papeles o cartones, hechos principalmente de pasta química blanqueada, no coloreada en la masa;
- iii. Papel o cartón hecho principalmente de pasta mecánica (por ejemplo, periódicos, revistas y materiales impresos similares);
- iv. Otros, con inclusión, pero sin limitarse a: 1) cartón laminado, 2) desperdicios sin triar.

B3.3 Residuos de textiles

Los siguientes materiales, siempre que no estén mezclados con otros residuos y estén preparados con arreglo a una especificación:

B3.3.1 Residuos de seda (con inclusión de cocuyos inadecuados para el devanado, residuos de hilados y de materiales en hilachas);

- i. que no estén cardados ni peinados; y,
- ii. otros.

B3.3.2 Residuos de lana o de pelo animal, fino o basto, con inclusión de residuos de hilados pero con exclusión del material en hilachas)

- i. Borrás de lana o de pelo animal fino;
- ii. Otros residuos de lana o de pelo animal fino; y,
- iii. Residuos de pelo animal.

B3.3.3 Residuos de algodón, (con inclusión de los residuos de hilados y material en hilachas)

- iv. Residuos de hilados (con inclusión de residuos de hilos);
- v. Material deshilachado; y,
- vi. otros.

B3.3.4 Estopa y residuos de lino.

B3.3.5 Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de cáñamo verdadero (*Cannabis sativa* L.)

B3.3.6 Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de yute y otras fibras textiles bastas (con exclusión del lino, el cáñamo verdadero y el ramio)

B3.3.7 Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de sisal y de otras fibras textiles del género *Agave*.

B3.3.8 Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de coco.

B3.3.9 Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de abaca (cáñamo de Manila o *Musa textilis* Nee).

B3.3.10 Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y material deshilachado) de ramio y otras fibras textiles vegetales, no especificadas o incluidas en otra parte

B3.3.11 Residuos (con inclusión de borras, residuos de hilados y de material deshilachado) de fibras no naturales

- i. de fibras sintéticas; y
- ii. de fibras artificiales.

B3.3.12 Ropa usada y otros artículos textiles usados

B3.3.13 Trapos usados, bramantes, cordelería y cables de desecho y artículos usados de bramante, cordelería o cables de materiales textiles

- i. Triados; y
- ii. Otros.

B3.4 Residuos de caucho

Los siguientes materiales, siempre que no estén mezclados con otros residuos:

- i. Residuos y desechos de caucho duro (por ejemplo, ebonita); y,
- ii. Otros residuos de caucho (con exclusión de los residuos especificados en otro lugar).

B3.5 Residuos de corcho y de madera no elaborados:

i. Residuos y desechos de madera, estén o no aglomerados en troncos, briquetas, bolas o formas similares; y,

ii. Residuos de corcho: corcho triturado, granulado o molido.

B3.6 Residuos resultantes de las industrias agroalimentarias siempre que no sean infecciosos:

i. Borra de vino;

ii. Residuos, desechos y subproductos vegetales secos y esterilizados, utilizados como piensos, no especificados o incluidos en otro lugar;

iii. Productos desgrasados: residuos resultantes del tratamiento de sustancias grasas o de ceras animales o vegetales;

iv. Residuos de huesos y de médula de cuernos, no elaborados, desgrasados, o simplemente preparados (pero sin que se les haya dado forma), tratados con ácido o desgelatinizados;

v. Residuos de pescado

vi. Cáscaras, cortezas, pieles y otros residuos del cacao; y,

vii. Otros residuos de la industria agroalimentaria, con exclusión de subproductos que satisfagan los requisitos y normas nacionales e internacionales para el consumo humano o animal.

B3.7 Los siguientes residuos:

i. Residuos de pelo humano; y,

ii. Paja de desecho.

iii. Micelios de hongos desactivados resultantes de la producción de penicilina para su utilización como piensos

B3.8 Residuos y recortes de caucho.

B3.9 Recortes y otros residuos de cuero o de cuero aglomerado, no aptos para la fabricación de artículos de cuero, con exclusión de los fangos de cuero que no contengan biocidas o compuestos de cromo hexavalente.

B3.10 Polvo, cenizas, lodos o harinas de cueros que no contengan compuestos de cromo hexavalente ni biocidas.

B3.11 Residuos de curtido de pieles que no contengan compuestos de cromo hexavalente ni biocidas ni sustancias infecciosas

B3.12 Residuos consistentes en colorantes alimentarios.

B3.13 Éteres polímeros de desecho y éteres monómeros inocuos de desecho que no puedan formar peróxidos.

B3.14 Cubiertas neumáticas de desecho, excluidas las destinadas a las operaciones del anexo IV.A del Convenio de Basilea.

B4.0 RESIDUOS QUE PUEDAN CONTENER COMPONENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS

B4.1 Residuos integrados principalmente por pinturas de látex y/o con base de agua, tintas y barnices endurecidos que no contengan disolventes orgánicos, metales pesados ni biocidas en tal grado que los convierta en peligrosos.

B4.2 Residuos procedentes de la producción, formulación y uso de resinas, látex, plastificantes, colas/adhesivos, que no figuren en el anexo 4 del Reglamento, sin disolventes ni otros contaminantes en tal grado que no presenten características del anexo 6 del Reglamento, por ejemplo, con base de agua, o colas con base de almidón de casaña, dextrina, éteres de celulosa, alcoholes de polivinilo.

B4.3 Cámaras de un solo uso, con baterías no incluidas en el anexo 4 del Reglamento.

ANEXO 6

LISTA DE CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS

1. EXPLOSIVOS

Por sustancia o residuo explosivo se entiende toda sustancia o residuo sólido o líquido (o mezcla de sustancias o residuos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.

2. SÓLIDOS INFLAMABLES

Todo material sólido o residuos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.

3. SUSTANCIAS O RESIDUOS SUSCEPTIBLES DE COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA

Sustancias o residuos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.

4. SUSTANCIAS O RESIDUOS QUE EN CONTACTO CON EL AGUA, EMITEN GASES INFLAMABLES

Sustancias o residuos que por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.

5. OXIDANTES

Sustancias o residuos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.

6. PERÓXIDOS ORGÁNICOS

Las sustancias o los residuos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.

7. TÓXICOS (VENENOS) AGUDOS

Sustancias o residuos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.

8. SUSTANCIAS INFECCIOSAS

Sustancias o residuos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.

9. CORROSIVOS

Sustancias o residuos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.

10. SUSTANCIAS QUE LIBERAN DE GASES TÓXICOS EN CONTACTO CON EL AIRE O EL AGUA

Sustancias o residuos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.

11. SUSTANCIAS TÓXICAS (con efectos retardados o crónicos)

Sustancias o residuos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.

12. ECOTÓXICOS

Sustancias o residuos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.

13. Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

**APRUEBA ANTEPROYECTO DE
REGLAMENTO PARA EL MANEJO
DE LODOS NO PELIGROSOS
GENERADOS EN PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS**

SANTIAGO, 12 de junio de 2000

EXENTA N°563

VISTOS

La Resolución Exenta N° 0027, del 22 de enero de 1999, que dió inicio al proceso de regulación para manejo de lodos no peligrosos provenientes de plantas de tratamiento de residuos líquidos, en que se indica que se seguirían como pasos referenciales los indicados en el procedimiento contenido en el Decreto Supremo N° 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; El Acuerdo N°15/97 de 27 de marzo de 1997, del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente que aprobó el Segundo Programa Priorizado de Normas; las facultades que me confiere la Ley 19.300.

CONSIDERANDO:

El trabajo realizado por organismos competentes del Estado orientado a la preparación de este anteproyecto;

La importancia de contar con opiniones de los actores interesados en la elaboración de la presente reglamentación, lo que requiere difundir y poner en conocimiento público los contenidos del anteproyecto;

RESUELVO

1. Apruébase anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos no Peligrosos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas, que es del siguiente tenor:

FUNDAMENTOS

La operación de plantas de tratamiento de agua potable, aguas servidas y residuos industriales líquidos genera gran cantidad de lodos. Para prevenir eventuales impactos negativos en el medio ambiente, que pueden provocar, es necesario establecer las condiciones para su correcto tratamiento y disposición.

Los lodos pueden presentar propiedades agronómicas, siempre que, se tomen los resguardos sanitarios y ambientales necesarios en su manejo. El uso agrícola de los lodos está respaldado por más de diez años de experiencia en el mundo, y por estudios e investigaciones de los aspectos ambientales, como son, el contenido de metales pesados, microorganismos patógenos y nutrientes presentes en los mismos.

**TÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

Artículo 1

El presente reglamento tiene por objeto regular el manejo sanitario de lodos no peligrosos provenientes de plantas de tratamiento de aguas. Con ello se protege la salud de la población y previene el deterioro de los recursos naturales, aire, agua, flora, fauna y suelo.

Asimismo, está orientado a regular el uso y manejo de lodos no peligrosos en la agricultura, cuando sus condiciones físicas, químicas y biológicas lo permitan. Con lo cual estos se transforman en un producto útil, para la recuperación de suelos degradados así como para sustituir el uso de insumos tradicionales en la agricultura.

Artículo 2

El presente reglamento se refiere a los lodos no peligrosos generados por plantas de tratamiento de agua potable, de aguas servidas, incluyendo fosas sépticas, así como por plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.

Se considerarán lodos no peligrosos aquellos que no presentan ninguna característica de toxicidad, toxicidad por lixiviación, reactividad, inflamabilidad o corrosividad.

Independientemente del origen de los lodos objeto de esta norma, ellos deberán cumplir con los requisitos previstos en la misma, para efectos de su transporte, tratamiento, disposición final o uso agrícola.

Artículo 3

El depósito de lodos en perforaciones tales como minas subterráneas, zonas de extracción de áridos y canteras no se considerará como una utilización del lodo en suelo agrícola sino como una forma de disposición final y por tanto, deberá cumplir con las disposiciones sanitarias especificadas en el Título III, párrafo 4 del presente reglamento.

Prohíbese el vertimiento de lodos al mar.

Artículo 4

Para los efectos de este reglamento, se entenderá por:

Autoridad competente: Organismo público con competencia para fiscalizar el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas.

Agricultura: Actividad de siembra, plantación y cosecha, producción animal y silvicultura.

Atracción de vectores: Característica de los lodos que los hacen atractivos para roedores, moscas, mosquitos u otros organismos capaces de transportar y transmitir agentes infecciosos.

Destinatario de lodo: Usuario de lodo o propietario autorizado para recibir y manejar lodos no peligrosos.

Disposición final: Actividades de depósito definitivo sobre el suelo de lodos no peligrosos, con o sin tratamiento previo. El uso agrícola de lodos no se considerará disposición final.

Estrata superficial de suelo: Capa superficial de suelo de entre 0 y 20 cm de profundidad.

Generador de lodo: Propietario u operador de planta de tratamiento de agua potable, de aguas servidas o de residuos industriales líquidos que genera lodos no peligrosos, o propietario de empresa que limpia fosas sépticas.

Incorporación en el suelo: Mezcla de lodos con el suelo mediante el uso de arado o algún otro método.

Lodo: Acumulación de sólidos orgánicos sedimentables separados en los distintos procesos de tratamiento de aguas.

Lodo Clase A: Aquellos aptos para uso agrícola sin restricciones por razones sanitarias.

Lodo Clase B: Aquellos aptos para uso agrícola, con restricciones de aplicación según tipo y localización de los suelos o cultivos.

Lodo crudo: Aquellos removidos durante las distintas etapas de tratamiento de aguas y que no han sido objeto de proceso de estabilización. (No aptos para uso agrícola.)

Lodo deshidratado: Aquellos sometidos a procesos de secado, logrando un porcentaje de humedad igual o inferior al 70% por peso.

Lodo estabilizado: Aquellos sometidos a procesos de tratamiento para evitar la putrefacción y la atracción de vectores.

Lodo higienizado: Aquellos sometidos a un proceso para eliminar gérmenes patógenos.

Lodo no peligroso: Aquellos que no presentan ninguna característica de toxicidad, toxicidad por lixiviación, reactividad, inflamabilidad o corrosividad.

Manejo Sanitario: Manipulación de lodos provenientes del tratamiento de aguas, relativo a operaciones de almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, utilización y disposición final, con el objeto de evitar riesgos para la salud de la población, a la flora, fauna y al medio ambiente.

Mono relleno para lodos: Instalación para la disposición final de lodos no peligrosos.

Relleno Sanitario: Instalación para la disposición final de residuos sólidos en el suelo con tratamiento de impermeabilización, que no origina molestias ni peligros para la salud, seguridad pública y el medio ambiente, y que utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en un área determinada, reduciéndolos al volumen más pequeño posible.

Tasa agronómica: Tasa de aplicación de lodos al suelo, considerando la provisión de las necesidades de nitrógeno de la vegetación y reduciendo la cantidad de nitrógeno que infiltra hacia aguas subterráneas.

Usuario de lodo: Propietario, arrendatario, administrador o tenedor de jardines, áreas verdes o predios agrícolas o forestales en los cuales aplica lodos no peligrosos.

TÍTULO II DE LA UTILIZACIÓN DE LODOS EN LA AGRICULTURA

Artículo 5

El presente reglamento establece las condiciones técnicas de operación, monitoreo y seguimiento de lodos destinados a uso agrícola, con el fin de evitar efectos nocivos a la salud de la población, flora, fauna y suelo, en consideración a:

- Características de los lodos: Comprende criterios sanitarios, contenido de metales pesados y evaluación ecotoxicológica.
- Características de los sitios de aplicación: Comprende las clases de suelo, características de los mismos y contenido de metales pesados.
- Criterios para la aplicación: criterio de precaución, criterios sanitarios, contenido de metales pesados y contenido de nutrientes.

Párrafo 1 Características de los lodos aptos para uso agrícola

Artículo 6

Solo podrán utilizarse en agricultura lodos estabilizados e higienizados, provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas, incluyendo fosas sépticas o de plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.

Para ser aplicados en suelos de uso agrícola, forestal, jardinería o en la recuperación de suelos degradados, los lodos deberán cumplir copulativamente lo siguiente:

- 1) Criterios sanitarios, especialmente de reducción del contenido de patógenos y del potencial de atracción de vectores sanitarios;
- 2) Contenidos totales de metales pesados;
- 3) Evaluación ecotoxicológica.

Artículo 7

La reducción del potencial de atracción de vectores sanitarios, considera reducir los sólidos volátiles en los lodos en un 38 % como mínimo.

Sin perjuicio de lo anterior, se podrán aplicar otros requerimientos equivalentes, enumerados en los artículos 20 – 21 y 22.

Artículo 8

Según el contenido de patógenos se distinguen dos tipos de lodos lodos Clase A y lodos Clase B.

Artículo 9

Lodos Clase A deberán cumplir copulativamente los siguientes requisitos:

- 1) Tener una densidad de coliformes fecales menor a 1.000 Número Más Probable (NMP) por gramo de lodos, base seca;
- 2) Tener una densidad de salmonella sp. menor a 3 NMP en 4 gramos de lodos. base seca;

- 3) El contenido de huevos de helmintos debe ser menor a 1 en 4 gramos de lodos, base seca, y
- 4) Tener una densidad máxima de virus MS-2 menor a 1 Unidad de Formación de Placas (UFP) en 4 gramos de lodos, base seca.

Los requisitos señalados en los números 3) y 4) precedente se entenderá que se cumplen si se verifican las condiciones de operación de uno de los procesos de higienización señalados en el artículo 10.

Artículo 10

Los procesos de higienización conducentes a una reducción importante de patógenos son los siguientes:

Compostaje. Si se aplica el método de compostaje no confinado o en pilas estáticas aireadas, la temperatura de los lodos deberá mantenerse a 55 °C o más, por tres días. Si se aplica el método de compostaje con pilas, la temperatura de los lodos deberá mantenerse a 55°C o más, por un período a lo menos de 15 días. Durante dicho período, las pilas deberán ser volteadas un mínimo de cinco veces.

Secado por calor. Secado de los lodos por contacto directo o indirecto con gases a mayor temperatura para reducir el contenido de humedad de los lodos a un 10% como mínimo. La temperatura de las partículas de los lodos deberá exceder los 80°C o bien la temperatura de los gases en contacto con los lodos, en el punto en que los lodos dejan el secador, deberá exceder los 80°C.

Tratamiento con calor. Los lodos en estado líquido se calientan a una temperatura de 180 °C o más por 30 minutos, como mínimo.

Digestión Aeróbica Termofílica. Los lodos en estado líquido son agitados con aire u oxígeno para mantener las condiciones aeróbicas con un tiempo medio de residencia de 10 días a una temperatura entre 55°C y 60°C.

Irradiación con haces de electrones. Los lodos son irradiados con haces de electrones de alta energía provenientes de un acelerador de electrones, con una dosis mínima de 10 kGy (1,0 megarad) a temperatura ambiente (20°C).

Irradiación con rayos Gamma. Los lodos son irradiados con rayos Gamma de ciertos isótopos, tal como Cobalto 60 ó Cesio 137, con una dosis mínima de 10 kGy (1,0 megarad), a temperatura ambiente (20°C).

Pasteurización. La temperatura de los lodos se mantiene por sobre los 70°C por un período superior a 30 minutos.

Tratamiento alcalino, mediante acondicionamiento con cal. El pH del lodo es elevado a niveles por sobre 12, durante un período no inferior a 72 horas. Durante dicho período la temperatura del lodo deberá ser superior a 52°C por un período no inferior a 12 horas. Adicionalmente, después de transcurridas de 72 horas, el lodo deberá secarse hasta obtener un contenido de sólidos de 50% o menos.

Tratamientos térmicos según determinadas combinaciones de tiempo y temperatura. Se reconocen 4 combinaciones de regímenes tiempo - temperatura aceptables. Cada una de ellas considera el porcentaje de sólidos contenidos en el lodo y los parámetros operacionales del proceso de tratamiento. El tratamiento cualquiera sea este, importa que los lodos deben mantenerse a una cierta temperatura por un período de contacto mínimo, el que se determina conforme a las siguientes ecuaciones:

$$D = 131.700.000/10^{0,14T}$$

Donde:

D = Tiempo de contacto mínimo, en días

= Temperatura, en grados Celcius

Cuando se cumpla alguna de las condiciones que a continuación se detallan:

- a) El contenido de sólidos en los lodos sea mayor o igual a 7%, la temperatura de los lodos no sea inferior a 50 °C y el tiempo de contacto mínimo sea de 20 minutos, excepto en los casos cubiertos por la alternativa b;
- b) El contenido de sólidos en los lodos sea mayor o igual a 7%, la temperatura de los lodos no sea inferior a 50 °C y los lodos estén constituidos por partículas pequeñas que se calientan por medio de gases o líquidos inmiscibles, el tiempo de contacto mínimo será de 15 segundos;
- c) El contenido de sólidos en los lodos sea menor al 7% y los lodos sean tratados en procesos con un tiempo de contacto que va entre 15 segundos y 30 minutos.

Alternativamente, cuando el contenido de sólidos en los lodos sea menor al 7% y la temperatura de los lodos no sea inferior a 50 °C, y sean tratados en procesos con tiempo de contacto mayor o igual a 30 minutos, se aplicará la ecuación:

$$D = 50.070.000/10^{0,14T}$$

Donde:

D = Tiempo de contacto mínimo, en días

= Temperatura, en grados Celcius

Artículo 11

Lodos Clase B, deberán cumplir el siguiente requisito: la media geométrica de la densidad de coliformes fecales, producto del análisis de un número de muestras no inferior a siete, tomadas al momento de su uso, debe ser menor que 2.000.000 NMP por gramo de lodos en base seca.

El requisito señalado en el párrafo anterior se entenderá que se cumple si se verifican las condiciones de operación de uno de los procesos de higienización señalados en el artículo 12

Artículo 12

Los procesos de higienización que permiten una reducción significativa de patógenos son los siguientes:

Digestión Aeróbica. Los lodos se agitan con aire u oxígeno para mantener condiciones aeróbicas durante un tiempo de residencia promedio a una temperatura específica. El tiempo de residencia promedio y la temperatura deberán ser de 40 días a 20°C, o bien, de 60 días a 15°C.

Secado al aire. Procesos de secado sobre una cama de arena o en piscinas de poca profundidad. El proceso de secado debe comprender un tiempo mínimo de tres meses, durante dos de los cuales, la temperatura ambiente debe ser superior a 0°C.

Digestión Anaeróbica. Los lodos son tratados en ausencia de aire, con un período de residencia medio y una temperatura específica. Los valores del tiempo de residencia medio y temperatura serán de 15 días entre 35°C a 55°C o de 60 días a 20°C.

Compostaje. Usando el método de compostaje no confinado, pilas aireadas estáticas o pilas estáticas, la temperatura mínima de los lodos será de 40°C por 5 días. Durante 4 horas en el período de cinco días, la temperatura del compost deberá exceder los 55° C.

Estabilización con cal. Procedimiento en el cual se agrega cal (Carbonato de calcio, CaCO₃) para mantener el pH de los lodos en 12 durante un período no inferior a dos horas.

Artículo 13

Queda prohibida la aplicación de lodos en suelos de uso agrícola, forestal o en jardines, cuando los análisis indiquen que los contenidos totales de metales pesados sobrepasan cualquiera de las concentraciones máximas señaladas en la Tabla 1.

Tabla 1 Concentraciones máximas de metales pesados en lodos de uso agrícola

Metal Pesado	Concentración máxima en mg/kg. de lodo (base seca) ¹
Arsénico	40
Cadmio	40
Cobre	1.500
Mercurio	20
Níquel	420
Plomo	300
Selenio	100
Zinc	2.800

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales

Artículo 14

Para el uso en agricultura se requiere, para cada aplicación, presentar los resultados de los siguientes ensayos de toxicidad aguda, para lo cual se deberá determinar la concentración letal 50 (CL50) y/o la concentración inhibitoria 50 (CI50):

- Germinación de semillas
- Lixiviación para ensayos con microcrustáceos (*Daphnia magna* o *pulex*)
- Ensayos con lombrices del suelo

Párrafo 2 Características de los sitios de aplicación

Artículo 15

Para la aplicación de lodos se considerarán los siguientes tipos de uso de suelo:

- Suelos de uso agrícola y/o forestal, incluyendo suelos erosionados con potencial de uso agrícola inmediato;
- Suelos dedicados a áreas verdes, recreacionales, parques, jardines, cementerios;
- Suelos degradados sin potencial de uso agrícola inmediato.

Artículo 16

Prohíbese la aplicación de lodos en:

- Suelos de uso agrícola, forestal o jardines, cuyo pH sea inferior o igual a 5;
- Suelos de textura arenosa, esto es, suelos cuyo porcentaje de partículas con diámetros entre 0,050 y 2 mm sea igual o superior a 30 y el porcentaje de arcilla o partículas menores a 0,002 mm de diámetro sea inferior a 10;
- Suelos saturados con agua durante algún período del año, a manera de ejemplo: vegas, bofedales, ñadis;
- Suelos cuya napa freática se encuentre a menos de 1 metro de profundidad y en aquellos suelos en los cuales se genere un efecto de napa colgante;
- Áreas cubiertas con nieve;
- Zonas de protección de fuentes de captación de agua potable, esto es, 300 metros aguas arriba para el caso de aguas superficiales y en un radio de 300 metros tratándose de fuentes de aguas subterráneas;
- Franjas de protección de ríos y lagos, esto es, a menos de 15 metros de sus riberas;
- Suelos con riesgo de inundación;
- Suelos con pendientes superiores a 15 %. Para pendientes mayores del 2%, se exigirá un acanalado paralelo al contorno de la pendiente para evitar la erosión;

Artículo 17

Para los efectos de este reglamento, en especial para la gestión de la carga metálica de los lodos, el país se entenderá dividido en dos macrorregiones:

- Zona Centro-Norte: que se extiende desde la línea de la Concordia (Primera Región) por el norte hasta el límite norte de la VI Región por el sur y
- Zona Sur: que se extiende desde el límite norte de la VI Región por el norte hasta el Cabo de Hornos (Duodécima Región) por el sur.

Artículo 18

En caso alguno, se aceptará que los suelos susceptibles de recibir aplicaciones de lodos excedan los contenidos totales para metales contenidos en la tabla 2.

Tabla 2 Contenidos máximos de metales en suelos antes de una aplicación de lodos

Metal	Contenido total en mg/kg de suelo en base seca		
	Zona Centro-Norte ²		Zona Sur ³
	pH >6.5	pH <6.5	Todo pH
Arsénico	20	12,5	10
Cadmio	2	1,25	2
Cobre	150	100	75
Molibdeno	2	3	3
Plomo	75	50	50
Zinc	175	120	175

- ¹ Para los otros metales señalados en la tabla 1 no se consideran restricciones por falta de información en suelos nacionales
- ² Desde la línea de la Concordia (Primera Región) por el norte hasta el límite norte de la Sexta Región por el sur
- ³ Desde el límite norte de la Sexta Región por el norte hasta el Cabo de Hornos (Duodécima Región) por el sur

Párrafo 3 Criterios para la aplicación de lodos en agricultura

Artículo 19

La aplicación de lodos, su forma, tasa y oportunidad, debe orientarse por criterios sanitarios, agronómicos (contenido de nutrientes requeridos por los cultivos, principalmente medidos como nitrógeno, fósforo y potasio disponibles) y por el contenido total de metales pesados, tanto en los lodos como en el suelo receptor.

Sin perjuicio de lo anterior, la tabla 3 contiene las tasas máximas de aplicación.

Tabla 3 Tasas máximas de aplicación de lodos

Tipos de usos	Tasa máxima Ton/há.año (base seca)
Suelos agrícolas y forestales, incluyendo suelos erosionados con potencial de uso agrícola inmediato	15
Césped, jardines y áreas verdes	2
Suelos degradados sin potencial de uso agrícola inmediato (recuperación de cárcavas para generar capa vegetal o para estabilizar estructuras riesgosas)	30

Artículo 20

La aplicación de lodos a suelos de uso agrícola, forestal, lugares públicos y en la recuperación de suelos degradados, deberá cumplir uno de los siguientes requisitos respecto de la reducción de la atracción de vectores sanitarios: 1.- Reducción del contenido de sólidos volátiles, 2.- Tasa máxima específica de oxígeno para lodos de digestión aeróbica, 3.- Procesos aeróbicos con temperaturas mayores a 40°C, 4.- Adición de material alcalino, 5.- Reducción de humedad, 6.- Inyección de lodos o 7.- Incorporación de lodos en el suelo.

Artículo 21

La aplicación de lodos a prados o jardines de residencias o cuando el lodo se comercialice o entregue en sacos u otro contenedor, deberá cumplir uno de los siguientes requisitos: 1.- Reducción del contenido de sólidos volátiles, 2.- Tasa máxima específica de oxígeno para lodos de digestión aeróbica, 3.- Procesos aeróbicos con temperaturas mayores a 40°C, 4.- Adición de material alcalino, o 5.- Reducción de humedad.

Artículo 22

La aplicación de lodos provenientes de fosas sépticas particulares a suelos agrícolas, forestales o en la recuperación de suelos degradados, deberá cumplir uno de los requisitos que a continuación se señalan: 1.- Inyección de lodos, 2.- Incorporación de lodos en el suelo y 3.- Tratamiento alcalino para lodos domésticos provenientes de fosas sépticas.

Artículo 23

Para los efectos de los artículos 20 – 21 y 22 se entienden los procedimientos indicados sean los siguientes:

Reducción del contenido de sólidos volátiles. La masa de sólidos volátiles en los lodos deberá ser reducida como mínimo en un 38% durante el tratamiento de éstos.

Si los lodos son tratados por digestión anaeróbica, y la reducción de sólidos volátiles es inferior al 38%, es posible demostrar la reducción de atracción de vectores mediante una prueba de digestión adicional de lodos a escala de laboratorio. La reducción de atracción de vectores queda demostrada si después de la digestión anaeróbica de los lodos por un período adicional de 40 días a una temperatura de entre 30 y 37°C, los sólidos volátiles son reducidos en un porcentaje inferior al 17% del valor al inicio de este período.

Si los lodos son tratados por digestión aeróbica, y la reducción de sólidos volátiles es inferior al 38%, es posible demostrar la reducción de atracción de vectores mediante una prueba de digestión adicional de lodos con un porcentaje de 2% de sólidos o menos a escala de laboratorio. La reducción de atracción de vectores queda demostrada si después de la digestión aeróbica de los lodos por un período adicional de 30 días a una temperatura de 20°C, los sólidos volátiles en los lodos son reducidos en un porcentaje inferior al 15% del valor al inicio de este período.

Tasa máxima específica de oxígeno para lodos de digestión aeróbica. La tasa específica de consumo de oxígeno para lodos tratados mediante un proceso aeróbico debe ser igual o inferior a 1,5 mg de oxígeno por hora por gramo de lodos totales en peso seco, a una temperatura de 20°C.

Procesos aeróbicos con temperaturas mayores a 40°C. Los lodos deben ser tratados aeróbicamente por 14 días o más, período durante el cual la temperatura debe ser superior a 40°C y la temperatura media debe ser superior a 45°C.

Adición de material alcalino. El pH de los lodos debe ser elevado a 12 o más mediante agregación de material alcalino. Sin adición de más material alcalino, el pH deberá mantenerse a 12 o más por 2 horas y posteriormente a 11,5 o más por 22 horas adicionales.

Reducción de humedad. En caso que los lodos no contengan lodos crudos provenientes de un tratamiento primario de residuos líquidos, el porcentaje de sólidos debe ser igual o superior a 75%, previo a la mezcla de lodos con otros materiales.

En caso que los lodos contengan lodos crudos provenientes de un tratamiento primario de residuos líquidos, el porcentaje de sólidos debe ser igual o superior a 90%, previo a la mezcla de lodos con otros materiales.

Inyección de lodos. Los lodos deberán ser inyectados bajo la superficie de la tierra. No pudiendo encontrarse cantidades significativas de lodos en la superficie del suelo después de una hora de la inyección de éstos. Sin perjuicio de lo anterior, lodos de clase A deberán inyectarse dentro de las ocho horas posteriores de concluido el proceso de tratamiento de patógenos.

Aplicación de lodos al suelo. Los lodos a ser aplicados en la superficie o depositados en una instalación de disposición final, deberán ser incorporados al suelo dentro de las seis horas posteriores a su aplicación. Sin perjuicio de lo anterior, lodos de clase A deben ser aplicados o depositados dentro de ocho horas posteriores al proceso de tratamiento de patógenos.

Recubrimiento de lodos. Lodos depositados en la superficie de un sitio de disposición final, deberán ser cubiertos con tierra u otro material, al término de cada día de operación.

Tratamiento alcalino para lodos domésticos provenientes de fosas sépticas. El pH del lodo séptico deberá ser llevado a 12 o más mediante la adición de material alcalino y, sin adición de más material alcalino, deberá mantenerse a 12 o más por 30 minutos.

Artículo 24

Los lodos Clase A son aptos para cualquier uso agrícola (cultivos hortícolas, frutícolas, forraje, fibras, árboles frutales, praderas para pastoreo, jardines, parques, áreas verdes, cementerios, etc.).

Artículo 25

Queda prohibida la aplicación de lodos clase B a menos de 300 metros de áreas residenciales, hospitales, locales de expendio de alimentos, escuelas, parques y áreas similares. Sin perjuicio de lo anterior, la distancia a viviendas aisladas deberá ser superior a 100 metros.

Artículo 26

Los lodos clase B se aplicarán según tipos de cultivo de acuerdo a lo siguiente:

- En suelos destinados a cultivos hortícolas o frutícolas menores, que estén en contacto directo con el suelo y que se consuman normalmente sin proceso de cocción, los lodos deberán aplicarse con a lo menos 12 meses de antelación a la siembra.
- No se podrá aplicar lodos en cultivos hortícolas ni frutícolas menores durante el período de crecimiento.
- En praderas y cultivos forrajeros, podrá procederse al pastoreo o a la cosecha sólo transcurrido 30 días desde la última aplicación.
- En suelos de uso forestal, la aplicación de lodos podrá efectuarse solo si se cuenta con un control de acceso durante los 30 días posteriores de la aplicación.

TÍTULO III DEL MANEJO SANITARIO DE LODOS

Artículo 27

Las unidades de tratamiento y disposición final de lodos deberán diseñarse de manera que impidan la infiltración de líquidos hacia aguas subterráneas y el escurrimiento de aguas contaminadas hacia cursos o masas de aguas superficiales.

Párrafo 1 Del transporte

Artículo 28

El transporte de lodos que no cumpla con los criterios para lodos Clase B, de acuerdo a lo señalado en el artículo 11 del presente Reglamento, así como de lodos que presenten contenidos de humedad superior a 70%, deberá realizarse en contenedores herméticos.

El transporte de lodos deshidratados que cumplan con los criterios para lodos Clase B, podrá realizarse en recipientes cubiertos en condiciones que impidan el escurrimiento, el derrame o la emisión del material particulado durante el mismo.

Párrafo 2 Del tratamiento

Artículo 29

El tratamiento de lodos no peligrosos deberá realizarse en instalaciones especialmente diseñadas al efecto, las que deberán contar con autorización de la autoridad competente.

Las instalaciones de tratamiento deberán evitar la infiltración de los líquidos hacia las aguas subterráneas y el escurrimiento de aguas contaminadas hacia cursos o masas de aguas superficiales.

Párrafo 3 Del vertimiento a aguas superficiales

Artículo 30

Los lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable con contenidos de metales pesados inferiores a los establecidos en la Tabla 4, se podrán disponer en cursos de aguas superficiales conforme la reglamentación vigente.

Tabla 4 Concentraciones máximas de metales pesados de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable que se podrán disponer en cursos de agua

Metal Pesado	Concentración máxima en mg/kg, de lodo (base seca) ¹
Arsénico	40
Cadmio	40
Cobre	1.500
Mercurio	20
Níquel	420
Plomo	400
Selenio	100
Zinc	2.800

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales

Párrafo 4 De la disposición final

Artículo 31

La disposición final de lodos no peligrosos deberá realizarse en instalaciones especialmente diseñadas y operadas para ese tipo de residuos, también denominadas mono-rellenos, los que podrán ser construidos y operados como anexos a rellenos sanitarios.

Artículo 32

Los lodos que se depositen en un mono-relleno, con excepción de aquellos provenientes de fosas sépticas, deberán cumplir al menos una de las siguientes condiciones relativas a la reducción de atracción de vectores señaladas en el artículo 23: Reducción del contenido de sólidos volátiles, Tasa máxima específica de oxígeno para lodos de digestión aeróbica, Procesos aeróbicos con temperaturas mayores a 40°C, Adición de material alcalino, Reducción de humedad, Inyección de lodos, Incorporación de lodos en el suelo o Recubrimiento de lodos.

La disposición de lodos provenientes de fosas sépticas en un mono-relleno, deberá cumplir una de las siguientes condiciones relativas a la reducción de atracción de vectores señaladas en artículo 23: Inyección de lodos, Incorporación de lodos en el suelo, Recubrimiento de lodos o Tratamiento alcalino para lodos domésticos provenientes de fosas sépticas.

Artículo 33

La autoridad competente podrá autorizar la co-disposición en un relleno sanitario de lodos no peligrosos en cantidades que no superen el 6% por peso base húmeda del total de residuos depositados, cuando ello no entorpezca la operación normal del relleno.

Para estos efectos, se deberá presentar una solicitud, que incluya, entre otros, un informe técnico elaborado por el responsable del relleno sanitario, indicando que la instalación cuenta con infraestructura y equipos apropiados y suficientes para dar un manejo adecuado a los lodos en la instalación, debiendo considerar dicho manejo, las operaciones de mezclado de lodos, compactación y recubrimiento.

Los lodos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Reducción de atracción de vectores, de acuerdo a lo señalado en artículo 32 del presente reglamento.
- b) Tratamiento de higienización que asegure la eliminación de patógenos de acuerdo a lo señalado en el artículo 12 del presente reglamento.
- c) Presentar un contenido de humedad no superior a un 70%.

Artículo 34

Los residuos sólidos generados en cámaras de rejillas o desarenadores de plantas de tratamiento, podrán ser dispuestos en las instalaciones de disposición final de residuos sólidos domiciliarios cuando hayan sido sometidos a un procedimiento que a juicio de la autoridad sanitaria minimice los contenidos de materias fecales.

TÍTULO IV DE LOS PROCEDIMIENTOS, DOCUMENTACIÓN E INFORMES

Artículo 35

Todo generador de lodos no peligrosos deberá presentar para su aprobación ante la autoridad competente un Plan de Manejo de Lodos No Peligrosos. Dicho Plan deberá contemplar a lo menos lo siguiente:

- a) Descripción de los procesos que generan lodos;
- b) Cantidades de lodos generados;

- c) Proyecto de diseño de las unidades de tratamiento de lodos;
- d) Características de los lodos tratados y,
- e) Destino final de los lodos.

Artículo 36

El generador de lodos emitirá una Guía de Despacho la que debe acompañar el transporte, recepcionándola el destinatario. El transportista entrega la Guía al destinatario, quien la remite al generador con constancia de la recepción de los mismos.

Artículo 37

La autoridad competente podrá liberar de las obligaciones señaladas en los artículos 35 y 36 a los operadores de plantas depuradoras de aguas servidas domésticas, o de aguas residuales de características similares a las domésticas, con una capacidad inferior a 2.500 habitantes equivalente o que generen hasta 100 kg. de lodos base seca al día.

Artículo 38

Todo generador de Lodos Clase A ó B deberá contar con autorización de la autoridad competente para su comercialización. Asimismo, todo usuario de lodos deberá contar con autorización de la autoridad competente.

Artículo 39

Los lodos que se entreguen a un usuario deberán ir acompañados de un Formulario Único y una Ficha Técnica.

El formulario único deberá contener a lo menos la siguiente información:

- a) Clasificación del lodo (A ó B);
- b) Peso total (expresado en kg);
- c) Tipo de tratamiento de los lodos;
- d) Contenido de Carbón Orgánico Total (expresado como materia orgánica);
- e) Contenido de sólidos (expresados como porcentaje);
- f) Conductividad eléctrica;
- g) pH;
- h) Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio disponible y de nitrógeno y fósforo total (expresados como mg/kg.);
- i) Contenido total de los metales pesados señalados en el artículo 13 (expresados como mg/kg. en base seca) y
- j) Resultados de los análisis ecotoxicológicos señalados en el artículo 14.

La ficha técnica de los lodos deberá contener a lo menos la siguiente información:

- a) Una advertencia de que el lodo en caso de no ser aplicado en forma apropiada, puede afectar en forma negativa la fertilidad del suelo, la calidad de las aguas y del aire o los cultivos;
- b) Las prohibiciones o restricciones de uso (de acuerdo al título III, párrafos 2 y 3);
- c) La tasa máxima de aplicación del lodo (expresada como kg/há.año);
- d) Forma de aplicación de los lodos al suelo (superficial, incorporación, inyección u otra).

Artículo 40

El generador de lodos deberá mantener un registro, en el cual conste lo siguiente:

- Cantidades de lodos generados y entregados a los agricultores (en toneladas, base seca);
- Formulario Único de conformidad a lo dispuesto en el artículo 39;
- Nombre y dirección de los usuarios de los lodos;
- Identificación de los predios de aplicación;
- Contenido inicial y seguimiento de la acumulación de cada uno de los metales pesados señalados en el artículo 13, en los suelos de los predios de aplicación.

Este registro deberá ser entregado a la autoridad competente, cuando ésta lo solicite.

TÍTULO V

DEL PLAZO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA REGULACIÓN

Artículo 41

Los generadores de lodos no peligrosos de instalaciones que se encuentren en operación al momento de entrada en vigencia del presente reglamento, tendrá un plazo de un año para aprobar ante el Servicio de Salud respectivo un Plan de Manejo de Lodos No Peligrosos, conforme lo dispuesto en el artículo 35.

Artículo 42

Los generadores de lodos no peligrosos de instalaciones que se encuentren en operación al momento de entrada en vigencia del presente reglamento, tendrán un plazo de 5 años para dar cumplimiento a las exigencias contenidas en el presente reglamento.

Los generadores de lodos no peligrosos de una instalación que entren en operación con posterioridad a la entrada en vigencia del presente reglamento, deberán contemplar el cumplimiento de lo señalado en el presente reglamento, dentro del plazo de un año contado desde el momento de su puesta en marcha.

TÍTULO VI

DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO, MEDICIÓN Y ANÁLISIS

Artículo 43

Previo a la entrega al destinatario, los lodos serán objeto de muestreo el cual deberá ser representativo de los mismos.

Los lodos no peligrosos con destino a la disposición final, deberán contar con un análisis de reducción de atracción de vectores, de la densidad de coliformes fecales y del contenido de humedad, de acuerdo a lo señalado en el artículo 33.

Los lodos no peligrosos con destino a la aplicación en agricultura, deberán contar con un formulario único, señalado en el artículo 39. Los análisis a efectuar deben realizarse con la frecuencia señalada en la tabla 5.

Tabla 5 Frecuencia de análisis a efectuar a los lodos con destino a la aplicación agrícola

Cantidad de lodos, en ton/año	Frecuencia de análisis
0 – 300	1 vez al año
300 – 1.500	4 veces al año
1.500 – 15.000	6 veces al año
Mayor a 15.000	12 veces al año

En caso que los resultados de los análisis no varíen de forma significativa en un período de dos años, la autoridad competente podrá autorizar una frecuencia menor, que a lo menos será anual.

Artículo 44

Antes de la primera aplicación de lodos, deberán efectuarse análisis de los suelos con respecto de: pH, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio disponible y contenido total de los metales señalados en el artículo 13.

Los análisis de suelos deberán ser repetidos en un intervalo de a lo menos dos años. Sin perjuicio de lo anterior, la autoridad competente podrá determinar que se repitan los análisis de suelo en intervalos menores.

Las muestras representativas de suelos sometidos a análisis, se constituirán mediante la mezcla (muestra compuesta) de 25 muestras tomadas en una superficie inferior o igual a 5 hectáreas, explotada de forma homogénea. La toma de muestras deberá efectuarse aproximadamente en la profundidad del arado (en general una profundidad de 25 cm, salvo que la profundidad de la capa arable sea inferior a ese valor, sin que pueda ser inferior a 10 cm).

Artículo 45

La determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se deberá efectuarse de acuerdo a los métodos que se indican a continuación, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en peso, base seca.

Para la preparación de las muestras sólidas, previo a los análisis para coliformes, salmonella, huevos de helminto y virus MS-2, se deberá aplicar el método señalado en:

- Bacteriological Analytical Manual (BAM), U.S. Food and Drug Administration (FDA), 8th Edition, 1995. AOAC International, USA.

Para coliformes fecales existen dos métodos:

- NCh. 2313/22 Of.95, INN, 1ª ed., 1995, Determinación de Coliformes Fecales (NMP) en medio EC.
- NCh. 2313/23 Of.95, INN, 1ª ed., 1995, Determinación de Coliformes Fecales (NMP) en medio A-1.

Para Salmonella el método que corresponde es:

- Quantitative *Salmonella* Procedure. Section 9260 D. P.9-97. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 ed., 1998. APHA; AWWA; WEF

Para huevos de helminto el método que corresponde es:

- Yanko. W. A. EPA 600 1-87-014, 1987

Para virus MS-2 el método que corresponde es:

- ASTM D 4994-89 Standard Practice For Recovery of Viruses From Wastewater Sludges

Contenido de Carbono Orgánico Total (COT):

- Método 9060A, Total Organic Carbon, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Contenido de sólidos:

- SM-2540 G para contenido de sólidos

Conductividad eléctrica en lodos:

- Método, Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura, Alimentos y Asuntos Rurales, Canadá

Conductividad eléctrica en suelo:

- Método 9.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Extracto de saturación y conductivimetría.

pH:

- Método 3.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Suspensión y determinación potenciométrica
- Método 9040B, pH electrometric measurement, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Enero 1995.
- Método 9045C, Soil and waste pH, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 3, Enero 1995.

Nitrógeno disponible:

- Método Bremner y Keeney (Extracción con KCl, 2 M), en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 649-650.
- Método Bremner y Keeney (Extracción con KCl, 2 M), en Black, C.A. *et al.* (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 1191-1206.

Nitrógeno total:

- Método Kjeldahl, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 610-616.
- Método Kjeldahl, en Black, C.A. *et al.* (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 1161-1175.

Fósforo disponible:

- Método Olsen (extracción con NaHCO₃, 0,5 M, pH 8,5), Método 6.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.
- Método Olsen (extracción con NaHCO₃, 0,5 M, pH 8,5), en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 421-422.

Fósforo total:

- Digestión con ácido perclórico, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 406-407.

Potasio disponible:

- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, Método 4.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 7,0 y determinación por espectrometría de absorción y emisión atómica.
- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, en Black, C.A. *et al.* (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 229-231.
- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 228-230.

Preparación de muestras para el análisis de metales:

- Método 3050B, Acid digestion of sediments, sludges and soils, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Métodos de Absorción Atómica.

- Método 7000A, Atomic Absorption Methods, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Julio 1992

Para arsénico total existen seis alternativas:

- Método 6010B, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7060A, Arsenic (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7061A, Arsenic (Atomic absorption, gaseous hydride), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Julio 1992
- Método 7062, Antimony and arsenic (Atomic absorption, borohydride reduction), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7063, Arsenic in aqueous samples and extracts by anodic stripping voltammetry (ASV), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para cadmio total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7130, Cadmium (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7131A, Cadmium (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994

Para cobre total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7210, Copper (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7211, Copper (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para cromo total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7190, Chromium (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7191, Chromium (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para mercurio total existen cinco alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7470A, Mercury in liquid waste (Atomic absorption, manual cold-vapor technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7471A, Mercury in solid or semisolid waste (Atomic absorption, manual cold-vapor technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7472, Mercury in aqueous samples and extracts by anodic stripping voltammetry (ASV), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para molibdeno total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7480, Molybdenum (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7481, Molybdenum (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para níquel total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7520, Nickel (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7521, Nickel (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para plomo total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7420, Lead (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7421, Lead (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para selenio total existen cinco alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7740, Selenium (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7741A, Selenium (Atomic absorption, gaseous hydride), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7742, Selenium (Atomic absorption, borohydride reduction), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994

Para zinc total existen cuatro alternativas:

- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7950, Zinc (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7951, Zinc (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Julio 1992

Para la germinación de semillas:

- Terrestrial plants, Growth test, OECD Guideline for testing of chemicals 208

Lixiviación para ensayos con microcrustáceos:

- NCh. 2083.99, INN 1ª ed. 1999, Bioensayos. Determinación de toxicidad aguda mediante la inmovilización de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Cladocera, Crustacea).

Ensayos con lombrices del suelo:

- Earthworm, Acute Toxicity Test, OECD Guideline for testing of chemicals 207

**TÍTULO VII
DE LA FISCALIZACIÓN**

Artículo 46

La autoridad competente para la aprobación de los Planes de Manejo de Lodos no Peligrosos será el Servicio de Salud correspondiente de la región donde se encuentre el generador.

Las autoridades competentes para aprobar y fiscalizar el uso de lodos en agricultura, serán el Servicio de Salud, el Servicio Agrícola Ganadero o la Corporación Nacional Forestal, según sea el caso.

Las autoridades competentes para aprobar y fiscalizar la descarga de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable, serán el Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante y la Superintendencia de Servicios Sanitarios, según corresponda.

Autoridad	Competencia
Servicio de Salud	Aprobación de Planes de Manejo de Lodos no Peligrosos y liberación de pequeños generadores Autorización de Generador lodos Clase A y B Autorización de Usuario lodos Clase B Autorización de uso de lodos no peligrosos para parques y jardines Fiscalización registro Generador
Servicio Agrícola y Ganadero	Autorización de uso de lodos no peligrosos para suelos agrícolas Autorización de Generador lodos Clase A y B Autorización de Usuario lodos Clase B Fiscalización de registro Usuario
Corporación Nacional Forestal	Autorización de uso de lodos no peligrosos para suelos forestales Autorización de Usuario lodos Clase B Fiscalización de registro Usuario
Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante	Autorización para disposición de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de agua potable en lagos y ríos navegables por buques de más de 100 toneladas y en aguas marinas
Superintendencia de Servicios Sanitarios	Autorización para disposición de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de agua potable en otros cursos de aguas superficiales.

**TÍTULO FINAL
DE LA VIGENCIA**

Artículo 47

El reglamento a que se refiere este anteproyecto entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el Diario Oficial.

2.- Sométase a consulta el presente anteproyecto de reglamento.

Para tales efectos:

a) Remítase copia del expediente al Consejo Consultivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, para que emita su opinión sobre el anteproyecto de reglamento. La opinión que emita este Consejo será fundada, y en ella se dejará constancia de los votos disidentes.

b) Dentro del plazo de 60 días, contados desde la publicación en el Diario Oficial, del extracto de la presente resolución, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto del reglamento. Dichas observaciones deberán ser presentadas, por escrito, en la Comisión Regional del Medio Ambiente correspondiente al domicilio del interesado, y deberán ser acompañadas de los antecedentes en los que se sustentan, especialmente los de naturaleza técnica, científica, social, económica y jurídica. El expediente respectivo se encuentra a disposición de los interesados en las oficinas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Anótese, publíquese en extracto, comuníquese y archívese.

**Adriana Hoffmann Jacoby
Directora Ejecutiva
CONAMA**

JM
Distribución:
Comité Operativo
Comité Ampliado
Dirección Ejecutiva, CONAMA
Consejo Consultivo Nacional
Depto. Jurídico CONAMA
Depto. de Planes y Normas, CONAMA
Unidad de Economía Ambiental, CONAMA
Oficina de Partes, CONAMA
Archivo.

NOM-052-SEMARNAT-1993

(antes NOM-052-ECOL-1993)

NORMA OFICIAL MEXICANA, QUE ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS Y EL LISTADO DE LOS MISMOS Y LOS LIMITES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE

Expedición: Fecha de publicación 22 de octubre de 1993
Fecha de entrada en vigor 23 de octubre de 1993

CONSIDERANDO

Que los residuos peligrosos en cualquier estado físico por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, biológico infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico, por lo que es necesario definir cuales son esos residuos identificándolos y ordenándolos por giro industrial y por proceso, los generados por fuente no específica, así como los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-PA-CRP-001/93, que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de julio de 1993, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que la Comisión Nacional de Normalización determinó en sesión de fecha 1 de julio de 1993, la sustitución de la clave NOM-PA-CRP-001/93, con que fue publicado el proyecto de la presente norma oficial mexicana, por la clave NOM-052-ECOL-1993, que en lo subsecuente la identificará.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen V, número especial de octubre de 1993.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 5 de octubre de 1993, he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS, EL LISTADO DE LOS MISMOS Y LOS LIMITES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE

PREFACIO

En la Elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

- SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL
 - . Instituto Nacional de Ecología
 - . Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- SECRETARIA DE GOBERNACION
- SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL
- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
- SECRETARIA DE SALUD
 - . Dirección General de Salud Ambiental
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO

- . Secretaría de Ecología
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- PETROLEOS MEXICANOS
 - . Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía
 - . Gerencia de Protección Ambiental y Ahorro de Energía
 - . Pemex-Gas y Petroquímica Básica
 - . Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental
- ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE PINTURAS Y TINTAS
- ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ
- ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA
- BECTON DICKINSON DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- BUFETE QUIMICO, S.A. DE C.V.
- CAMARA DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION DE MONTERREY
- CAMARA MINERA DE MEXICO
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y DEL ACERO
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA HULERA
- CELANESE MEXICANA, S.A. DE C.V.
- CEMENTOS APASCO, S.A. DE C.V.
- CHEMICAL WASTE MANAGEMENT DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS QUIMICOS.
- COMERCIAL MEXICANA DE PINTURAS
- COMPAÑIA HULERA TORNEL, S.A. DE C.V.
- CONFEDERACION NACIONAL DE CAMARAS INDUSTRIALES
- DISTRIBUIDORA KROMA, S.A. DE C.V.
- DUPONT, S.A. DE C.V.
- GENERAL MOTORS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- GRUPO PRYC ASESORIA INDUSTRIAL, S.C.
- INGENIERIA PARA EL CONTROL DE RESIDUOS MUNICIPALES E INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO DE PROTECCION AMBIENTAL
- INSTITUTO MEXICANO DE FIBRO INDUSTRIAS
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
- . MAPLE CONSTRUCCIONES Y CONSULTORIAS, S.A. DE C.V.
- MATERIALES INOXIDABLES, S.A.
- METALOIDES, S.A. DE C.V.
- MEXALIT INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- FROCTER & GAMBLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS TEXACO, S.A. DE C.V.
- RESIDUOS INDUSTRIALES MULTQUIM, S.A. DE C.V.
- SERVICIO DE INGENIERIA Y CONTROL AMBIENTAL, S.A.
- TF VICTOR
- UNIROYAL, S.A. DE C.V.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
- UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

1.- OBJETO.

Esta norma oficial mexicana establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

2.- CAMPO DE APLICACION.

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la definición y clasificación de residuos peligrosos.

3.- REFERENCIAS.

NOM-CRP-002-ECOL Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

4.- DEFINICIONES.

4.1 CRETIB.

El código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológicos infecciosos.

4.2 Fuente no específica.

Las actividades que generan residuos peligrosos y que pueden aplicarse a diferentes giros o procesos.

4.3 Proceso.

El conjunto de actividades físicas o químicas relativas a la producción, obtención, acondicionamiento, envasado, manejo, y embalado de productos intermedios o finales.

4.4 Solución acuosa.

La mezcla en la cual el agua es el componente primario y constituye por lo menos el 50% en peso de la muestra.

5.- CLASIFICACION DE LA DESIGNACION DE LOS RESIDUOS.

5.1 El procedimiento a seguir por el generador de residuos para determinar si son peligrosos o no, se muestra en el anexo 1.

5.2 Se consideran como peligrosos los residuos clasificados en las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4), así como los considerados en el punto 5.5. En casos específicos y a criterio de la Secretaría de Desarrollo Social, podrán ser exceptuados aquellos residuos que habiendo sido listados como peligrosos en las tablas 1, 2, 3 y 4 de los mencionados anexos, puedan ser considerados como no peligrosos porque no excedan los parámetros establecidos para ninguna de las características indicadas en el punto 5.5.

5.3 Los residuos peligrosos atendiendo a su fuente generadora, se clasifican en residuos peligrosos por giro industrial y por procesos, así como por fuente no específica de acuerdo a las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4).

5.4 Para fines de identificación y control, en tanto la Secretaría no los incorpore en cualquiera de las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3) ó 3 y 4 (anexo 4), los residuos determinados en el punto 5.5 se denominarán como se indica en la siguiente tabla:

CARACTERISTICAS	No. SEDEBOL
Corrosividad (C)	P 01
Reactividad (R)	P 02
Explosividad (E)	P 03
Toxicidad al Ambiente (T)	El correspondiente al contaminante tóxico según las Tablas 5, 6 y 7
Inflamabilidad (I)	P 04
Biológico Infecciosas (B)	P 05

5.5 Además de los residuos peligrosos comprendidos en las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4), se considerarán peligrosos aquellos que presenten una o más de las siguientes características: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o biológico infecciosas; atendiendo a los siguientes criterios.

5.5.1 Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.1.1 En estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5.

5.5.1.2 En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55 °C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año.

5.5.2 Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.2.1 Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.

5.5.2.2 En condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

5.5.2.3 Bajo condiciones normales cuando se ponen en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

5.5.2.4 Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H₂S/kg de residuo.

5.5.2.5 Es capaz de producir radicales libres.

5.5.3 Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.3.1 Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenzeno.

5.5.3.2 Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm² de presión.

5.5.4 Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente cuando presenta la siguientes propiedad:

5.5.4.1 Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-053-ECOL-1993, el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

5.5 Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.5.1 En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.

5.5.5.2 Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.

5.5.5.3 No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 kg/cm²).

5.5.5.4 Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes que estimulan la combustión.

5.5.6 Un residuo con características biológico infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.6.1 Cuando el residuo contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.

5.5.6.2 Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

5.6 La mezcla de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

6.- MANEJO.

6.1 Los residuos que hayan sido clasificados como peligrosos y los que tengan las características de peligrosidad conforme a esta norma oficial mexicana deberán ser manejados de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás procedimientos aplicables.

7.- VIGILANCIA.

7.1 La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

8.- SANCIONES.

8.1 El incumplimiento a esta norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y demás disposiciones jurídicas aplicables.

9.- BIBLIOGRAFIA.

9.1 Code of Federal Regulations Código de Regulaciones Federales, Vol. 40, Part, 260, 1991. U.S.A. (Código Federal de Regulaciones, Vol. 40, Parte 260, 1991. Estados Unidos de América).

9.2 NIOSH/OSHA, U.S. Departamento de Salud y Recursos Humanos. U.S. Departamento de Trabajo. DHHS (NIOSH) No. 81-123, January 1981, (Guía Sanitaria para Residuos Químicos).

9.3 Registro Internacional de Tóxicos Químicos Potenciales, Génova 1982.

10.- CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

Esta norma oficial mexicana coincide parcialmente con el Code of Federal Regulations, Vol. 40, Part, 260, 1991. U.S.A. (Código Federal de Regulaciones, Vol. 40, Parte 260, 1991, Estados Unidos de América).

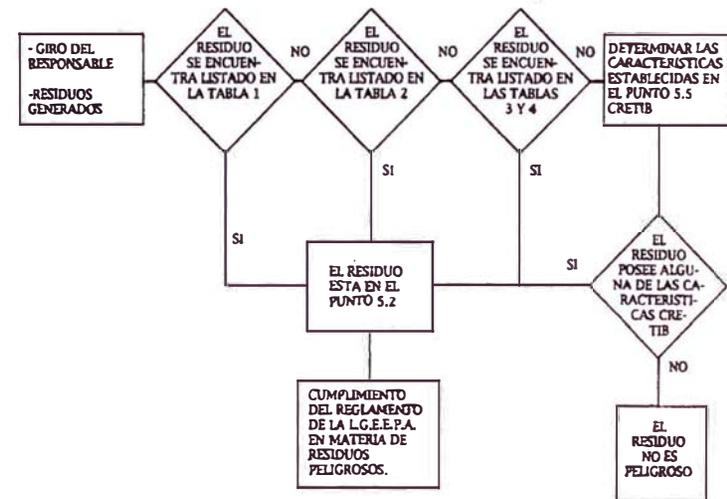
11.- VIGENCIA.

11.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

11.2 Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-001/88, que establece los criterios para la determinación de residuos peligrosos y el listado de los mismos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1988.

ANEXO 1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA IDENTIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS





ANEXO 2

TABLA 1

CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO.

NO. DE GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
1. ACABADO DE METALES Y GALVANOPLASTIA.			
1.1 PRODUCCION EN GENERAL			
	(T)	LODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE METALES PARA REMOVER SOLUCIONES CONCENTRADAS.	RP1.1/01
	(T)	LODOS PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DEL DESENGRASADO.	RP1.1/02
	(T)	SALES PRECIPITADAS DE LOS BAÑOS DE REGENERACION DE NIQUEL.	RP1.1/03
	(T)	BAÑOS DE ANODIZACION DEL ALUMINIO	RP1.1/04
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL LATONADO.	RP1.1/05
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL CADMIZADO.	RP1.1/06
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL CROMADO.	RP1.1/07
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL COBRIZADO.	RP1.1/08
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL PLATEADO.	RP1.1/09
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL ESTAÑADO.	RP1.1/10
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL NIQUELADO.	RP1.1/11



NO. DE GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL ZINCADO.	RP1.1/12
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DEL TROPICALIZADO.	RP1.1/13
	(T)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS DE LOS TANQUES DE ENFRIAMIENTO POR ACEITES EN LAS OPERACIONES DE TRATAMIENTO EN CALIENTE DE METALES.	RP1.1/14
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y SEDIMENTOS DE LOS BAÑOS DE CIANURO DE LAS OPERACIONES DE GALVANOPLASTIA.	RP1.1/15
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS DE CIANURO DE LOS TANQUES DE LIMPIEZA CON SALES EN LAS OPERACIONES DE TRATAMIENTO EN CALIENTE DE METALES.	RP1.1/16
	(T,C)	SOLUCIONES GASTADAS Y RESIDUOS PROVENIENTES DE LOS BAÑOS DE FOSFATIZADO.	RP1.1/17
	(T,C)	RESIDUOS DE CATALIZADORES AGOTADOS.	RP1.1/18
	(T)	RESIDUOS CONTENIENDO MERCURIO DE LOS PROCESOS ELECTROLITICOS.	RP1.1/19
2. BENEFICIO DE METALES			
2.1 FUNDICION DE PLOMO PRIMARIA.			
	(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DEL AFINADO.	RP2.1/01
	(T)	LODOS PROVENIENTES DE LA LAGUNA DE EVAPORACION.	RP2.1/02
	(T)	SOLUCION RESIDUAL DEL LAVADOR DE GASES QUE PROVIENE DEL PROCESO DEL AFINADO.	RP2.1/03



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
2.2	FUNDICION DE PLOMO SECUNDARIO.	(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DEL AFINADO.	RP2.2/01
		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO.	RP2.2/02
		(T)	LODOS PROVENIENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP2.2/03
		(T)	LODOS PROVENIENTES DEL LAVADOR DE GASES QUE PROVIENEN DEL PROCESO DEL AFINADO.	RP2.2/04
2.3	PRODUCCION DE ALUMINIO.	(C,T)	LODOS DE LAS SOLUCIONES DE CAL DEL LAVADOR DE GASES EN LA FUNDICION Y REFINADO DE ALUMINIO.	RP2.3/01
		(C,T)	SOLUCIONES GASTADAS PROVENIENTES DE LA EXTRUSION.	RP2.3/02
		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO DE FUNDICION DE CHATARRA DE ALUMINIO.	RP2.3/03
2.4	PRODUCCION PRIMARIA DE COBRE	(T)	LODOS DE LAS PURGAS DE LAS PLANTAS DE ACIDO.	RP2.4/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE EXTRUSION DE TUBERIA DE COBRE.	RP2.4/02
2.5	PRODUCCION SECUNDARIA DE COBRE	(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO.	RP2.5/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE EXTRUSION DE TUBERIA DE COBRE.	RP2.5/02
2.6	PRODUCCION DE COQUE.	(T)	LODOS DE DESTILACION CON CAL AMONIACAL.	RP2.6/01
		(T)	LIXIVIADOS Y CENIZAS DEL PROCESO DE COQUIZADO.	RP2.6/02
		(T)	LODOS DE ALQUITRAN DEL TANQUE SEDIMENTADOR.	RP2.6/03



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
2.7	PRODUCCION DE HIERRO Y ACERO.	(T)	RESIDUOS DEL ACEITE GASTADO.	RP2.7/01
		(C,T)	LICOR GASTADO EN LAS OPERACIONES DE ACERO INOXIDABLE.	RP2.7/02
		(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES DE HORNOS ELECTRICOS	RP2.7/03
2.8	PRODUCCION DE ALEACIONES DE HIERRO.	(T)	LODOS Y POLVOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE EMISIONES EN LA PRODUCCION DE HIERRO-CROMO.	RP2.8/01
		(T)	COLAS EN LAS PLANTAS DE MANUFACTURA DE HIERRO-NIQUEL.	RP2.8/02
		(T)	ESCORIAS PROVENIENTES DEL HORNO.	RP2.8/03
		(T)	CASCARILLA Y/O COSTRAS METALICAS ACEITOSAS DEL PROCESO DE FORJA EN CALIENTE.	RP2.8/04
2.9	PRODUCCION DE COMPUESTOS DE NIQUEL.	(T)	LODOS DE LA MANUFACTURA DE ALEACIONES DE NIQUEL.	RP2.9/01
		(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION DE CARBONILLO DE NIQUEL.	RP2.9/02
2.10	PRODUCCION PRIMARIA DE ZINC.	(T)	LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y/O PURGAS DE LA PLANTA DE ACIDO.	RP2.10/01
		(T)	LODOS DEL ANODO ELECTROLITICO.	RP2.10/02
		(T)	RESIDUO DE LIXIVIADO DE CADMIO.	RP2.10/03
3. COMPONENTES ELECTRONICOS				
3.1 OPERACIONES DE MAQUILA, FORMACION Y TERMOFORMACION PLASTICA DE COMPONENTES ELECTRONICOS.				
		(I,T)	ACEITES RESIDUALES DE LAS OPERACIONES.	RP3.1/01



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
3.2	OPERACIONES DE MAQUILA, QUIMICA/ ELECTRO-QUIMICA Y REVESTIMIENTO DE COMPONENTES ELECTRONICOS.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS OPERACIONES.	RP3.2/01
3.3	OPERACIONES DE REVESTIMIENTO DE COMPONENTES ELECTRONICOS.	(T)	RESIDUOS DE PINTURA.	RP3.3/01
3.4	PRODUCCION DE CINTAS MAGNETICAS.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP3.4/01
3.5	PRODUCCION DE CIRCUITOS ELECTRONICOS.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP3.5/01
3.6	PRODUCCION DE SEMICONDUCTORES.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP3.6/01
3.7	PRODUCCION DE TUBOS ELECTRONICOS.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP3.7/01
4. CURTIDURIA				
4.1	ACABADO DE PRODUCTOS DE CUERO.	(T)	RESIDUOS DE LOS ACABADOS.	RP4.1/01
4.2	CURTIDO DE CUERO.	(C,T)	RESIDUOS DE LA CURTIDURIA.	RP4.2/01
5. EXPLOSIVOS.				
5.1	PRODUCCION EN GENERAL.	(R,E)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP5.1/01
		(R,E)	CARBON AGOTADO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES QUE CONTIENEN EXPLOSIVOS.	RP5.1/02
(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE		AGUAS RESIDUALES EN LA FABRICACION, FORMULACION Y CARGA DE LOS COMPUESTOS INICIADORES DEL PLOMO BASE.	RP5.1/03
		(R,E)	AGUA ROSA-ROJA DE LAS OPERACIONES DE TNT.	RP5.1/04
		(R,E)	RESIDUOS DE LA MANUFACTURA DE CERILLOS Y PRODUCTOS PIROTECNICOS.	RP5.1/05
		(R,E)	RESIDUOS DE LA MANUFACTURA DEL PROPELENTE SOLIDO.	RP5.1/06



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
6. PRODUCCION DE HULE				
6.1	HULE SINTETICO Y NATURAL.	(T)	MATERIALES DE DESECHO PROVENIENTES DE LA TRANSFORMACION EN LA MANUFACTURA DE HULE NATURAL Y SINTETICO.	RP6.1/01
		(T)	RESIDUOS DE NITROBENCENO PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA INDUSTRIA HULERA.	RP6.1/02
7. MATERIALES PLASTICOS Y RESINAS SINTETICAS.				
7.1	PRODUCCION DE FIBRA DE RAYON.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.1/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.1/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.1/03
7.2	PRODUCCION DE LATEX ESTIRENOBUTADIENO.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.2/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.2/02
(T)	LODOS DE LAS AGUAS		RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.2/03
7.3	PRODUCCION DE RESINAS ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO.	(T)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.3/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.3/02
		(T)	LODOS DE AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.3/03
		(T)	PIGMENTOS RESIDUALES.	RP7.3/04



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
7.4	PRODUCCION DE RESINAS DERIVADAS DEL FENOL.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO MONOMEROS.	RP7.4/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.4/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.4/03
7.5	PRODUCCION DE RESINAS POLIESTER.	(T)	CATALIZADOR GASTADO.	RP7.5/01
		(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.5/02
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.5/03
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.5/04
		(T)	PIGMENTOS RESIDUALES.	RP7.5/05
7.6	PRODUCCION DE RESINAS DE POLIURETANO.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.6/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.6/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.6/03
7.7	PRODUCCION DE RESINAS DE SILICON.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.7/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.7/02
		(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.7/03
		(T)	SOLVENTES GASTADOS.	RP7.7/04



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
7.8	PRODUCCION DE RESINAS VINILICAS.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.8/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.8/02
8. METALMECANICA				
8.1	PRODUCCION EN GENERAL.	(T)	ACEITES GASTADOS DE CORTE Y ENFRIAMIENTO EN LAS OPERACIONES DE TALLERES DE MAQUINADO.	RP8.1/01
		(T)	RESIDUOS PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DE BARRENADO Y ESMERILADO.	RP8.1/02
		(T)	SOLUCIONES DE LOS BAÑOS DE TEMPLADO PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DE ENFRIAMIENTO.	RP8.1/03
(C,T)	RESIDUOS DE LAS OPERACIONES		DE LIMPIEZA, ALCALINA O ACIDA.	RP8.1/04
		(T,I)	PINTURAS, SOLVENTES, LODOS, LIMPIADORES Y RESIDUOS PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES DE RECUBRIMIENTO, PINTADO Y LIMPIEZA.	RP8.1/05
		(T)	LODOS PRODUCTO DE LA REGENERACION DE ACEITES GASTADOS.	RP8.1/06
9. MINERIA				
9.1	EXTRACCION DE ANTIMONIO.	(T)	JALES Y COLAS PROVENIENTES DE LA CONCENTRACION DEL MINERAL.	RP9.1/01
9.2	EXTRACCION DE OXIDOS DE COBRE.	(T)	RESIDUOS PROVENIENTES DE LA CONCENTRACION DEL MINERAL A TRAVES DE LIXIVIACION POR CEMENTACION DE FIERRO SEGUIDO POR PRECIPITACION DEL HIERRO.	RP9.2/01
		(T)	RESIDUOS PROVENIENTES DE LA CONCENTRACION DEL MINERAL POR EL PROCESO DE LIXIVIACION POR VERTIDO SEGUIDO POR PRECIPITACION DEL HIERRO.	RP9.2/02
		(T)	RESIDUOS PROVENIENTES DEL	



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
			PROCESO DE LIXIVIACION INSITU SEGUIDA POR PRECIPITACION DEL HIERRO.	RP9.2/03
9.3	EXTRACCION DE PIRITA DE COBRE.	(T)	JALES DE LA CONCENTRACION DEL MINERAL POR LAS TECNICAS DE FLOTACION Y LIXIVIADO EN TINA.	RP9.3/01
		(T)	RESIDUOS PROVENIENTES DE LA CONCENTRACION DEL MINERAL MEZCLADOS CON OXIDOS DE COBRE USANDO LA TECNICA DE PRECIPITACION DEL HIERRO.	RP9.3/02
9.4	EXTRACCION DEL PLOMO ZINC.	(T)	JALES PROVENIENTES DE LA CONCENTRACION DE LOS SOLIDOS POR FLOTACION.	RP9.4/01
10.	PETROLEO Y PETROQUIMICA.			
10.1	EXTRACCION DE PETROLEO.	(R, I)	RECORTE DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS EN LOS CUALES SE USEN LODOS DE EMULSION INVERSA.	RP10.1/01
10.2	REFINACION DEL PETROLEO.	(T)	NATAS DEL SISTEMA DE FLOTACION CON AIRE DISUELTO (FAD).	RP10.2/01
		(T)	LODOS DEL SEPARADOR API Y CARCAMOS.	RP10.2/02
		(T)	LODOS SIN TRATAR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS QUE REBASAN LOS LIMITES PERMITIDOS POR ESTA NORMA.	RP10.2/03
		(T)	LODOS DE TRATAMIENTOS BIOLOGICOS QUE CONTENGAN METALES PESADOS O SUBSTANCIAS TOXICAS QUE REBASAN LOS LIMITES PERMITIDOS POR ESTA NORMA.	RP10.2/04



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
10.3	PETROQUIMICA.			
10.3.1	PRODUCCION DE ACRILONITRILLO	(T)	POLIMERO Y CATALIZADOR USADO DE LA PURGA DE LA TORRE DE APAGADO.	RP10.3.1/01
10.3.2	PRODUCCION DE BUTADIENO.	(T)	RESIDUOS DE LA DESHIDROGENACION DEL N-BUTANO.	RP10.3.2/01
10.3.3	PRODUCCION DE DERIVADOS CLORADOS.	(C, T, I)	CLORADOS INTERMEDIOS PROVENIENTES DEL FONDO DE LA COLUMNA REDESTILADORA DE MONOMEROS DE CLORURO DE VINILO.	RP10.3.3/01
		(C, T, I)	CLORADOS PESADOS PROVENIENTES DE LOS FONDOS DE LA COLUMNA DE PURIFICACION DE DICLOROETANO.	RP10.3.3/02
10.3.4	PRODUCCION DE ACETALDEHIDO.	(C, T, I)	CROTONALDEHIDO RESIDUAL DEL CORTE LATERAL DE LA TORRE DE DESTILACION DEL PROCESO VIA OXIGENO.	RP10.3.4/01
		(C, T)	CLORACETALDEHIDO PROVENIENTE DEL FONDO DE LA TORRE PURIFICADORA Y TORRE LATERAL DEL PROCESO VIA AIRE.	RP10.3.4/02
10.3.5	PRODUCCION DE ESTIRENO-ETILBENCENO.	(T)	CATALIZADOR CON OXIDOS DE FIERRO, CROMO Y POTASIO PROVENIENTES DEL REACTOR DE DESHIDROGENACION.	RP10.3.5/01
10.3.6	PRODUCCION DE PERCLOROETILENO	(T)	DERIVADOS HEXACLORADOS PROVENIENTES DE LOS FONDOS DE LA COLUMNA DE RECUPERACION DE PERCLOROETILENO.	RP10.3.6/01
10.3.7	TRATAMIENTO PRIMARIO DE EFLUENTES.	(T, I)	LODOS DE LOS SEPARADORES API Y CARCAMOS.	RP10.3.7/01

NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
11.	PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS.	(T)	RESIDUOS DE RETARDADORES DE FLAMA Y PINTURAS DE BASE.	RP11.1/01
		(T)	RESIDUOS DEL SECADOR DE BARNIZ.	RP11.1/02
11.1	PRODUCCION DE MASTIQUE Y PRODUCTOS DERIVADOS.	(T,C)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP11.1/03
		(T)	BOLSAS Y EMPAQUES DE MATERIA PRIMA.	RP11.1/04
		(T)	RESIDUOS DEL EQUIPO DE CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE.	RP11.1/05
11.2	PRODUCCION DE PINTURAS.	(T,I)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PINTURAS BASE SOLVENTE.	RP11.2/01
		(T)	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS ENLISTADAS EN EL ANEXO 4.	RP11.2/02
		(T,I)	BOLSAS Y ENVASES DE MATERIA PRIMA ENLISTADAS EN EL ANEXO 4.	RP11.2/03
		(T)	LODOS PROVENIENTES DE LA PRODUCCION.	RP11.2/04
		(T)	AGENTES LIMPIADORES Y LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PINTURAS BASE-AGUA.	RP11.2/05
12.	PLAGUICIDAS.			
12.1	PRODUCCION DEL ACIDO ETILENO-BISDITIOCARBAMICO Y SUS SALES.	(T)	AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO (INCLUYENDO SOBRENADANTES, FILTRADOS Y AGUAS DE LAVADO).	RP12.1/01
		(C,T)	AGUAS DE LAVADO DEL VENDEO DEL REACTOR.	RP12.1/02
		(T)	SOLIDOS DE LA FILTRACION, EVAPORACION Y CENTRIFUGADO.	RP12.1/03
		(T)	POLVOS RECOLECTADOS EN FILTROS DE BOLSA Y BARRIDO	

NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
			DEL PISO EN LAS OPERACIONES DE MOLIENDA Y EMBALAJE.	RP12.1/04
12.2	PRODUCCION DE ATRACINA.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP12.2/01
12.3	PRODUCCION DE BROMURO DE METILO.	(C,T)	AGUAS RESIDUALES DEL REACTOR Y ACIDO SULFURICO GASTADO DEL SECADOR DEL ACIDO.	RP12.3/01
		(T)	ABSORBENTES GASTADOS Y AGUAS RESIDUALES DEL SEPARADOR DE SOLIDOS.	RP12.3/02
12.4	PRODUCCION DE CLORDANO.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP12.4/01
		(T)	AGUAS RESIDUALES Y AGUAS DE LAVADO DE LA CLORACION DEL CICLOPENTADIENO.	RP12.4/02
		(T)	SOLIDOS RETENIDOS EN LA FILTRACION DE HEXACLOROCICLOPENTADIENO.	RP12.4/03
		(T)	RESIDUOS DEL LAVADOR AL VACIO DEL CLORADOR DE CLORDANO.	RP12.4/04
12.5	PRODUCCION DE CLOROTOLUENO.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP12.5/01
12.6	PRODUCCION DE CREOSOTA.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP12.6/01
12.7	PRODUCCION DE 2,4-D (DICLOROFENOL)	(T)	RESIDUOS DEL 2,6-DICLOROFENOL.	RP12.7/01
		(T)	AGUAS RESIDUALES NO TRATADAS.	RP12.7/02
12.8	PRODUCCION DE DISULFOTON.	(T)	FONDOS DE DESTILACION EN LA RECUPERACION DE TOLUENO.	RP12.8/01
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP12.8/02

Normas Oficiales Mexicanas



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
12.9	PRODUCCION DE FORATO.	(T)	AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO.	RP12.9/01
		(T)	SOLIDOS DE LA FILTRACION DEL ACIDO DIETILFOSFORODITIOICO.	RP12.9/02
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP12.9/03
12.10	PRODUCCION DE MALATION.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP12.10/01
12.11	PRODUCCION DE METIL METARSENIATO DE SODIO Y ACIDO CACODILICO.	(T)	SUBPRODUCTOS SALINOS.	RP12.11/01
12.12	PRODUCCION DE PARATION Y METIL PARATION.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP12.12/01
12.13	PRODUCCION DE TOXAFENO.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP12.13/01
		(T)	AGUAS RESIDUALES NO TRATADAS DEL PROCESO.	RP12.13/02
13.	PRESERVACION DE LA MADERA.			
	PRODUCCION EN GENERAL.	(T)	LODOS SEDIMENTADOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS EN PROCESOS QUE UTILIZAN: CRESOTA, CLOROFENOL, PENTACLOROFENOL Y ARSENICALES.	RP13.1/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE CLORACION EN LA PRODUCCION DE PRESERVATIVOS PARA MADERA.	RP13.1/02
14.	PRODUCCION DE BATERIAS.			
14.1	PRODUCCION EN GENERAL.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PRODUCCION DE BATERIAS DE PLOMO ACIDO.	RP14.1/01
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PRODUCCION DE BATERIAS DE NIQUEL-CADMIO.	RP14.1/02



Normas Oficiales Mexicanas

NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
		(T)	PRODUCTOS DE DESECHOS DE LAS BATERIAS NIQUEL-CADMIO.	RP14.1/03
		(T)	PRODUCTOS DE DESECHOS DE LAS BATERIAS ZINC-CARBONO.	RP14.1/04
		(T)	PRODUCTOS DE DESECHOS DE BATERIAS ALCALINAS.	RP14.1/05
		(T)	BATERIAS DE DESECHOS Y RESIDUOS DE LOS HORNOS DE LA PRODUCCION DE BATERIAS DE MERCURIO.	RP14.1/06
		(C,T)	BATERIAS DE DESECHO DE LA PRODUCCION DE BATERIA DE PLOMO ACIDO.	RP14.1/07
15.	QUIMICO FARMACEUTICA			
15.1	PRODUCCION DE FARMOQUIMICOS	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.1/01
		(T)	CARBON ACTIVADO GASTADO QUE HAYA TENIDO CONTACTO CON PRODUCTOS QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.1/02
		(T)	MATERIALES FUERA DE ESPECIFICACION QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.1/03
15.2	ELABORACION DE MEDICAMENTOS.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION Y MATERIALES CADUCOS O FUERA DE ESPECIFICACION QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.2/01
		(T)	CARBON ACTIVADO GASTADO QUE HAYA TENIDO CONTACTO CON PRODUCTOS QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.2/02
15.3	PRODUCCION DE BIOLÓGICOS.	CB)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION, MATERIALES CADUCOS Y FUERA DE ESPECIFICACION.	RP15.3/01
		(T)	RESIDUOS DE PROCESOS QUE CONTENGAN SUSTANCIAS TOXICAS AL AMBIENTE.	RP15.3/02



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
15.4	PRODUCCION DE HERMODERIVADOS.	(B)	MATERIALES FUERA DE ESPECIFICACIONES.	RP15.4/01
15.5	PRODUCCION DE PRODUCTOS VETERINARIOS DE COMPUESTOS DE ARSENICO U ORGANARSENICALES.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP15.5/01
		(T)	RESIDUOS DE DESTILACION (BREAS) DE COMPUESTOS A BASE DE ANILINA.	RP15.5/02
16.	QUIMICA INORGANICA.			
16.1	PRODUCCION DE ACIDO FLUORHIDRICO.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	RP16.1/01
16.2	PRODUCCION DE CLORO (PROCESO DE CELDAS DE DIAFRAGMA USANDO ANODOS DE GRAFITO)	(T)	RESIDUOS DE HIDROCARBUROS CLORADOS DE LA ETAPA DE PURIFICACION.	RP16.2/01
16.3	PRODUCCION DE CLORO (PROCESO DE CELDAS DE MERCURIO).	(T)	LODOS DE LA PURIFICACION DE SALMUERA, DONDE LA SALMUERA PURIFICADA SEPARADA NO SE UTILIZA.	RP16.3/01
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP16.3/02
		(T)	CATALIZADOR AGOTADO DE CLORURO DE MERCURIO.	RP16.3/03
16.4	PRODUCCION DE FOSFORO.	(T)	LODOS DE TRATAMIENTO.	RP16.4/01
		(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP16.4/02
16.5	PRODUCCION DE PIGMENTOS DE CROMO Y DERIVADOS.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS NARANJA Y AMARILLO DE CROMO.	RP16.5/01
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS VERDES DE CROMO.	RP16.5/02
		(T)	FILTRO AYUDA GASTADO (TORTAS DE FILTROS)	RP16.5/03



NO.DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS VERDES DE OXIDO DE CROMO (ANHIDROS E HIDRATADOS).	RP16.5/04
		(T)	RESIDUOS DEL HORNO DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS VERDES DE OXIDO DE CROMO.	RP16.5/05
16.6	PRODUCCION DE OTROS PIGMENTOS INORGANICOS.	(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS NARANJA DE MOLIBDATO.	RP16.6/01
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS AMARILLOS DE ZINC.	RP16.6/02
		(T)	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE PIGMENTOS AZULES DE HIERRO.	RP16.6/03
17.	QUIMICA ORGANICA.			
17.1	PRODUCCION DE ACETALDEHIDO A PARTIR DEL ETILENO.	(T)	FONDOS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.1/01
		(T)	CORTES LATERALES EN LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.1/02
17.2	PRODUCCION DE ANHIDRIDO FTALICO A PARTIR DEL NAFTALENO.	(T)	PRODUCTOS TERMINALES LIGEROS DE LA DESTILACION.	RP17.2/01
		(T)	FONDOS DE LA DESTILACION.	RP17.2/02
17.3	PRODUCCION DE ANHIDRIDO FTALICO A PARTIR DE ORTOXILENO.	(T)	PRODUCTOS TERMINALES LIGEROS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.3/01
		(T)	FONDOS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.3/02
17.4	PRODUCCION DE ANHIDRIDO MALEICO.	(T)	RESIDUOS DE LA PRODUCCION.	RP17.4/01
17.5	PRODUCCION DE ANILINA.	(T)	FONDOS DE DESTILACION.	RP17.5/01
		(T)	RESIDUOS DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL PRODUCTO.	RP17.5/02



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
17.6	PRODUCCION DE CLOROBENCENOS.	(T)	FONDOS DE DESTILACION O DE LA COLUMNA FRACCIONADORA.	RP17.6/01
		(T)	CORRIENTES ACUOSAS DE LA ETAPA DEL LAVADO DEL REACTOR DE PRODUCTO.	RP17.6/02
17.7	PRODUCCION DE CLORURO DE BENCILO.	(T)	FONDOS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.7/01
17.8	PRODUCCION DEL CLORURO DE ETILO.	(T)	FONDOS PESADOS DE LA COLUMNA FRACCIONADORA.	RP17.8/01
17.9	PRODUCCION DE DIBROMURO DE ETILENO VIA BROMACION DEL ETENO.	(T)	AGUAS RESIDUALES DEL LAVADOR DE GASES DEL VENTEO DEL REACTOR.	RP17.9/01
		(T)	ABSORBENTES SOLIDOS GASTADOS DE LA ETAPA DE PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.9/02
		(T)	FONDOS DE LA ETAPA DE PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.9/03
17.10	PRODUCCION DEL DICLOROETILENO.	(T)	FONDOS PESADOS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.10/01
17.11	PRODUCCION DE DISOCIANATO DE TOLUENO.	(R,T)	RESIDUOS DE CENTRIFUGACION Y DESTILACION.	RP17.11/01
17.12	PRODUCCION DE DIISOCIANATO DE TOLUENO VIA FOSGENACION DE LA TOLUENDIAMINA.	(T)	CONDENSADOS ORGANICOS DE LA COLUMNA DE RECUPERACION DE SOLVENTES.	RP17.12/01
17.13	PRODUCCION DE 1,1-DIMETILHIDRACINA (DDAH) A PARTIR DE HIDRAZINAS DE ACIDO CARBOXILICO.	(C,T)	FONDOS DE LA TORRE DE SEPARACION DE PRODUCTOS.	RP17.13/01
		(T,I)	CABEZAS CONDENSADAS DE LA COLUMNA DE SEPARACION DE PRODUCTO Y GASES CONDENSADOS DEL VENTEO DEL REACTOR.	RP17.13/02



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
		(T)	CARTUCHOS DE LOS FILTROS AGOTADOS DE LA PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.13/03
		(T)	CABEZAS CONDENSADAS DE LA COLUMNA DE SEPARACION DE INTERMEDIOS.	RP17.13/04
17.14.	PRODUCCION DE DINITROTOLUENO VIA NITRACION DE TOLUENO.	(C,T)	AGUAS DE LAVADO DEL PRODUCTO.	RP17.14/01
17.15	PRODUCCION DE EPICLORHIDRINA	(T)	FONDOS PESADOS DE LA COLUMNA DE PURIFICACION.	RP17.15/01
17.16	PRODUCCION DE FENOL/ACETONA A PARTIR DEL CUMENO.	(T)	FONDOS PESADOS (BREA) DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.16/01
17.17	PRODUCCION DE FLUOROMETANOS.	(T)	RESIDUO DE CATALIZADOR AGOTADO DE ANTIMONIO EN SOLUCION ACUOSA.	RP17.17/01
17.18	PRODUCCION DE ETIL METIL PIRIDINA	(T)	RESIDUOS DE LAS TORRES DE LAVADO DE GASES.	RP17.18/01
17.19	PRODUCCION DE NITROBENCENO/ANILINA.	(T)	CORRIENTES COMBINADAS DE AGUAS RESIDUALES.	RP17.19/01
17.20	PRODUCCION DE NITROBENCENO MEDIANTE LA NITRACION DEL BENCENO.	(T)	FONDOS DE LA DESTILACION.	RP17.20/01
		(T)	SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS DEL REACTOR EN LA PRODUCCION DEL NITROBENCENO.	RP17.20/02
17.21	PRODUCCION DE TETRACLORURO DE CARBONO.	(T)	FONDOS PESADOS O PRODUCTOS RESIDUALES DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.21/01
17.22	PRODUCCION DE TOLUENDIAMINA VIA HIDROGENACION DE DINITROTOLUENO	(T)	AGUA DE REACCION (SUBPRODUCTO) DE LA COLUMNA DE SECADO.	RP17.22/01



NO. DE GIRO	INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO
		(T)	PRODUCTOS LIQUIDOS TERMINALES LIGEROS CONDENSADOS DE LA ETAPA DE PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.22/02
		(T)	VECINALES DE LA ETAPA DE PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.22/03
		(T)	FONDOS PESADOS DE LA ETAPA DE PURIFICACION DEL PRODUCTO.	RP17.22/04
17.23	PRODUCCION DE 1,1,1-TRICLOROETANO.	(T)	CATALIZADORES AGOTADOS DEL REACTOR DE HIDROCLORACION.	RP17.23/01
		(T)	RESIDUOS DEL LAVADOR DE PRODUCTO.	RP17.23/02
		(T)	FONDOS DE LA ETAPA DE DESTILACION.	RP17.23/03
		(T)	FONDOS PESADOS DE LA COLUMNA DE PESADOS.	RP17.23/04
17.24	PRODUCCION COMBINADA DE TRICLOROETILENO Y PERCLOROETILENO.	(T)	FONDOS O RESIDUOS PESADOS DE LAS TORRES.	RP17.24/01
18.	TEXTILES.			
18.1	PRODUCCION EN GENERAL.	(T)	TAMBOS Y CONTENEDORES CON RESIDUOS DE TINTES Y COLORANTES.	RP18.1/01
		(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP18.1/02
		(T)	AGENTES MORDIENTES GASTADOS RESIDUALES.	RP18.1/03
		(C,T)	RESIDUOS DE DETERGENTES, JABONES Y AGENTES DISPERSANTES.	RP18.1/04
		(C)	RESIDUOS ACIDOS O ALCALINOS.	RP18.1/05
		(C,T)	RESIDUOS PROVENIENTES DEL BLANQUEADO.	RP18.1/06
		(T)	RESIDUOS DE ADHESIVOS Y POLIMEROS.	RP18.1/07
		(T)	RESIDUOS DE AGENTES ENLAZANTES Y DE CARBONIZACION.	RP18.1/08



ANEXO 3

TABLA 2

CLASIFICACION DE RESIDUOS POR FUENTE NO ESPECIFICA

NO. DE FUENTE	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE	
1. FUENTES DIVERSAS Y NO ESPECIFICAS.				
1.1	FUENTES NO ESPECIFICAS.	(T)	ENVASES Y TAMBOS VACIOS USADOS EN EL MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	RPNE1.1/01
		(T)	LODOS DE DESECHO DEL TRATAMIENTO BIOLOGICO DE AGUAS RESIDUALES QUE CONTENGA CUALQUIER SUBSTANCIA TOXICA AL AMBIENTE EN CONCENTRACIONES MAYORES A LOS LIMITES SEÑALADOS EN EL ARTICULO 5.5 DE ESTA NORMA.	RPNE1.1/02
		(T,I)	ACEITES LUBRICANTES GASTADOS.	RPNE1.1/03
		(T)	RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS O DE CUALQUIER OTRO MATERIAL QUE LOS CONTENGA EN CONCENTRACION MAYOR DE 50 PPM.	RPNE1.1/04
		(T)	RESIDUOS DE EL MANEJO DE LA FIBRA DE ASBESTO PURO, INCLUYENDO POLVO, FIBRAS Y PRODUCTOS FACILMENTE DESMENUZABLES CON LA PRESION DE LA MANO (TODOS LOS RESIDUOS QUE CONTENGAN ASBESTO EL CUAL NO ESTE SUMERGIDO O FIJO EN UN AGLUTINANTE NATURAL O ARTIFICIAL).	RPNE1.1/05
		(T)	TODAS LAS BOLSAS QUE HAYAN TENIDO CONTACTO CON LA FIBRA DE ASBESTO, ASI COMO LOS MATERIALES FILTRANTES PROVENIENTES DE LOS EQUIPOS DE CONTROL COMO SON: LOS FILTROS, MANGAS, RESPIRADORES PERSONALES Y OTROS; QUE NO HAYAN RECIBIDO UN TRATAMIENTO PARA ATRAPAR LA FIBRA EN UN AGLUTINANTE NATURAL O ARTIFICIAL.	RPNE1.1/06



NO. DE FUENTE	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
	(T)	TODOS LOS RESIDUOS PROVENIENTES DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA CUYA MATERIA PRIMA SEA EL ASBESTO Y LA FIBRA SE ENCUENTRE EN FORMA LIBRE, POLVO O FACILMENTE DESMENUZABLE CON LA PRESION DE LA MANO.	RPNE1.1/07
	(T)	LOS SIGUIENTES SOLVENTES HALOGENADOS GASTADOS EN OPERACIONES DE DESENGRASADO: TETRACLOROETILENO, TRICLOROETILENO, CLORURO DE METILENO, 1,1,1-TRICLOROETANO, TETRACLORURO DE CARBONO, FLUOROCARBONOS CLORADOS Y LOS SEDIMENTOS O COLAS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.	RPNE1.1/08
	(T)	LOS SIGUIENTES SOLVENTES HALOGENADOS GASTADOS USADOS EN OTRAS OPERACIONES QUE NO SEA EL DESENGRASADO: TETRACLOROETILENO, CLORURO DE METILENO, TRICLOROETILENO, 1,1,1-TRICLOROETANO, CLOROBENCENO, 1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUORETANO, ODICLOROBENCENO, TRICLOROFLUOROMETANO Y 1,1,2-TRICLOROETANO; Y LOS SEDIMENTOS O COLAS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.	RPNE1.1/09
	(T, I)	LOS SIGUIENTES SOLVENTES GASTADOS NO HALOGENADOS: XILENO, ACETONA, ACETATO DE ETILO, ETILBENCENO, ETER ETILICO, ISOBUTIL METIL CETONA, ALCOHOL N-BUTILICO, CICLOHEXANONA Y METANOL; Y LOS SEDIMENTOS O COLAS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.	RPNE1.1/10



NO. DE FUENTE	CLAVE CRTIB	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
	(I, T)	LOS SIGUIENTES SOLVENTES GASTADOS NO HALOGENADOS: TOLUENO, ETIL METIL CETONA, DISULFURO DE CARBONO, ISOBUTANOL, PIRIDINA, BENCENO, 2-ETOXIETANOL; 2-NITROPROPANO Y LOS SEDIMENTOS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.	RPNE1.1/11
	(E, T)	LOS SIGUIENTES SOLVENTES GASTADOS NO HALOGENADOS: CRESOLES, ACIDO CRESILICO, NITROBENCENO Y LOS SEDIMENTOS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.	RPNE1.1/12
	(T)	RESIDUOS DEL TRI-TETRA-, O PENTAFLUOROFENOL PROVENIENTES DE SU PRODUCCION O DE SU USO COMO REACTANTE, PRODUCTO INTERMEDIO O COMPONENTE DE UNA FORMULACION.	RPNE1.1/13
	(T)	RESIDUOS DE TETRA-PENTA-, O HEXACLOROBENCENO PROVENIENTES DE SU USO COMO REACTANTE, PRODUCTO INTERMEDIO O COMPONENTE DE UNA FORMULACION, BAJO CONDICIONES ALCALINAS.	RPNE1.1/14
1.2	(B)	RESIDUOS DE SANGRE HUMANA. PROVENIENTES DE HOSPITALES, LABORATORIOS Y CONSULTORIOS MEDICOS.	RPNE1.2/01
	(B)	RESIDUO DE CULTIVO Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS.	RPNE1.2/02
	(B)	RESIDUOS PATOLOGICOS.	RPNE1.2/03
	(B)	RESIDUOS NO ANATOMICOS DE UNIDADES DE PACIENTES.	RPNE1.2/04
PUNZOCORTANTES USADOS.	(B)	RESIDUOS DE OBJETOS	RPNE1.2/05
	(B)	RESIDUOS INFECCIOSOS MISCELANEOS COMO: MATERIALES DE CURACION Y ALIMENTOS DE ENFERMOS CONTAGIOSOS.	RPNE1.2/06



ANEXO 4

TABLA 3

CLASIFICACION DE RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS

NO. DE FUENTE	MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
1. ACEITES MINERALES, ACIDOS, MONOMEROS Y ANHIDRIDOS.				
1.1 PRODUCCION EN GENERAL.				
		(T)	ACEITES AROMATICOS	RPP1.1/01
		(T)	ACEITES NAFTENICOS	RPP1.1/02
		(T,I)	ACIDO ACETICO	RPP1.1/03
		(T,I)	ACIDO CLORHIDRICO	RPP1.1/04
		(I)	ACIDO FUMARICO	RPP1.1/05
		(I)	ACIDO ISOFTALICO	RPP1.1/06
		(I)	ACIDO ISONONANOICO	RPP1.1/07
		(T)	ACIDO OXALICO	RPP1.1/08
		(I)	ANHIDRIDO FTALICO	RPP1.1/09
		(I)	ANHIDRIDO MALEICO	RPP1.1/10
		(I)	ANHIDRIDO TRIMETILICO	RPP1.1/11
		(I)	MONOMERO DE ACRILATO DE ETILO	RPP1.1/12
		(T)	MONOMERO DE METACRILATO DE ETILO	RPP1.1/13
		(I)	MONOMERO DE METACRILATO DE ISOBUTILO	RPP1.1/14
2. PEROXIDOS, PLASTIFICANTES, POLIOLES Y VARIOS				



NO. DE FUENTE	MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
2.1 PRODUCCION EN GENERAL				
		(T)	HIDROXIDO DE AMONIO	RPP2.1/01
		(T)	PEROXIDO DE LAURILO	RPP2.1/02
		(T)	FTALATO DE BUTIL BENCILO	RPP2.1/03
		(I)	PENTAERITRITOL	RPP2.1/04
		(I)	PROPILENGLICOL	RPP2.1/05
		(I)	TRIMETILOLETANO	RPP2.1/06
		(I)	TRIMETILOLPROPANO	RPP2.1/07
		(T,I)	FORMALDEHIDO	RPP2.1/08
		(R)	PARAFORMALDEHIDO	RPP2.1/09
		(R)	SILIATO DE ETILO	RPP2.1/10
3. PIGMENTOS				
3.1 PRODUCCION EN GENERAL				
		(T)	AMARILLO NAFTOL	RPP3.1/01
		(T)	AZUL FTALOCIANINA	RPP3.1/02
		(T)	AZUL VICTORIA COLORANTE	RPP3.1/03
		(T)	NARANJA 29-19 PIRAZOLONA	RPP3.1/04
		(T)	VIOLETA DE CARBAZOL	RPP3.1/05
		(T)	AMARILLO CROMO	RPP3.1/06
		(T)	ROJO MOLIBDATO	RPP3.1/07
		(T)	NARANJA CROMO 25	RPP3.1/08
		(T)	NARANJA MOLIBDATO	RPP3.1/09
4. RESINAS				
4.1 DISPERSIONES Y MICRODISPERSIONES EN AGUA				
		(T)	RESINAS DE TOLUEN DIIISOCIANATO	RPP4.1/01
4.2 SINTETICAS EN SOLUCION DE SOLVENTES				
		(I)	ALQUIDALICAS DE ACEITE LARGA	RPP4.2/01
		(T,I)	ALQUIDALICAS DE ACEITE MEDIO	RPP4.2/02
		(T)	EPOXICAS	RPP4.2/03
		(I)	FENOLICAS EN SOLUCION	RPP4.2/04
		(I)	FUMARICAS	RPP4.2/05
		(T)	HEMATOX: METIL MELAMINA	RPP4.2/06

NO. DE FUENTE	MATERIA PRIMA	CLAVE CRETIS	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
		(T)	MALEICAS	RPP4.2/07
		(T)	POLIESTER	RPP4.2/08
		(R)	SILICON ALQUIDAL	RPP4.2/09
		(R)	SILICONES	RPP4.2/10
		(T)	URETANOS	RPP4.2/11
4.3	SOLIDAS	(R)	NITROCELULOSA	RPP4.3/01
4.4	SINTETICAS	(R)	POLIAMIDA	RPP4.4/01
		(T)	POLIESTERES	RPP4.4/02
		(T, I)	FENOLICAS MODIFICADAS Y EN SOLUCION	RPP4.4/03
5. SOLVENTES				
5.1	PRODUCCION EN GENERAL	(I)	ACETATO DE BUTIL CARBITOL	RPP5.1/01
		(I)	ACETATO DE BUTIL CELLOSOLVE	RPP5.1/02
		(I)	ACETATO DE CARBITOL	RPP5.1/03
		(I)	ACETATO DE CELLOSOLVE	RPP5.1/04
		(I)	ACETATO DE METIL CELLOSOLVE	RPP5.1/05
		(I)	ACETONA	RPP5.1/06
		(I)	ALCOHOL DIACETONA	RPP5.1/07
		(I)	ALCOHOL ETILICO	RPP5.1/08
		(I)	ALCOHOL ISOBUTILICO	RPP5.1/09
		(I)	ALCOHOL POLIVINILICO	RPP5.1/10
		(I)	AROMINA 100	RPP5.1/11
		(I)	AROMINA 150	RPP5.1/12
		(I)	BUTANOL	RPP5.1/13
		(I)	CICLOHEXANONA	RPP5.1/14
		(T)	CLORURO DE METILENO	RPP5.1/15
		(I)	ETER METILICO DEL ETILENGLICOL	RPP5.1/16
		(I)	ETER MONOBUTILICO DEL DIETILENGLICOL	RPP5.1/17
		(T, I)	ETER MONOETILICO DEL ETILENGLICOL	RPP5.1/18
		(T, I)	ETER MONOPROPILICO DEL ETILENGLICOL	RPP5.1/19

(I)	2-ETIL-HEXIL ALCOHOL	RPP5.1/20
(I)	GAS NAFTA	RPP5.1/21
(I)	GAS SOLVENTE	RPP5.1/22
(T, I)	ISOFURONA	RPP5.1/23
(T, I)	METIL ISOBUTIL CETONA	RPP5.1/24
(I)	2-NITROPROPANO	RPP5.1/25
(I)	VMP NAFTA	RPP5.1/26
(I)	HEPTANO	RPP5.1/27
(I)	HEXANO	RPP5.1/28
(I)	ISOPROPANOL	RPP5.1/29
(I)	METANOL	RPP5.1/30

TABLA 4

CLASIFICACION DE RESIDUOS Y BOLSAS O ENVASES DE MATERIAS PRIMAS QUE SE CONSIDERAN PELIGROSAS EN LA PRODUCCION DE PINTURAS

No. DE GIRO	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No. INE
1.	ACIDOS, ANHIDRIDOS MONOMEROS Y PEROXIDOS			
1.1	PRODUCCION GENERAL	(I)	ACIDO ACRILICO	RPE1.1/01
		(I)	ACIDO AZELAICO	RPE1.1/02
		(I)	ACIDO DIMETIL PROPIONICO	RPE1.1/03
		(I)	ACIDO ETIL 2-HEXOICO	RPE1.1/04
		(I)	ACIDO PARA-TOLUEN SULFONICO	RPE1.1/05
		(I)	ACIDO SEBASICO	RPE1.1/06
		(T, I)	ACIDO SULFONICO AROMATICO	RPE1.1/07
		(T)	ACIDO SULFORICO	RPE1.1/08
		(I)	ACIDO TEREFTALICO	RPE1.1/09
		(I)	ANHIDRIDO METACRILICO	RPE1.1/10
		(I)	ANHIDRIDO SUCCINICO	RPE1.1/11
		(I)	ACETATO DE VINILO	RPE1.1/12
		(I)	ACRILATO DE BUTILO	RPE1.1/13
		(I)	ACRILATO DE METILO	RPE1.1/14
		(I)	ESTIRENO	RPE1.1/15
		(I)	METACRILATO DE BUTILO	RPE1.1/16
		(I)	METACRILATO DE METILO	RPE1.1/17
		(T)	HIDROPEROXIDO DE CUMENO	RPE1.1/18
		(T)	PEROXIDO DE AZODISISOBUTIRONITRIL	RPE1.1/19
		(I, R)	PEROXIDO DE BENZOILO	RPE1.1/20
		(I, R)	PEROXIDO DE CICLOHEXANONA	RPE1.1/21
		(T)	PEROXIDO DE DITERBUTILO	RPE1.1/22
		(T, R)	PEROXIDO DE METIL ETIL	

No. DE GIRO	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No. INE
			CETONA	RPE1.1/23
		(T, R)	PEROXIDO DE TERBUTIL PERBENZOATO	RPE1.1/24
		(T, R)	PEROXI-2-ETIL HEXANOATO DE TERBUTILO	RPE1.1/25
2.	SECANTES, PIGMENTOS Y VARIOS			
2.1	PRODUCCION EN GENERAL	(T, I)	NAFTENATO DE COBALTO	RPE2.1/01
		(T)	NAFTENATO DE PLOMO	RPE2.1/02
		(T, I)	ALCANOATO DE COBALTO	RPE2.1/03
		(T)	ALCANOATO DE PLOMO	RPE2.1/04
		(T, I)	NEODECANATO DE COBALTO	RPE2.1/05
		(T)	NEODECANATO DE PLOMO	RPE2.1/06
		(T, I)	OCTOATO DE COBALTO	RPE2.1/07
		(T)	OCTOATO DE PLOMO	RPE2.1/08
		(T)	ALBAYALDE	RPE2.1/09
		(T)	AMONIACO	RPE2.1/10
		(T)	ANTIESPUMANTE ORGANICO FGAMICIDE B-18	RPE2.1/11
		(T)	DIBUTILAMINA	RPE2.1/12
		(T, I)	DIETILENGLICOL	RPE2.1/13
		(T, I)	DIETILENTRIAMINA	RPE2.1/14
		(T, I)	TIMETIL ETIL AMINA	RPE2.1/15
		(T, I)	ETIL METIL CETOXIMA	RPE2.1/16
		(T)	HIDROQUINONA	RPE2.1/17
		(R)	HIDROXIDO DE SODIO	RPE2.1/18
		(T)	LITARGIRIO	RPE2.1/19
		(T)	MINIO	RPE2.1/20

No. DE GIRO	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No. INE
		(R)	NITRITO DE SODIO	RPE2.1/21
		(T)	OXIDO DE MERCURIO	RPE2.1/22
		(T)	OXIMAS	RPE2.1/23
		(T)	PLOMO	RPE2.1/24
		(T)	SALES DE MERCURIO (BIOCIDAFUNGICIDA) POLACIDA	RPE2.1/25
		(T,I)	TRITILAMINA	RPE2.1/26
		(T,I)	TRITILENTE TRAAMINA	RPE2.1/27
		(T)	TRIFENIL FOSFITO	RPE2.1/28
		(T)	SULFATO DE PLOMO	RPE2.1/29
		(T)	AMARILLO CADMIO	RPE2.1/30
		(T)	AMARILLO URAMINA	RPE2.1/31
		(T)	NARANJA BENCIDINA	RPE2.1/32
		(T)	ROJO CADMIO	RPE2.1/33
		(T)	VERDE CROMO 25	RPE2.1/34
3. RESINAS				
3.1 SINTETICAS EN SOLUCION DE SOLVENTES				
		(T,I)	ACRILICAS EN SOLUCION	RPE3.1/01
		(T,I)	ALQUIDALICAS DE ACEITE CORTA	RPE3.1/02
		(I)	FENOL-FORMAL DEHIDO	RPE3.1/03
		(I)	FORMALDEHIDO TIPO TRIACINA	RPE3.1/04
		(T,R)	ISOCIANATOS	RPE3.1/05
		(I)	MELAMINA FORMALDEHIDO	RPE3.1/06
		(I)	UREA FORMALDEHIDO	RPE3.1/07
4. SOLVENTES				
4.1 PRODUCCION EN GENERAL				
		(I)	ACETATO DE AMILO	RPE4.1/01

No. DE GIRO	RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS Y BOLSAS O ENVASES	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No. INE
		(I)	ACETATO DE BUTILO	RPE4.1/02
		(I)	ACETATO DE ETILO	RPE4.1/03
		(I)	ACETATO DE ISOAMILO	RPE4.1/04
		(I)	ACETATO DE ISOPROPILO	RPE4.1/05
		(I)	ACETATO DE METILO	RPE4.1/06
		(I)	AGUARRAS	RPE4.1/07
		(T,I)	BUTIL CELLOSOLVE	RPE4.1/08
		(I)	CICLOHEXANO	RPE4.1/09
		(I)	DIETIL CETONA	RPE4.1/10
		(I)	ETER METILICO DEL PROPILEN GLICOL	RPE4.1/11
		(I)	GASOLINA INCOLORA	RPE4.1/12
		(I)	METIL ETIL CETONA	RPE4.1/13
		(T,I)	METIL ISOAMIL CETONA	RPE4.1/14
		(T,I)	METIL ISOBUTIL CARBINOL	RPE4.1/15
		(T,I)	TOLUENO	RPE4.1/16
		(T,I)	XILENO	RPE4.1/17
5. RESIDUOS DE MATERIAS PRIMAS EN LA PRODUCCION.				
6. RESIDUOS DEL LAVADO CON SOLVENTES.				
7. LODOS DE DESTILACION DE SOLVENTES.				
8. RESIDUOS DEL EQUIPO ANTICONTAMINANTE.				
9. LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.				
10. LODOS DE LIMPIEZA DE GASES EN EQUIPO DE CONTROL.				

ANEXO 5

TABLA 5
CARACTERISTICAS DEL LIXIVIADO (PECT) QUE HACEN PELIGROSO
A UN RESIDUO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE

NO. DE INE	CONSTITUYENTES INORGANICOS.	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.1.01	ARSENICO	5.0
C.1.02	BARIO	100.00
C.1.03	CADMIO	1.0
C.1.04	CROMO HEXAVALENTE	5.0
C.1.05	NIQUEL	5.0
C.1.06	MERCURIO	0.2
C.1.07	PLATA	5.0
C.1.08	PLOMO	5.0
C.1.09	SELENIO	1.0

TABLA 6

NO. DE INE.	CONSTITUYENTES ORGANICOS	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.O.01	ACRILONITRILLO	5.0
C.O.02	CLORDANO	0.03
C.O.03	o-CRESOL	200.0
C.O.04	m-CRESOL	200.0
C.O.05	p-CRESOL	200.0
C.O.06	ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO	10.0
C.O.07	2,4-DINITROTOLUENO	0.13
C.O.08	ENDRIN	0.02
C.O.09	HEPTACLORO (Y SU EPOXIDO)	0.008
C.O.010	HEXACLOROETANO	3.0
C.O.011	LINDANO	0.4
C.O.012	METOXICLORO	10.0
C.O.013	NITROBENCENO	2.0
C.O.014	PENTAFLOROFENOL	100.0
C.O.015	2,3,4,6-TETRAFLOROFENOL	1.5
C.O.016	TOXAFENO (CANFENOCLORADO TECNICO)	0.5
C.O.017	2,4,5-TRICLOROFENOL	400.0
C.O.018	2,4,6-TRICLOROFENOL	2.0
C.O.019	ACIDO 2,4,5-TRICLORO FENOXIPROPIONICO (SILVEX)	1.0

TABLA 7

No. DE INE	CONSTITUYENTE ORGANICO VOLATIL	CONC. MAX. PERM (mg/l)
C.V.01	BENCENO	0.5
C.V.02	ETER BIS (2-CLORO ETILICO)	0.05
C.V.03	CLOROBENCENO	100.0
C.V.04	CLOROFORMO	6.0
C.V.05	CLORURO DE METILENO	8.6
C.V.06	CLORURO DE VINILO	0.2
C.V.07	1,2-DICLOROBENCENO	4.3
C.V.08	1,4-DICLOROBENCENO	7.5
C.V.09	1,2-DICLOROETANO	0.5
C.V.010	1,1-DICLOROETILENO	0.7
C.V.011	DISULFURO DE CARBONO	14.4
C.V.012	FENOL	14.4
C.V.013	HEXAFLOROBENCENO	0.13
C.V.014	HEXAFLORO-1,3-BUTADIENO	0.5
C.V.015	ISOBUTANOL	36.0
C.V.016	ETILMETILACETONA	200.0
C.V.017	PRIDINA	5.0
C.V.018	1,1,1,2-TETRAFLOROETANO	10.0
C.V.019	1,1,2,2-TETRAFLOROETANO	1.3
C.V.020	TETRAFLORURO DE CARBONO	0.5
C.V.021	TETRAFLOROETILENO	0.7
C.V.022	TOLUENO	14.4
C.V.023	1,1,1-TRICLOROETANO	30.0
C.V.024	1,1,2-TRICLOROETANO	1.2
C.V.025	TRICLOROETILENO	0.5

**REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
EN MATERIA DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL
DEL SISTEMA DESCENTRALIZADO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PARA EL MUNICIPIO DE GÓMEZ PALACIO, DGO.**

TÍTULO PRIMERO

**CAPÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

ARTÍCULO 1.- Las disposiciones de este Reglamento son de orden público e interés social en el ámbito del territorio comprendido en el Municipio de Gómez Palacio, Estado de Durango y tiene por objeto ordenar lo relativo a la preservación y restauración del ambiente en materia de descargas, uso, reuso, manejo y disposición final del agua, de acuerdo con las facultades que le conceden las Leyes Federales, Estatales y sus Reglamentos.

ARTÍCULO 2.- Para todo lo relativo a las disposiciones de este Reglamento son Autoridades:

- I. El Ayuntamiento del Municipio de Gómez Palacio, Estado de Durango.
- II. Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Dgo.

ARTÍCULO 3.- Corresponde al Ayuntamiento del Municipio de Gómez Palacio, Estado de Durango:

- I. La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental municipal.
- II. La aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, así como de las aguas nacionales que tengan asignadas, con la participación que corresponde a los tres niveles de gobierno.
- III. La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado.
- IV. La participación en la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico de dos o más municipios y que generen efectos ambientales en su circunscripción territorial.
- V. La participación en emergencias y contingencias ambientales conforme a las políticas y programas de protección civil que al efecto se establezcan.

ARTÍCULO 4.- Corresponde al Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango:

- I. La construcción, rehabilitación, ampliación, supervisión, operación, administración y mejora de los sistemas de agua potable, agua salada, alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales; y todos los fines relacionados con el abastecimiento de agua potable así como el manejo de las aguas residuales.
- II. Realizar los estudios y proyectos que sean necesarios para la prevención y control de la contaminación del agua, en coordinación con las Autoridades correspondientes.
- III. La preservación de las aguas federales que tengan asignadas o concesionadas para la prestación de los servicios públicos y el control de las aguas que sean vertidas a los sistemas de alcantarillado municipal, sin perjuicio de las facultades de la federación en materia de descarga, infiltración y reuso de aguas residuales.

- IV. El dictamen de las solicitudes de permiso para descargar aguas residuales en el sistema de drenaje y alcantarillado que administran, con base en las disposiciones que al efecto se establezcan en las Normas Oficiales Mexicanas.
- V. Participar con las Autoridades Federales y Estatales en apoyo al cumplimiento y vigilancia de los preceptos legales en materia de agua.
- VI. Vigilar que las condiciones particulares de descarga se ajusten a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes así como a los criterios emitidos por la Autoridad.
- VII. La vigilancia del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas expandidas por la Federación en materia de agua.
- VIII. Vigilar, inspeccionar e imponer sanciones en asuntos de su competencia.
- IX. Celebrar acuerdos de coordinación o de concertación con la Federación en el Estado, con personas físicas o morales, con los sectores social y privado, para el cumplimiento de los objetivos de este ordenamiento.
- X. Las descargas de aguas residuales en el sistema de alcantarillado municipal de la industria, comercio y servicios.
- XI. Fijar condiciones particulares de descarga respecto de las aguas residuales que se descarguen al sistema de alcantarillado municipal.
- XII. Expedir las autorizaciones y permisos correspondientes con el objeto de que los responsables de las descargas de aguas residuales hagan uso del sistema de alcantarillado municipal.
- XIII. Emitir con el procedimiento correspondiente, normas relativas a fuentes de abastecimiento de aguas de jurisdicción municipal.
- XIV. Emitir lineamientos para el tratamiento y destino de las aguas residuales, considerando los programas de ordenamiento ambiental.
- XV. Ordenar medidas de seguridad preventivas y/o correctivas con el objeto de regularizar la calidad de las descargas al sistema de alcantarillado municipal en el caso de que los responsables no cumplan con la normatividad aplicable.
- XVI. Decretar según sea el caso la *closure* de las descargas en forma temporal, parcial o total de las fuentes contaminantes, así como las medidas de urgente aplicación.
- XVII. Participar con las Autoridades Federales y Estatales en apoyo al cumplimiento y vigilancia de los preceptos legales en la materia.
- XVIII. Proponer al Ayuntamiento criterios ecológicos locales sin menoscabo de los generales dictados por la Federación y el Estado.
- XIX. Impartir cursos de concientización y legislación ambiental a los Servidores Públicos Municipales que tengan por objeto propiciar actitudes y conductas de participación comunitaria en las tareas de la conservación del ambiente y los conocimientos sobre la causa de su deterioro y proporcionar las medidas para su prevención y control.
- XX. Resolver o canalizar las denuncias que la ciudadanía promueva en materia de agua.
- XXI. Resolver los recursos de inconformidad interpuestos por los particulares.
- XXII. Implementar, concesionar y operar sistemas de tratamiento de aguas residuales.

ARTÍCULO 5.- La aplicación del presente Reglamento compete al Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango o al Organismo Operador que tenga a su cargo la Prestación del Servicio Público de Agua Potable y Alcantarillado.

CAPÍTULO II DEFINICIONES DE TÉRMINOS

ARTÍCULO 6.- Para los efectos de este Reglamento se estará a las definiciones siguientes.

Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

Aguas Residuales: Aguas de composición variada provenientes de las descargas de los usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

Aguas Residuales de Proceso: Las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.

Aguas Residuales Domésticas: Las provenientes del uso particular de las personas y del hogar.

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente materias primas y residuos en tanto que se procesa para su aprovechamiento o se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

Carga Contaminante: Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

Condiciones Particulares de Descarga al Alcantarillado Urbano o Municipal: El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, establecidos por la Autoridad competente, previo estudio técnico correspondiente, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas.

Capacidad de dilución: Cantidad de cualquier elemento, sustancia o compuesto, que pueda recibir un cuerpo receptor en forma tal que no exceda en ningún momento ni lugar la concentración máxima de dicho elemento compuesto o sustancia establecida en la norma de calidad del cuerpo receptor correspondiente tomando como base el gasto normal de diseño o volumen normal de diseño.

Ciclo: Cada uno de los movimientos repetitivos.

Condiciones particulares de descarga de aguas residuales: Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que deben satisfacer las aguas residuales antes de su descarga a un cuerpo receptor o bien a una red de alcantarillado.

Contaminación: Presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante: Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición o condición natural.

Contaminantes Básicos: Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. La NOM-001-ECOL-1996 sólo considera los siguientes: Grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno 5, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitratos y de nitritos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y ph.

Contaminantes no convencionales: Los que no forman parte de una descarga típica sanitaria o doméstica.

Contingencia ambiental: Situación de riesgo derivada de actividades humanas o fenómenos naturales.

Control: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este Ordenamiento.

Cuerpo Receptor: Son las corrientes, depósitos naturales de agua, sistema de alcantarillado municipal, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

Cuestionario DAR: Formato cuestionario de información relativo al uso, manejo, aprovechamiento del agua y disposición final de las aguas residuales.

Descarga: La acción de verter aguas residuales.

Desequilibrio Ecológico: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Dilución: Acción y efecto de diluir. (Diluir.- Disminuir la concentración de una disolución).

Disposición final: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

Equilibrio ecológico: La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Elemento natural: Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto urbano: El o las acciones que causan una modificación en el medio ambiente y en la calidad de vida de los habitantes dentro de un centro de población.

Instantáneo: Es el valor que resulta del análisis de laboratorio a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga.

Ley: Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Durango.

Límite máximo permisible: Valor o intervalo que no debe ser excedido por el responsable de la descarga de aguas residuales y que define en términos de la concentración de contaminantes básicos y tóxicos, exceptuando los parámetros de temperatura y de potencial-hidrógeno (pH) que se establece en sus propias unidades.

Material genético: Todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo, que contenga unidades funcionales de herencia.

Material peligroso: Elemento, sustancia, compuesto, residuo o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

Medidas de prevención y mitigación: Conjunto de disposiciones y acciones anticipadas que tienen por finalidad evitar o reducir los impactos ambientales que pudieran ocurrir en cualquier etapa de desarrollo de una obra o actividad.

Monitoreo: Conjunto de actividades necesarias para conocer y evaluar la concentración de un determinado elemento o sustancia en el ambiente y/o en la atmósfera.

Muestra instantánea: La que se toma para realizar uno o varios análisis de laboratorio.

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

Muestra compuesta: La que resulta de mezclar el número de muestras simples, tomadas en volúmenes proporcionales al caudal medio en el sitio y en el momento del muestreo.

Municipio: El Municipio de Gómez Palacio, Durango.

Organismo Operador: SIDEAPA.

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

Promedio diario: Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga.

Promedio mensual: Es el valor que resulta de calcular el promedio ponderado en función del caudal de los valores que resulten del análisis de laboratorio practicados al menos a dos muestras compuestas, tomadas en días representativos de la descarga en un período de un mes.

Permiso de descarga: Documento otorgado por el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, mediante el cual se autoriza al usuario para descargar las aguas residuales al sistema de alcantarillado.

Preservación: Conjunto de medidas y políticas para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

Protección: Conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente, prevenir y controlar su deterioro.

Punto de descarga: Es el sitio seleccionado para la toma de muestras, en el que se garantiza que fluye la totalidad de las aguas residuales de la descarga.

Recurso natural: Elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Registro de descarga: Asignación de un número que el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, otorga al responsable de la descarga.

Reglamento: El presente Reglamento.

Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o imitantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Responsable de la descarga: La persona física o moral que tiene a su cuidado el uso y manejo del agua potable, así como el control de las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal.

Saneamiento: Conjunto de acciones enfocadas al funcionamiento adecuado del control, tratamiento y manejo del agua potable y residual, así como su control y alejamiento de la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal.

Sistema de Alcantarillado Urbano o Municipal: Es el conjunto de obras que permiten la prestación de un servicio público, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, alejamiento, descarga y tratamiento de las aguas residuales.

SIDEAPA: Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio.

Suelo: Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

Sistema de drenaje agrícola: Aquel que es receptor de aguas residuales de retorno agrícola.

Tratamiento: Acción de modificar las condiciones originales de cualquier material compuesto.

Tratamiento convencional: Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

Uso público urbano: La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

Usuario: La persona que hace uso del agua potable o tratada y del sistema de alcantarillado municipal.

TÍTULO SEGUNDO

CAPÍTULO I AGUA Y ALCANTARILLADO FACULTADES DEL SIDEAPA EN MATERIA DE AGUA

ARTÍCULO 7.- Corresponde al SIDEAPA en materia de agua y alcantarillado, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Durango:

- I. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se le hubieran asignado, incluyendo las residuales, desde el punto de su extracción o de su entrega por parte de la Comisión Nacional del Agua, hasta el sitio de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes nacionales.
- II. La prevención y control de la contaminación de las aguas federales asignadas.
- III. Autorizar la descarga de aguas residuales en los sistemas de drenaje y alcantarillado, y establecer condiciones particulares de descarga a dichos sistemas.
- IV. Implementar y operar sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- V. La protección del ambiente en los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado y saneamiento.

ARTÍCULO 8.- Para evitar la contaminación del agua en las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado, deben de satisfacerse las Normas Oficiales Mexicanas y las condiciones particulares de descarga que como anexo 1 forma parte integrante del presente ordenamiento, con la finalidad de proteger el entorno ambiental, las plantas de tratamiento de agua residual y dar seguridad a la población.

Corresponde a quien excada y genere dichas descargas, dar el tratamiento previo requerido, para tal efecto SIDEAPA podrá modificar las condiciones particulares de descarga, proponiendo nuevos parámetros, mismos que serán publicados en un diario de mayor circulación de la Región, estando los parámetros propuestos sujetos a los comentarios que sobre los mismos presenten los particulares interesados ante SIDEAPA, dentro de un término de treinta días a partir de la publicación de los parámetros propuestos por el Organismo Operador, una vez recibidos los comentarios SIDEAPA los estudiará y citará a los interesados a fin de discutirlos, para lo cual contará con un plazo de treinta días naturales a partir del vencimiento de la fecha de presentación de observaciones para modificar los cambios propuestos a las condiciones particulares de descarga o ratificar los mismos, motivando y fundamentando su resolución.

ARTÍCULO 9.- Para evitar la contaminación del agua, SIDEAPA supervisará que se cumpla con la normatividad en cuanto a:

- I. Las descargas de origen industrial y agropecuario que se vierten al sistema de drenaje y alcantarillado.
- II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas.
- III. El vertimiento de residuos sólidos en los sistema de drenaje y alcantarillado.
- IV. La disposición final de los lodos generados en los sistemas de tratamiento de aguas.

ARTÍCULO 10.- Los responsables de las descargas de las aguas residuales provenientes de usos municipales públicos o domésticos y de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en el sistema drenaje y alcantarillado o en cualquier cuerpo de corriente de agua de la competencia estatal deben reunir las condiciones necesarias para prevenir:

- I. Contaminación de los cuerpos receptores.
- II. Interferencia en los procesos de depuración de las aguas.
- III. Trastorno, impedimento o alteración en el correcto aprovechamiento o en el funcionamiento adecuado y en la capacidad hidráulica del sistema de drenaje y alcantarillado, así como a las plantas de tratamiento.

ARTÍCULO 11.- Cuando las descargas de aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua potable, SIDEAPA procederá a la suspensión del suministro de agua potable sin menoscabo de la sanción a que se haga acreedor. En su caso promoverá ante la autoridad competente la negativa del permiso o autorización correspondientes o su inmediata revocación.

ARTÍCULO 12.- Los equipos y sistemas de tratamiento de las aguas residuales de origen urbano que diseñe, opere, concesione o administre SIDEAPA deben de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas en vigor.

ARTÍCULO 13.- SIDEAPA realizará un monitoreo sistemático y permanente de la calidad de las aguas de competencia municipal para detectar la presencia de contaminantes o exceso de desechos orgánicos, aplicará las medidas preventivas y correctivas necesarias para la protección de la salud y el ambiente. En el caso de que se determine la fuente de la contaminación procederá a sancionar al responsable.

ARTÍCULO 14.- Para dar cumplimiento a los límites máximos permisibles de los contaminantes descargados al sistema de alcantarillado de aguas residuales provenientes de los giros Industrial, comercial y de servicios, se estará a lo dispuesto por la Norma Oficial Mexicana correspondiente o las condiciones particulares de descarga que como anexo número 1 forma parte del presente Ordenamiento.

ARTÍCULO 15.- Cuando algún particular o dependencia gubernamental considere por cualquier circunstancia que los parámetros de descarga no aplican a su giro o actividad, respecto de aquellos parámetros que compruebe técnicamente que no se pueden generar en sus procesos productivos ni derivar de sus materias primas, deberá presentar un reporte técnico debidamente fundamentado a fin de que la Autoridad pueda eximirlo de su análisis. Lo anterior sin menoscabo de la facultad de verificación y monitoreo periódico por parte de la Autoridad.

Para el caso de aquellos responsables de descarga que se encuentren exentos de presentar reporte sobre los parámetros convenidos deberán refrendar dicha exención cada vez que se tengan modificaciones en su proceso o en los materiales o insumos propios del mismo.

ARTÍCULO 16.- Los responsables de las descargas de aguas residuales cuyos parámetros convencionales (DBO y SST) que se encuentren fuera de los máximos permisibles autorizados en la Norma NOM-002-ECOL 1998, deberán de pagar las tarifas especiales por tratar lo excedido en las plantas de tratamiento de agua residual, siempre y cuando lo excedido esté dentro de los márgenes de operación y límites establecidos por SIDEAPA.

CAPÍTULO II PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

ARTÍCULO 17.- Se prohíbe el almacenamiento de las aguas residuales.

ARTÍCULO 18.- Para descargar aguas residuales generadas en los procesos productivos, deberán construirse las obras e instalaciones del tratamiento que sean necesarias para tal efecto, pudiendo celebrarse los acuerdos con las Autoridades correspondientes que se requieran.

ARTÍCULO 19.- Los responsables de las descargas de aguas residuales generadas en la industria, comercio y servicios deberán cumplir con las condiciones particulares de descarga que se fijen y observar las medidas que en ellas se determinen y construir las obras e instalaciones de tratamiento que corresponda.

ARTÍCULO 20.- SIDEAPA podrá modificar las condiciones particulares de descarga de aguas residuales, cuando éstas presenten una modificación originada con motivo de ampliación de la empresa, incorporación de nuevos procesos o de cualquier otra causa que así lo justifique, notificando al interesado la resolución donde se determinen los cambios procedentes debidamente fundamentados.

ARTÍCULO 21.- SIDEAPA en el ejercicio de las acciones de control y vigilancia que le compete para la comprobación del cumplimiento de las disposiciones de este Reglamento, aplicará los métodos de muestreo y análisis de laboratorio establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.

CAPÍTULO III USO RESPONSABLE, RACIONAL Y EFICIENTE DEL AGUA

ARTÍCULO 22.- Las personas físicas o morales así como las entidades públicas o privadas que utilicen agua para su giro deberán promover la eficiencia en su uso.

ARTÍCULO 23.- Con el objeto de promover el uso responsable del agua y obtener el máximo aprovechamiento de los sistemas hidráulicos, así como la eficiente operación y administración del

sistema de agua potable y lograr una mayor capacidad de distribución, los usuarios están obligados a mantener en buen estado sus instalaciones hidráulicas interiores y cumplir con las siguientes disposiciones:

- I. Las instalaciones hidráulicas de baños y sanitarios de los usuarios deben contar con llave de cierre o aditamento economizador de agua.
- II. Los sanitarios tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio; las regaderas tendrán una descarga máxima de diez litros por servicio; los mingitorios tendrán una descarga máxima de cuatro litros por servicio.
- III. Todos los muebles sanitarios deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas y contarán con dispositivo de apertura y cierre de agua que evite su desperdicio.
- IV. Los lavaderos, fregaderos y regaderas tendrán llave con aditamento economizador de agua para que su descarga no sea mayor de diez litros por minuto.

ARTÍCULO 24.- SIDEAPA tiene la responsabilidad de hacer cumplir las siguientes disposiciones para evitar el desperdicio del agua:

- I. Requerir que las albercas de cualquier capacidad cuenten con equipos de recirculación de agua y el pago de derechos correspondiente por el uso no considerado como primera necesidad.
- II. Las fuentes ornamentales deben contar con equipo de recirculación del agua.

ARTÍCULO 25.- Es obligación para los usuarios de áreas acondicionadas con sistema evaporativo, tinacos, sistemas y tanques de almacenamiento de agua potable, dar mantenimiento con objeto de evitar el desperdicio del agua.

ARTÍCULO 26.- Está prohibido instalar bombas que succionen agua en forma directa de la red de distribución.

ARTÍCULO 27.- Los negocios de lavado y engrasado de vehículos de cualquier tipo, contarán con sistema de recirculación y reciclado de agua y lavado por presurización, así como con sistema de pretratamiento consistente en fosas de retención de sólidos, trampa para grasas o cualquier otro que les permita cumplir las normas emitidas para el control de las aguas residuales antes de ser vertidas al sistema de alcantarillado municipal.

ARTÍCULO 28.- Los establecimientos de lavadoras automáticas y lavanderías industriales deberán contar con un sistema de reuso del agua y utilizar para su actividad productos biodegradables con bajo contenido en fosfato y características no tóxicas, así como fosa de retención de sólidos.

ARTÍCULO 29.- Toda empresa que utilice agua en su proceso está obligada a presentar un desglose en el que informe el volumen de agua a utilizar en los procesos y otros usos dentro de un plazo no mayor de 90 días contados a partir de la entrada en vigor del presente Reglamento.

ARTÍCULO 30.- Los campos de golf que a la fecha se encuentran funcionando deberán presentar dentro de un plazo de tres meses contados a partir de la entrada en vigor de este Reglamento un programa de sustitución de agua potable por agua tratada; y los que se instalen posteriormente presentarán un programa de acciones para la utilización de agua tratada.

CAPÍTULO IV SISTEMA DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO

ARTÍCULO 31.- Las aguas residuales podrán clasificarse de acuerdo con la actividad preponderante que les generen, pudiendo ser: doméstica, agropecuaria, industrial, comercial y de servicios.

ARTÍCULO 32.- El sistema de drenaje municipal que se encuentre dentro de una propiedad privada será responsabilidad del propietario hacerse cargo de su operación y mantenimiento en caso de ser omiso de dejar una servidumbre de paso que permita a SIDEAPA hacerse cargo del mismo.

ARTÍCULO 33.- Cuando se requiera mayor capacidad en el sistema de alcantarillado, el usuario presentará a SIDEAPA el proyecto de ampliación y queda a su cargo el costo de las obras e instalaciones que se requieran hasta el punto donde el sistema cuente con la capacidad necesaria.

ARTÍCULO 34.- Se prohíbe arrojar dentro del sistema de alcantarillado desechos sólidos susceptibles de sedimentarse y de obstruir los conductos, grasas animales, vegetales y minerales, aceites, líquidos o sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas así como desechos humanos y en general cualquier desecho, objeto o sustancia que pueda alterar los conductos, estructura o funcionamiento del sistema, afectar las condiciones ambientales, sanitarias, causar daños a la población o que sea inestable a su operación de tratamiento de las aguas residuales.

ARTÍCULO 35.- Está prohibido abrir brocales de acceso al sistema de drenaje y alcantarillado, así como dañar cualquier instalación que sea parte del mismo.

ARTÍCULO 36.- En el caso de que SIDEAPA detecte anomalías o desperfectos que impidan la correcta operación del sistema de alcantarillado provocado por los usuarios se les requerirá para que en un plazo previamente determinado, se realicen las obras correspondientes, para subsanar dichas anomalías.

ARTÍCULO 37.- SIDEAPA podrá suspender la autorización de descarga de aguas residuales por el periodo que sea necesario para evitar una amenaza a la salud pública, cuidar la seguridad y bienestar del sector circundante o cuando las condiciones del sistema de alcantarillado impidan recibir la descarga, sin perjuicio de las sanciones a que sea acreedor el usuario causante del problema.

ARTÍCULO 38.- En el caso de que por imprudencia del usuario o los albañiles la red de alcantarillado quede obstruida o deteriorada, SIDEAPA realizará las obras necesarias de reparación con cargo a los propietarios, usuarios, o poseedores causantes de los daños ocasionados.

ARTÍCULO 39.- Cuando se detecte mediante los monitoreos de explosividad en el sistema de alcantarillado municipal, sustancias tóxicas o explosivas cuya fuente generadora sea identificada, se levantará un Acta Circunstanciada de los hechos por el personal acreditado.

CAPÍTULO V CONEXIÓN DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

ARTÍCULO 40.- Es obligación de SIDEAPA realizar las conexiones de albañiles para descarga de aguas residuales a partir del límite de los predios hacia el sistema de alcantarillado municipal.

ARTÍCULO 41.- Los usuarios industriales, comerciales o de servicios que requieran la conexión al sistema de alcantarillado, deben presentar solicitud por escrito que contendrá los siguientes datos:

- I. Nombre y domicilio del solicitante.

- II. Plano en el que se identifique la ubicación del predio.
- III. Diámetro del albañal solicitado con la justificación correspondiente.
- IV. Características generales de la descarga (punto de descarga y volumen).
- V. Tipo de descarga (Industrial, comercial o servicios).
- VI. Documento que ampare la compra o posesión legal del edificio o terreno del usuario.
- VII. Anexar copia de la licencia de construcción y certificado de uso de suelo correspondiente.

ARTÍCULO 42.- La solicitud a que hace referencia el Artículo anterior, además de expresar lo datos ya enunciados, debe contener la información de las características físicas, químicas y biológicas del agua residual del proceso, el tratamiento a que se someta, sin mezclar las descargas provenientes de las instalaciones de los servicios sanitarios, de limpieza y de cocina.

ARTÍCULO 43.- Es obligación del solicitante de una conexión de descarga para industria y comercio, presentar independientemente de los requisitos a que hace referencia el Artículo anterior, las formas DAR que al efecto serán proporcionadas por SIDEAPA.

ARTÍCULO 44.- Una vez que el interesado haya satisfecho los requisitos que al respecto señala el presente Ordenamiento, procederá la solicitud de conexión de las descargas de aguas residuales siempre que el sistema de alcantarillado tenga capacidad para recibir las mismas.

ARTÍCULO 45.- Una vez recibida la solicitud, SIDEAPA dentro de los cinco días hábiles siguientes formulará el dictamen y presupuesto de las obras de conexión notificando al solicitante para que cubra el importe y proceder a la ejecución de los trabajos.

ARTÍCULO 46.- Todo establecimiento industrial, comercial y de servicios construirá un registro fuera del predio, en un lugar de fácil acceso para su limpieza, reparación o reposición en el que descarguen las aguas residuales, de acuerdo con las características requeridas por SIDEAPA con el objeto de realizar la medición de flujo, la toma de muestras y monitoreos.

ARTÍCULO 47.- Los usuarios tienen la obligación de dar limpieza y mantenimiento a sus líneas de drenaje internas, sistemas de pretratamiento, así como a los registros finales, con el propósito de evitar la acumulación de residuos sólidos que puedan ocasionar taponamientos a la red de drenaje municipal.

CAPÍTULO VI DESCARGA DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA, COMERCIO Y SERVICIOS

ARTÍCULO 48.- Se prohíbe descargar al sistema de drenaje y alcantarillado municipal, aguas residuales que se encuentren fuera de las condiciones particulares de descarga fijadas para el Municipio de Gómez Palacio.

ARTÍCULO 49.- El aprovechamiento de agua en actividades productivas susceptibles de contaminación, obliga al tratamiento de la misma hasta que cumpla con las condiciones particulares de descarga fijadas por SIDEAPA.

ARTÍCULO 50.- Es responsabilidad de los usuarios definir los puntos de muestreo dentro de sus instalaciones, que deberán localizarse antes de la descarga de aguas residuales a la red de drenaje municipal.

ARTÍCULO 51.- SIDEAPA ordenará la suspensión de la descarga de agua residual cuando detecte que el responsable de la misma utiliza el proceso de dilución para tratar de cumplir con las condiciones particulares de descarga.

ARTÍCULO 52.- Corresponde al SIDEAPA expedir la autorización a los usuarios para descargar aguas residuales a la red de drenaje. El permiso de descarga de aguas residuales se expide previo pago, presentación y cumplimiento de las condiciones que determine SIDEAPA la que tomará en cuenta la capacidad de captación de la red y tendrá vigencia anual, teniendo la obligación el usuario de renovarlo los primeros tres meses de cada año y en caso contrario quedará sin efecto el permiso y se clausurará la descarga.

ARTÍCULO 53.- Cuando la industria, comercio o servicio no haya cambiado las características de su proceso, número de empleados, ni haya hecho ampliación de la misma, el permiso previamente expedido se ratificará en las mismas condiciones en que fue otorgado.

ARTÍCULO 54.- Son causas de revocación del permiso de descarga de aguas residuales efectuar la descarga en un lugar distinto del autorizado o cuando no se satisfagan otras disposiciones contempladas en el Reglamento. La revocación se hará previa garantía de audiencia y legalidad del interesado.

ARTÍCULO 55.- Cuando un usuario cambie el proceso industrial o el tratamiento de aguas residuales, está obligado a notificar a SIDEAPA dentro de un plazo de 30 días previo a su modificación.

ARTÍCULO 56.- SIDEAPA resolverá sobre la aceptación de las aguas residuales de las industrias o giros comerciales y de servicios, atendiendo a los volúmenes con sus respectivas fluctuaciones, condiciones físicas, químicas y biológicas, instalaciones de recolección, tratamiento y descargas conforme a las Normas Oficiales Mexicanas y/o condiciones particulares de descarga vigentes.

ARTÍCULO 57.- Para el caso de construcción de naves industriales y ampliación de las mismas, SIDEAPA expedirá un dictamen técnico previa inspección a las instalaciones hidráulicas considerando las Normas Oficiales Mexicanas y/o lineamientos locales.

ARTÍCULO 58.- Las técnicas para el aforo de las descargas de aguas residuales y la toma de muestras de las mismas, así como su adecuada preservación, manejo, transporte y sus posteriores análisis físicos, químicos y biológicos se sujetarán a las Normas Oficiales Mexicanas.

ARTÍCULO 59.- Los operadores o encargados de plantas de tratamiento de aguas residuales, están obligados a tomar anualmente cursos de capacitación y entrenamiento.

ARTÍCULO 60.- Los talleres mecánicos, gasolineras, sitios de cambio de aceite y engrasado para evitar que los derrames lleguen al sistema de alcantarillado municipal están obligados a cumplir con lo siguiente:

- I. En las áreas de despacho o almacenamiento de aceites y residuos peligrosos, no debe haber ningún registro que permita conectarse a la red de drenaje municipal.
- II. Contar con fosas de contención de derrames y sistemas de prevención para evitar el ingreso de combustibles a los sistemas de drenaje municipal.
- III. Contar con trampas para grasas y aceites con el fin de evitar su ingreso a la red de drenaje municipal.
- IV. Implementar bitácora de mantenimiento del sistema de pretratamiento (ejem. Trampas para grasas) instalado.

ARTÍCULO 61.- Los restaurantes, torterías, taquerías, mercados, cafeterías, tortillerías, panaderías, rastro, hospitales, funerarias y carnicerías o similares deberán contar con un sistema de pretratamiento además de una bitácora de mantenimiento autorizada que les permita cumplir con las disposiciones emitidas por el SIDEAPA.

TÍTULO TERCERO

CAPÍTULO ÚNICO MUESTREO

ARTÍCULO 62.- Los sitios de muestreo y aforo deben ser construidos por los usuarios en lugares accesibles, de tal manera que se asegure el mantenimiento constante por parte del usuario, que la operación de muestreo y aforo sea representativa y de fácil realización.

ARTÍCULO 63.- SIDEAPA podrá verificar en cualquier momento el aforo, muestreo o análisis físico, químico o biológico de las descargas que genere la industria o comercio o prestador de servicios en sus establecimientos, debiendo permitir el acceso a las instalaciones y a la información correspondiente al uso, manejo, aprovechamiento y disposición final del agua, al personal que para tal efecto designe la Autoridad

ARTÍCULO 64.- Las muestras y mediciones tomadas serán representativas del volumen y naturaleza de la descarga. Todas las muestras se tomarán en los puntos que el permiso especifique o que determine el SIDEAPA.

ARTÍCULO 65.- Para el caso de que el establecimiento cuente con equipo de medición para uno o varios parámetros, éste debe ser periódicamente calibrado y contar con su bitácora respectiva; los puntos de muestreo no deben ser cambiados sin notificar previamente a SIDEAPA.

ARTÍCULO 66.- En el supuesto de que el usuario decida realizar por su cuenta el análisis comparativo del muestreo, este deberá ser entregado en un plazo no mayor de 20 días a partir de la fecha en que se haya realizado el mismo, en caso de no ser entregado, queda firme el resultado que presente SIDEAPA.

ARTÍCULO 67.- Para conocer el volumen de aguas residuales que se arroja en el sistema de drenaje y alcantarillado, en la medición de flujo se usarán y seleccionarán métodos e instrumentos que aseguren la confiabilidad de las mediciones del volumen de descargas. En ningún caso la discrepancia en los instrumentos seleccionados excederá del 10% de la variación de descarga.

ARTÍCULO 68.- SIDEAPA podrá llevar a cabo los muestreos necesarios de las descargas, dichas muestras se tomarán en los puntos de descarga a la red de drenaje y alcantarillado, pudiendo ser instantáneas o compuestas.

A petición y cuenta del usuario, SIDEAPA le proporcionará una porción de cada muestra en un recipiente o contenedor que el usuario proveerá o en su defecto SIDEAPA se los proporcionará al costo y será entregado debidamente sellado, preservado y firmado por ambas partes.

ARTÍCULO 69.- El resultado de las muestras instantáneas no será objeto de sanción ni procedimiento administrativo legal alguno, salvo en el caso de encontrar concentraciones de contaminantes peligrosos que alteren las condiciones del alcantarillado o pongan en peligro la seguridad de la población.

ARTÍCULO 70.- El usuario no estará obligado a realizar el análisis de las muestras tomadas por SIDEAPA.

ARTÍCULO 71.- Es obligación del usuario del sistema de drenaje y alcantarillado llevar a cabo una caracterización de sus descargas, en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes y las condiciones particulares de descarga que obran en el anexo 1 de este Reglamento.

ARTÍCULO 72.- La industria estará sujeta al análisis de caracterización de sus descargas, resultados que deberá presentar al SIDEAPA durante los tres primeros meses del año.

ARTÍCULO 73.- Si la industria efectúa muestreos y análisis más frecuentes que los ordenados por la autoridad competente en alguna de sus descargas, los resultados obtenidos de dicho muestreo, podrán ser reportados a SIDEAPA.

ARTÍCULO 74.- En caso de que alguna industria haya sido sujeta a análisis de sus descargas por SIDEAPA y no esté de acuerdo con el dictamen emitido, el usuario tendrá derecho a interponer los recursos enunciados en el Artículo 112 de este Reglamento.

ARTÍCULO 75.- Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado municipal, se obtendrán de análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo al procedimiento establecido en la tabla 2 de la NOM-002-ECOL-1996.

ARTÍCULO 76.- Para confirmar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma y se determina mediante el procedimiento mencionado en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996.

TÍTULO CUARTO

CAPÍTULO ÚNICO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

ARTÍCULO 77.- Los usuarios del sistema de alcantarillado municipal tienen la obligación de mantener en óptimas condiciones las instalaciones de su sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo primario, primario avanzado, secundario o terciario y cuando así se requiera contar con un sistema alternativo de energía que permita la continuidad del proceso de su sistema de tratamiento y contar con una bitácora de operación y mantenimiento preventivo.

ARTÍCULO 76.- Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales provenientes de giro industrial o de servicios, se obtendrán del análisis de muestras compuestas o instantáneas, las primeras tomadas en volúmenes proporcionales al caudal medio en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con el horario de trabajo, debiendo ser éstas representativas del proceso.

TÍTULO QUINTO

CAPÍTULO ÚNICO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ARTÍCULO 78.- Serán objeto de tratamiento todas las aguas residuales de cualquier origen o las que se mezclen con éstas, procurando su utilización posterior.

ARTÍCULO 80.- Las empresas que quieran utilizar agua residual tratada, deberán sujetarse a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

ARTÍCULO 81.- La tecnología utilizada en las plantas de tratamiento y los criterios de calidad física, química y biológica del agua residual, se sujetará a lo que disponen las Normas Oficiales Mexicanas y a las condiciones particulares de descarga contenidas en este Reglamento a fin de evitar riesgos para la salud, cuando éstas puedan ser descargadas a los sistemas de alcantarillado municipal.

ARTÍCULO 82.- Los lodos generados en las plantas de tratamiento deben cumplir con los límites máximos permisibles de contaminantes y requisitos para el manejo, uso y disposición final que marcan los lineamientos establecidos en el anexo número 2 que forma parte de este Reglamento o bien con la Norma Oficial Mexicana.

TÍTULO SEXTO

CAPÍTULO ÚNICO DENUNCIA POPULAR

ARTÍCULO 83.- Se concede la acción popular para denunciar ante SIDEAPA o el Municipio todo hecho, acto u omisión deliberado, que genere contaminación o deterioro ambiental en materia de agua.

ARTÍCULO 84.- La acción popular podrá ejercitarse por cualquier persona, bastando para darle curso al señalamiento, con los datos proporcionados que permitan localizar la fuente contaminante, así como el nombre y domicilio del denunciante.

ARTÍCULO 85.- SIDEAPA, al recibir la denuncia, identificará debidamente al denunciante y escuchará en su caso a la persona a quien pueda afectar el resultado de la misma.

ARTÍCULO 86.- SIDEAPA, deberá efectuar las visitas de inspección y en general las diligencias necesarias para la comprobación de la denuncia.

ARTÍCULO 87.- Localizada la fuente de contaminación o deterioro ambiental, denunciado y comprobado el deterioro causado, una vez que se dicten y apliquen las medidas correspondientes, se expresará al denunciante el reconocimiento a su cooperación cívica.

ARTÍCULO 88.- Cuando SIDEAPA reciba denuncias que no sean de su competencia, las remitirá a la autoridad correspondiente por conducto de la Autoridad Administrativa.

TÍTULO SÉPTIMO

CAPÍTULO ÚNICO PARTICIPACIÓN SOCIAL

ARTÍCULO 89.- El Municipio y SIDEAPA promoverán la participación responsable de la sociedad en la formulación de la política ecológica y en la aplicación de los programas que tengan por objeto la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección ambiental.

ARTÍCULO 90.- Para dar cumplimiento al Artículo anterior, SIDEAPA ejercerá las siguientes acciones:

- I. Impulsar el fortalecimiento de la conciencia ecológica a través de acciones con la comunidad.

- II. El aprovechamiento racional de los recursos naturales y el correcto manejo en el uso, manejo y aprovechamiento responsable y eficiente del agua.

TÍTULO OCTAVO

CAPÍTULO ÚNICO PRESTADORES DE SERVICIO

ARTÍCULO 91.- Se reconoce como prestadores de servicio de laboratorios de análisis de aguas residuales a las personas físicas o morales inscritas en el padrón que para tal efecto forme SIDEAPA.

ARTÍCULO 92.- Para quedar inscrito en el padrón a que se refiere el Artículo anterior se debe presentar la solicitud correspondiente con los documentos que comprueben acreditación como tales, así como del equipo técnico y humano y su capacidad analítica.

ARTÍCULO 93.- Una vez recibida la solicitud SIDEAPA procederá a realizar una inspección al laboratorio, con el fin de verificar la información proporcionada.

ARTÍCULO 94.- Realizada la inspección SIDEAPA emitirá un dictamen en el que manifieste su aceptación an el registro de prestadores de servicio.

ARTÍCULO 95.- Una vez que se emita el dictamen afirmativo para el solicitante, se procederá previo pago a inscribirlo en el padrón de prestadores de servicios, el cual tendrá una vigencia de un año.

TÍTULO NOVENO

CAPÍTULO ÚNICO INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

ARTÍCULO 96.- El Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango, puede realizar por conducto del personal debidamente autorizado visitas de inspección y verificación que considere necesarias.

Dicho personal, al realizar las visitas de inspección deberá estar provisto del documento oficial que lo acredite como tal, así como de la orden escrita debidamente fundada y motivada, expedida por Autoridad competente, en la que se precisará el lugar o zona que habrá de inspeccionarse, el objeto de la diligencia y el alcance de ésta.

ARTÍCULO 97.- El personal autorizado, al iniciar la inspección, se identificará debidamente con la persona con quien se entienda la diligencia, exhibirá la orden respectiva y le entregará copia de la misma, requiriéndola para que designe dos testigos, si éstos no son designados o los designados no acepten fungir como tales, el personal autorizado los designará, haciendo constar esta situación en el Acta Administrativa que al efecto se levante, sin que esta circunstancia invalide los efectos de la inspección.

ARTÍCULO 98.- En toda visita de inspección se levantará Acta en la que se harán constar, en forma circunstanciada los hechos u omisiones que se hubieren constatado durante la diligencia.

Concluida la diligencia de inspección, se dará oportunidad a la persona con la que se entendió la diligencia para manifestar lo que a su derecho convenga en relación con los hechos asentados en el Acta.

Finalmente, se procederá a firmar el Acta por la persona con quien se entendió la diligencia, por los testigos y por el personal autorizado quien entregará copia del Acta al interesado.

Si la persona con quien se entendió la diligencia o los testigos se niegan a firmar el Acte o a aceptar copia de la misma, dicha circunstancia se asentará en ella, sin que esto afecte su validez y valor probatorio.

Dentro de los cinco días hábiles que sigan al vencimiento del plazo otorgado al infractor para subsanar las deficiencias o irregularidades observadas, éste deberá comunicar por escrito y en forma detallada a la Autoridad Ordenadora, haber dado cumplimiento a las medidas ordenadas en los términos del requerimiento respectivo.

ARTÍCULO 99.- La persona con quien se entienda la diligencia estará obligada a permitir al personal autorizado el acceso al lugar objeto de la inspección, así como a proporcionar toda clase de información que conduzca a la verificación del cumplimiento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Durango, sus Reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones aplicables.

ARTÍCULO 100.- Cuando alguno o algunas personas obstaculicen o se opongan a la práctica de la diligencia, el personal comisionado podrá solicitar el auxilio de la fuerza pública para efectuar la visita de inspección, independientemente de que la Autoridad competente imponga la sanción que corresponda en los términos de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Durango, sus Reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones aplicables.

ARTÍCULO 101.- Turnada el acta de inspección a la Autoridad ordenadora, ésta se notificará al interesado personalmente o por correo certificado con acuse de recibo, para que adopte inmediatamente las medidas correctivas de urgente aplicación, fundando y motivando el requerimiento y para que dentro del término de diez días hábiles oponga sus defensas por escrito, rinda pruebas y alegue lo que a su derecho convenga, únicamente en relación con los hechos y omisiones asentados en el Acta de inspección.

ARTÍCULO 102.- Una vez oído al presunto infractor o su representante legal, recibidas y desahogadas las pruebas que ofreciera, se procederá a dictar la Resolución Administrativa que corresponda, misma que se notificará personalmente o por correo certificado.

ARTÍCULO 103.- En caso de que el presunto infractor no ofreciera pruebas dentro del plazo fijado anteriormente, la Autoridad del conocimiento dictará en rebeldía la resolución procedente, debidamente fundada y motivada.

ARTÍCULO 104.- En la Resolución Administrativa correspondiente se señalarán o en su caso, adicionarán las medidas que deberán llevarse a cabo para corregir las deficiencias o irregularidades observadas, el plazo otorgado al infractor para satisfacerlas y las sanciones a que se hubiere hecho acreedor conforme a las disposiciones aplicables.

ARTÍCULO 105.- Cuando se trate de segunda o posterior inspección para verificar el cumplimiento de un requerimiento o requerimientos anteriores y del Acta correspondiente se desprenda que no se ha dado cumplimiento a las medidas previamente ordenadas, la Autoridad competente podrá imponer la sanción o sanciones que procedan conforme al Artículo No. 108.

ARTÍCULO 106.- En los casos que proceda, la Autoridad hará del conocimiento del Ministerio Público la realización de actos u omisiones constatados que pudieran configurar uno o más delitos.

TÍTULO DÉCIMO

CAPÍTULO ÚNICO

MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SANCIONES

ARTÍCULO 107.- En aquellos casos de derrames y descargas de contaminantes tóxicos y peligrosos al sistema de alcantarillado municipal que pongan en peligro la seguridad de la población, el ecosistema o el alcantarillado municipal, SIDEAPA en el ámbito de sus atribuciones podrá aplicar de inmediato las siguientes medidas de seguridad.

- I. Aislamiento de áreas.
- II. Control o aseguramiento de productos, sustancias o residuos.
- III. Suspensión temporal o parcial de trabajos, actividades o servicios.
- IV. Clausura temporal, parcial o total de las fuentes contaminantes; y
- V. Las medidas urgentes que a criterio de la Autoridad, puedan evitar que se causen o continúen causando daño y presenten riesgo.

ARTÍCULO 108.- Las violaciones a los preceptos de la Ley Ecológica del Estado de Durango y del presente Reglamento, constituyen infracción y serán sancionadas administrativamente por SIDEAPA, sin perjuicio de lo que dispongan otros ordenamientos aplicables. Las sanciones serán aplicadas en el orden siguiente:

- I. Multa por equivalente de veinte a veinte mil días de salario mínimo general vigente en el Estado de Durango, al momento de imponer la sanción en base a la tabla de sanciones que establezca SIDEAPA.
- II. Clausura temporal o definitiva, parcial o total de las fuentes contaminantes.
- III. Reparación del daño ecológico; y
- IV. Arresto hasta por treinta y seis horas.

ARTÍCULO 109.- Cuando la gravedad de la infracción lo amerite, SIDEAPA, en el ámbito de su competencia, promoverá lo conducente ante las Autoridades competentes a efecto de que se proceda a la revocación de la concesión, permiso, licencia y en general de toda autorización otorgada para operar, funcionar o prestar servicios o aprovechar los recursos naturales.

ARTÍCULO 110.- Para la calificación de las infracciones a este Reglamento, se tomará en consideración:

- I. La gravedad de la infracción.
- II. Las condiciones económicas del infractor; y
- III. La reincidencia si la hubiere.

ARTÍCULO 111.- Cuando proceda como sanción la clausura, el personal comisionado para ejecutarla, procederá a levantar Acta detallada de la diligencia, siguiendo los lineamientos establecidos para las inspecciones.

TABLA DE SANCIONES DEL "REGLAMENTO DE SANEAMIENTO DEL SISTEMA DESCENTRALIZADO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE GÓMEZ PALACIO, DURANGO".

MOTIVO DE LA INFRACCIÓN	MONTO DE LA SANCION DÍAS DE SALARIO MÍNIMO. MÁXIMO	REQUERIMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS.
Verter residuos sólidos no peligrosos en el sistema de alcantarillado municipal.	50 2,500	
Descargar lodos generados en los sistemas de tratamiento, al alcantarillado municipal.	1,000 5,000	
Ocasionar trastornos, impedimentos o alteraciones en el sistema de alcantarillado municipal, así como en las plantas de tratamiento	50 20,000	
Quien descargue aguas residuales que afecten fuentes de abastecimiento de agua potable	10,000 20,000	
Cuando se detecte la presencia de contaminantes o exceso de desechos orgánicos en los monitoreos y se determine la fuente de contaminación en establecimientos, industria, comercio y servicios	50 10,000	Requerimiento de medidas correctivas y de remediación.
Omisión de construcción del registro final	100 500	La obligación de construirlo
Descargar aguas residuales provenientes de procesos industriales al sistema de alcantarillado municipal fuera de las condiciones particulares de descarga	20 5,000	
Utilizar el proceso de dilución de aguas residuales	500 10,000	
Dejar de pagar el derecho por el uso de descarga o el tratamiento de las aguas residuales que genere	Cancelación Descarga	
Carecer de sistema de pretratamiento para las descargas de aguas residuales de la industria, comercio y servicios	100 10,000	
Dejar de cumplir cualquier usuario con las condiciones particulares de descarga	100 5,000	
Omitir la presentación del cuestionario AR al inicio de operaciones y en su caso, al haber modificaciones en el proceso o en los datos del mismo	50 500	

No entregar lo datos requeridos a la Autoridad, para verificar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en la Ley y en el presente Reglamento	50 500	
Arrojar o depositar en contravención a la Ley sustancias tóxicas peligrosas y/o residuos peligrosos en el sistema de alcantarillado municipal	1,000 20,000	Requerimientos de medidas correctivas y de remediación
Arrojar o depositar en contravención a la Ley, basura, grasas animales, vegetales, así como desechos de cualquier origen	50 5,000	
El desperdicio en forma ostensible de agua por parte de la industria en contravención a la Ley y al presente Reglamento	1,000 20,000	
Quien no mantenga en buen estado sus instalaciones hidráulicas interiores y no cumplan con los dispositivos ahorradores de agua	50 5,000	
Carecer los lavaderos de carros o cualquier tipo de vehículos de sistema, de recirculación, presurizado y/o pretratamiento.	Cancelación del Suministro	En caso de apertura se requerirá la instalación del sistema.
Utilizar agua de primer uso por parte de los campos de golf o de otro tipo de centro recreativo, debiendo utilizar agua de segundo uso, previamente tratada	Cancelación del Suministro	Requerir la instalación del sistema en un plazo de un año y en caso omiso dictar sanción.
Las industrias en las que los operadores de las plantas de tratamiento de aguas residuales que no cuenten con exámenes de suficiencia o certificación	500	La obligación de capacitarlos
Abrir brocales de acceso, ventilación de los conductos del sistema de alcantarillado y dañar directa o indirectamente cualquier instalación que sea parte del sistema	20 100	Reparación del daño causado
Realizar actividades que requieran autorización de la Dirección sin contar con la autorización correspondiente	20 1,000	

TÍTULO DÉCIMO PRIMERO

**CAPÍTULO ÚNICO
RECURSO DE INCONFORMIDAD**

ARTÍCULO 112.- Las resoluciones dictadas con motivo de la aplicación del presente Reglamento, podrán ser recurridas por los interesados en el término de quince días hábiles siguientes a la fecha de su notificación.

ARTÍCULO 113.- El recurso se interpondrá ante SIDEAPA, directamente o por correo certificado con acuse de recibo, en cuyo caso se tendrá como fecha de presentación la del día en que se haya depositado el recurso correspondiente en la Oficina del Servicio Postal Mexicano.

ARTÍCULO 114.- El escrito en el que se interponga el recurso contendrá:

- I. Nombre y domicilio del recurrente, y en su caso, el de la persona que promueva en su nombre, acreditando debidamente la personalidad con que comparece si ésta no se tenía justificada ante SIDEAPA.
- II. La resolución que se impugna.
- III. Los agravios que, a juicio del recurrente le cause la resolución impugnada.
- IV. La mención de la Autoridad que haya dictado la resolución.
- V. Los documentos que la recurrente ofrezca como prueba, que tengan relación inmediata y directa con la resolución impugnada y que por causa superviniente no hubiere estado en posibilidad de ofrecer al oponer sus defensas en el escrito a que se refiere el Artículo 101 de este Reglamento.
- VI. La solicitud de suspensión, en su caso, previa la comprobación de haber garantizado el interés fiscal ante SIDEAPA.

ARTÍCULO 115.- Al recibir el recurso, SIDEAPA verificará si éste fue interpuesto en tiempo, admitiéndolo a trámite o rechazándolo. Para el caso de que lo admita decretará la suspensión si fuese procedente en los términos del precepto que antecede en un plazo que no exceda de veinte días hábiles contados a partir de la notificación del proveído de admisión.

ARTÍCULO 116.- La ejecución de la resolución se podrá suspender cuando:

- I. Lo solicite el interesado.
- II. No se siga el perjuicio del interés social.
- III. De ejecutarse la resolución, se causaren daños de difícil reparación para el recurrente, y;
- IV. Se garantice el interés fiscal.

ARTÍCULO 117.- Cuando se admita tramitar el recurso, se informará del mismo a la autoridad contra la que el recurrente exprese su inconformidad. El recurso se tramitará, debiendo aplicar como supletorio en lo relativo al procedimiento probatorio, el Código de Procedimientos Civiles del Estado.

ARTÍCULO 118.- Transcurrido el término para el desahogo de las probanzas, si las hubiere, la Autoridad del conocimiento dictará resolución, la que se notificará al interesado personalmente o por correo certificado con acuse de recibo.

ANEXO 1 (ARTÍCULO 8)

CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA que establecen los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano municipal provenientes de la industria, comercio y servicios.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

	Concentraciones	
	(Mg/l, excepto cuando se Promedio mensual	Concentraciones Específique otra) Promedio diario
Ph	6.0	9.0
Temperatura C	35	40
Conductividad mhos/cm	2000	2500
Grasas y Aceites	50	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200
Sólidos Suspendidos Totales	150	200
Sólidos Sedimentales (ml/l)	5.0	10.0
Arsénico	0.5	1.0
Cadmio	0.5	1.0
Cianuro	1.0	2.0
Cobre	10.0	20.0
Mercurio	0.014	0.02
Sólidos Totales	2,400	3,300
Sólidos Disueltos Totales	1,200	1,500
Sustancias Activas al Azul de Metileno	30	50
Color (Pt/Co)	113	150
Fosfatos Totales	20	30
Nitrógeno Total	25	35
Nitrógeno Amoniacal	20	30
Nitritos	0.1	0.5
Nitratos	6.0	8.0
Fenoles	0.3	0.6
Boro	0.75	1.0
Aluminio	5.0	10
Cobalto	0.2	0.4
Cromo Hexavalente	0.5	1.0
Hierro	1.0	2.0
Fluoruros	1.0	2.0
Magnesio	1.0	1.2
Niquel	1.0	1.5
Plomo	0.5	1.0
Zinc	2.0	2.5
Plata	2.0	2.5
Estaño	0.2	0.5

Cuando SIDEAPA identifique descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la tabla anterior causen efectos negativos al sistema de alcantarillado o plantas tratadoras de aguas residuales y/o a la salud pública de acuerdo con sus ordenamientos legales, se fijarán condiciones particulares de descarga en las que se podrán señalar máximos permisibles más estrictos y en su caso límites máximos permisibles para aquellos parámetros que considere aplicables a las descargas según los insumos de cada industria.

ANEXO 2
(ARTÍCULO 82)

LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES, ASÍ COMO PRÁCTICAS DE MANEJO, USO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS GENERADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

Las disposiciones aplicables en esta sección establecen las concentraciones máximas de contaminantes que deberán contener los lodos residuales para su aprovechamiento y aplicación del suelo en uso agrícola y forestal, así mismo para el uso de contacto humano directo y las características que deberán tener en cuanto a la presencia de patógenos.

La utilización de los lodos o su disposición dependerá:

A).- Los lodos son considerados como residuo peligroso tomando en cuenta la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Con el propósito de llevar a cabo un aprovechamiento de estos lodos, se requiere efectuar la caracterización correspondiente de estos lodos mediante la aplicación de los procedimientos descritos en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-053-ECOL-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

A.1).- Los lodos caracterizados como un "residuo no peligroso" podrán ser utilizados para mejoramiento de suelos, estos se clasifican en dos clases "A" y "B" y la concentración de cada contaminante no deberá exceder los límites considerados en las tablas correspondientes:

CLASE "A": Este tipo de lodo antes de ser utilizado como mejorador de suelos en lugares donde esté involucrada alguna actividad humana debe de cumplir con el siguiente criterio:

1. La densidad de coliformes fecales debe de ser menor de 1,000 en número más probable por gramo de sólidos totales en peso seco (1,000 NMP/g ST).
2. La densidad de salmonella (sp) debe ser menor de 3 en número más probable por cada cuatro gramos de sólidos totales en peso seco (3 NMP/4 ST).
3. Deberán cumplir con las concentraciones límites de las siguientes tablas:

TABLA 1.- CONCENTRACIONES LÍMITES MÁXIMAS.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN LÍMITE* (mg/kg peso seco)
Arsénico	75
Cadmio	85
Cromo	3000
Cobre	4300
Plomo	840
Mercurio	57
Molibdeno	75
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	7500

* valor absoluto

TABLA 2.- CONCENTRACIONES LÍMITES MÁXIMAS.

PARÁMETRO	CARGA ANUAL DE CONTAMINANTE (kg/ha/año)
Arsénico	2.0
Cadmio	1.9
Cromo	150.0
Cobre	75.0
Plomo	0.38
Mercurio	0.85
Molibdeno	0.90
Níquel	21.0
Selenio	5.0
Zinc	140.0

CLASE "B": Este lodo antes de ser utilizado como mejorador de suelos en lugares donde esté involucrada alguna actividad agrícola o forestal debe cumplir con el siguiente criterio:

1. La densidad de coliformes fecales deberá ser menor de 2 millones en número más probable por gramo de sólidos totales en peso seco (2 000,000 UFC/g ST)
2. La unidad de formación de colonias de coliformes fecales deberá ser menor de 2 millones por gramo de sólidos totales en peso seco (2 000,000 UFC/g STS)
3. Cumplir con las concentraciones límites de las tablas 1 y 3

TABLA 3.- CONCENTRACIONES LÍMITES MÁXIMAS

PARÁMETRO	CARGA DE CONTAMINANTE (kg/ha/año)
Arsénico	41
Cadmio	39
Cromo	3000
Cobre	1500
Plomo	300
Mercurio	17
Molibdeno	18
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	2800

Si los lodos quedan caracterizados como residuo no peligrosos, éstos pueden ser dispuestos en el relleno sanitario municipal siempre y cuando cumplan con los límites establecidos en la tabla 1 en caso de ser caracterizados como residuos peligrosos y no cumplan con los límites establecidos en la tabla de referencia, estos deberán ser dispuestos en un confinamiento controlado de acuerdo a lo establecido por la legislación mexicana en materia ambiental.

La metodología para la determinación de los parámetros anteriores, deberá aplicarse de acuerdo a lo establecido por la Normas oficiales Mexicanas en la materia; y la frecuencia de muestreo será establecida de acuerdo con la tabla 4:

TABLA 4.- FRECUENCIA DE MUESTREO

CANTIDAD DE LODO DISPUESTO (toneladas/año peso seco)	FRECUENCIA DE MUESTREO
de 0 a 290	Anual
de 290 a 1500	Trimestral
de 1500 a 15000	Bimestral
de 15 000 en adelante	Mensual

TRANSITORIOS

ARTÍCULO PRIMERO.- Se abroga el Reglamento de Protección al Ambiente en Materia de Control de Contaminación del Agua Residual del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado para el Municipio de Gómez Palacio, Dgo., Aprobado en Sesión Ordinaria del H. Cabildo el día 15 de Noviembre de 2000 y publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado número 43 de fecha 26 de Noviembre de 2000; así como las disposiciones contrarias al presente.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Este Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Durango.

ARTÍCULO TERCERO.- Las empresas públicas o privadas que usen compuestos cloro-fluoro-carbonados que estén operando tienen la obligación de informar a SIDEAPA dentro de los treinta días hábiles después de que entre en vigor este Reglamento, las cantidades que utilizan, el proceso o actividad, la cantidad de residuos que generen, los planes y programas para reducir, sustituir o eliminar su uso.

ARTÍCULO CUARTO.- Los responsable de una industria, establecimiento comercial, prestadores de servicio, hospitales o talleres que se encuentren descargando al sistema general de drenaje y alcantarillado, tienen la obligación de presentar en un período no mayor a cuarenta y cinco días, las formas mencionadas en el Artículo 43 mismas que deberán ser actualizadas en el momento en que haya modificación en el proceso durante los treinta días previos a su modificación, quedando sujeto a revisión de SIDEAPA.

ARTÍCULO QUINTO.- Se concede un plazo de seis meses, contados a partir de la fecha en que entre en vigor el presente Reglamento a las personas físicas o morales para dar cumplimiento a lo establecido por los Artículos 23 y 24 Fracciones I y II.

ARTÍCULO SEXTO.- Las condiciones particulares de descarga establecidas en el anexo 1 serán aplicables y obligatorias a partir de la entrada en vigor de este Reglamento.

ARTÍCULO SÉPTIMO.- Se concede a los responsables de las instalaciones hidráulicas establecidas con anterioridad a la promulgación del presente Reglamento, un plazo de tres meses a partir de la publicación de este Reglamento para cumplir con lo dispuesto en el Artículo 30.

LETICIA HERRERA DE LOZANO
Presidenta Municipal.

LIC. ÁNGEL FRANCISCO REY GUEVARA
Secretario del R. Ayuntamiento.

ANEXO 3

Hojas de análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO N° 12 – QUIMICA

SERVICIO DE ANALISIS

AV. TUPAC AMARU 210 LIMA- PERU

TELEFONO/FAX: 3820500 CELULAR: 99047215 NEXTEL: 94085470 / 408*5470

INFORME TECNICO N° 0092 – 07 – LAB 12 – FC – UNI

1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
- 1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE LODOS
- 1.4 TELEFONO : 4930087 / 3273694
- 1.5 FECHA DE EMISION : 08/02/2007
2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA N° 1: LODO
- 2.2 PROCEDENCIA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS – PUENTE PIEDRA
3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA : LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE ANALISIS FISICO QUIMICOS

ENSAYO	RESULTADOS	METODO O NORMA UTILIZADA
Humedad, %	99.74	-
pH	6.5	-
Sólidos totales, mg/l	2600	APHA (1992)
Sólidos volátiles, mg/l	10.72	APHA (1992)
DBO, mg/l	350	APHA (1992)
Nitrógeno Total, mg/l	16.33	APHA (1992)
Nitrógeno amoniacal, mg/l	1695.77	APHA (1992)
Nitrógeno orgánico, mg/l	16.37	-
Carbono orgánico total, mg/l	1064.61	Walkley y Black (1990)
Aceites y grasas, mg/l	48.0	APHA (1992)
Alcalinidad, Na + K ; mg/l	0,00062	APHA (1992)
Alcalinidad, Na; mg/l	0,00045	
Alcalinidad, K; mg/l	0,00017	
Ácidos grasos volátiles, mg/l	2300	APHA (1992)
Acido butirico, mg/l	1194	
Acido acetico, mg/l	789	
Acido propionico, mg/l	227	

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.



Otilia Acha De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.R. 202





M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215 / Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

**INFORME TECNICO N° 0123 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE LODOS
1.4 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.5 FECHA DE EMISION : 13/02/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA N° 1: LODO
2.2 PROCEDENCIA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS SERVIDAS – PUENTE PIEDRA

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

: LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS**4.1 RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICOS**

ENSAYO	RESULTADOS	METODO O NORMA UTILIZADA
Coliformes fecales, UFC/100 ml	1.3 x10 ³	APHA-AWWA-WPCF 19 Edición
Salmonella UFC/100 ml	0	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, sección 9260, 20 Edición

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316

Cel: 9904-7215 / Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°029-07 LAB N° 20

Solicitante : KATTY ENCARNACIÓN MELO
MANUEL PERCCA ALAMO
Tipo de muestra : Lodo de Planta de Tratamiento
Procedencia : Unitrar y Puente Piedra.
Fecha de muestreo : 13-02-07
Fecha de recepción : 13-02-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO.

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	METODO
Alcalinidad a bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	666,00	459,00	Volumétrico
Alcalinidad a Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	0	0	Volumétrico
DQO	mg/L	—	14,2240	Colorimétrico
pH		7,50	—	Electrodo
Temperatura	°C	25	26	
Sólidos totales	mg/L	820,00	1 816	Gravimétricos
Sólidos volátiles	mg/L	292,00	656,00	Gravimétricos

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 06 de Marzo del 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO N° 20
REPUBLICA PERUANA
ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

* Muestra tomada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°029-07 LAB N° 20

Solicitante : **KATTY ENCARNACIÓN MELO**
MANUEL PERCCA ALAMO
Tipo de muestra : Lodo de Planta de Tratamiento
Procedencia : Unitrar y Puente Piedra.
Fecha de muestreo : 13-02-07
Fecha de recepción : 13-02-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

HELMINTOS ó PARASITOS	HUEVOS/LITRO
Muestra N° 2	< 1

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 23 de Febrero del 2007

ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

* Muestra tomada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 091-07 LAB N° 20

Solicitante : **MANUEL PERCCA**
Tipo de muestra : Lodos activados
Procedencia : Planta Puente Piedra
Fecha de muestreo : 23-24 y 25-05-07
Fecha de recepción : 25-05-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	M3	METODO
DQO	mg/L	8 600	4 100	3 600	Colorimétrico

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:

M1: Lodos activados del 23-05-07

M2: Lodos activados del 24-05-07

M3: Lodos activados del 25-05-07

Lima, 06 de Mayo del 2007

ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

- Muestra tomada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 090-07 LAB N° 20

Solicitante : **MANUEL PERCCA**
Tipo de muestra : Lodos reactor anaerobio
Procedencia : Planta piloto
Fecha de muestreo : 21-23-24 y 25-05-07
Fecha de recepción : 25-05-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	METODO
DQO	mg/L	21 900	13 500	11 400	23 300	Colorimétrico

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:

M1: Lodos reactor anaerobio – del 21-05-07
M2: Lodos reactor anaerobio – del 23-05-07
M3: Lodos reactor anaerobio – del 24-05-07
M4: Lodos reactor anaerobio – del 25-05-07

Lima, 06 de Mayo del 2007

ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

- Muestra tomada por el solicitante



INFORME TÉCNICO N° 0664 – 07 LAB 12 FC – UNI

1.- DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE

1.1. NOMBRE DEL SOLICITANTE: MANUEL PERCCA ALAMO
KATTY ENCARNACION
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO: DETERMINACIÓN DE ACIDOS GRASOS
TOTALES EN LODOS
1.3 FECHA DE EMISION: 30/05/2007

2.- DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

2.1 NOMBRE DE LA MUESTRA: LODO
PROCEDENCIA: REACTOR ANAEROBIO

3. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: LABORATORIO N°12 DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS.

4. CONDICIONES AMBIENTALES
Temperatura = 20 °C, Humedad relativa = 81 %

5. METODO DE ANÁLISIS
Extracción con n-hexano
5560 C: Distillation Method, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition,
2005, 5-58

6. RESULTADOS

MUESTRA	ANÁLISIS	RESULTADO
M1	Acidos grasos totales, ppm	1211
M2	Acidos grasos totales, ppm	1503

7. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO
Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.

Otilia Acha De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Celular: 9904-7215
Lab N°12 – Pab C de Ing. Química
Telefax Directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 147-07 LAB N° 20

Solicitante : **MANUEL PERCCA**
Tipo de muestra : Lodos
Procedencia : Planta piloto reactor
Fecha de muestreo : 16-07-07
Fecha de recepción : 16-07-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Coliformes fecales	NMP/100ml	50 x 10	Tubos múltiples
Coliformes totales	NMP/100ml	11 x 10 ²	Tubos múltiples

PARASITOS	HUEVOS/LITRO
Helmintos	< 1

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

Lima, 01 de Agosto del 2007


ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

- Muestra tomada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO N° 12 – QUIMICA

SERVICIO DE ANALISIS

AV. TUPAC AMARU 210 LIMA- PERU

TELEFONO/FAX: 3820500.CELULAR: 99047215.NEXTEL: 94085470 / 408*5470

INFORME TECNICO N° 0923 – 07 – LAB 12 – FC – UNI

1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
- 1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE LODOS
- 1.3 TELEFONO : 4930087 / 3273694
- 1.4 FECHA DE EMISION : 18/07/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE LODO

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

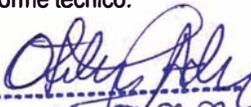
: LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYO	RESULTADOS	METODO O NORMA UTILIZADA
Nitrógeno Total, mg/l	91.1	4500-Norg APHA AWWA WEF 2005 STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER 21 st Edition
Nitrógeno amoniacal, mg/l	15.4	4500-NH ₃ APHA AWWA WEF 2005 STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER 21 st Edition
Nitrógeno orgánico, mg/l	75.7	4500-Norg APHA AWWA WEF 2005 STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER 21 st Edition
Carbono orgánico total, mg/l	41	5310 - APHA AWWA WEF 2005 STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER 21 st Edition
Aceites y grasas, mg/l	417.0	5520 - APHA AWWA WEF 2005 STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER 21 st Edition

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202




M.Sc. Otilia de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Quimica
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215 / Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

**INFORME TECNICO N° 722 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
1.4 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.5 FECHA DE EMISION : 31/05/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano, %	6.45	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	< 0.02	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

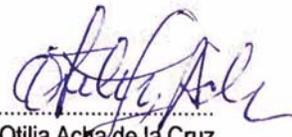
(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia Acha De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C. Q. P. 202

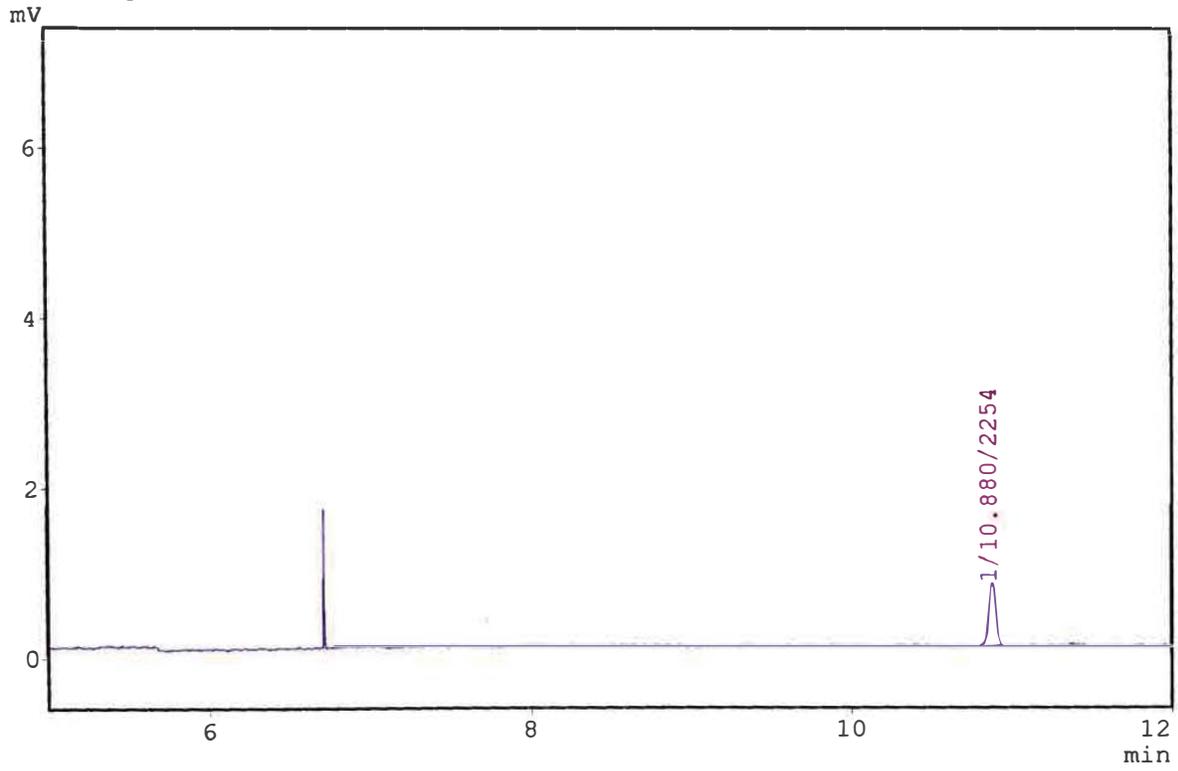



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

=@CHRM1.D01 07/05/30 11:23:36
 ple : Gas
 e : Blader
 ector : Unknown
 rator : WFID
 rator :
 hod Name : CHTPETRO.MET

* Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C01



** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	10.880	2254	743	6.4525	Metano
2	12.732	1866	5721		
		4120	6464	6.4525	

Ortiz A.
 MAESTRO EN QUIMICA
 C.O.P. 202

**INFORME TECNICO N° 771 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
- 1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
- 1.4 TELEFONO : 4930087 / 3273694
- 1.5 FECHA DE EMISION : 07/06/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano, %	44.76	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	0.08	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia Acha De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

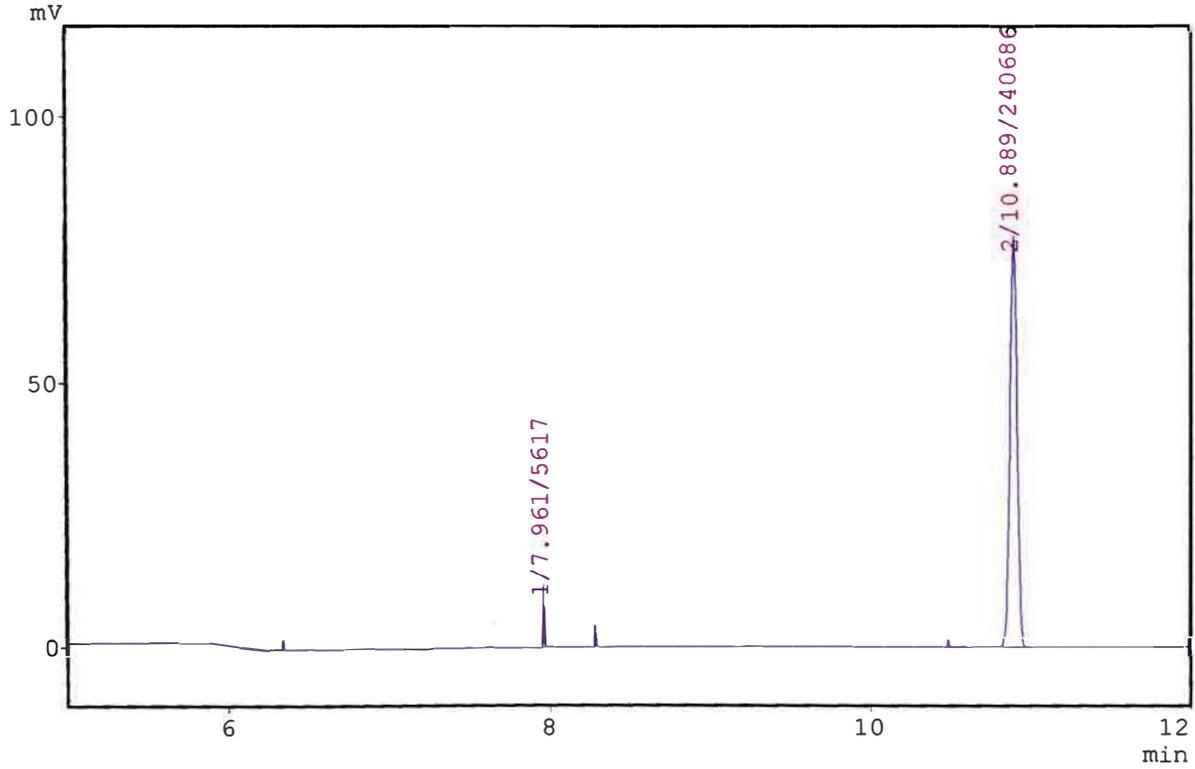



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

DATA=@CHRM1.D01 07/06/06 10:19:52
Sample : Blader
ID : Metano
Type : Unknown
Detector : WFID
Operator :
Method Name : CHTPETRO.MET

*** Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C01



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	7.961	5617	12515		
2	10.889	240686	77244	44.7677	Metano
		246303	89759	44.7677	



Antonio Polu

Antonio Polu
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

**INFORME TECNICO N° 809 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
1.4 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.5 FECHA DE EMISION : 19/06/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano, %	5.54	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	< 0.02	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia Acha de la Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

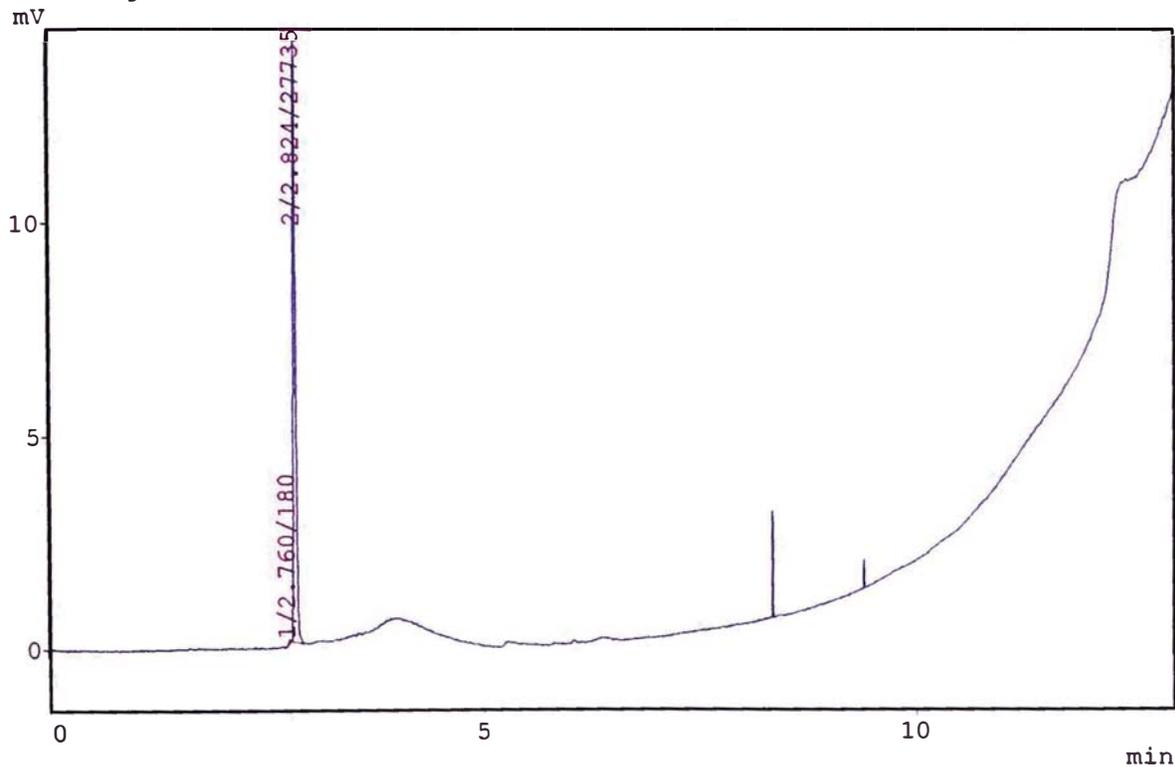



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

ATA=@CHRM1.D01 07/06/19 09:13:46
 ample : Gas
 ype : Unknown
 etector : WFID
 Operator :
 Method Name : BIOHS.MET

*** Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C01



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	2.760	180	92		
2	2.824	27735	14117	5.5470	metano
		27914	14209	5.5470	



<Temporary>

2 - 1/1

07/06/19 09:44:29

[Handwritten Signature]
 Otilia Acha De La Cruz
 MAGISTER EN QUIMICA
 C.Q.P. 202

**INFORME TECNICO N° 831 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
1.3 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.4 FECHA DE EMISION : 26/06/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano,%	2.04	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	< 0.01	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia Acha De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

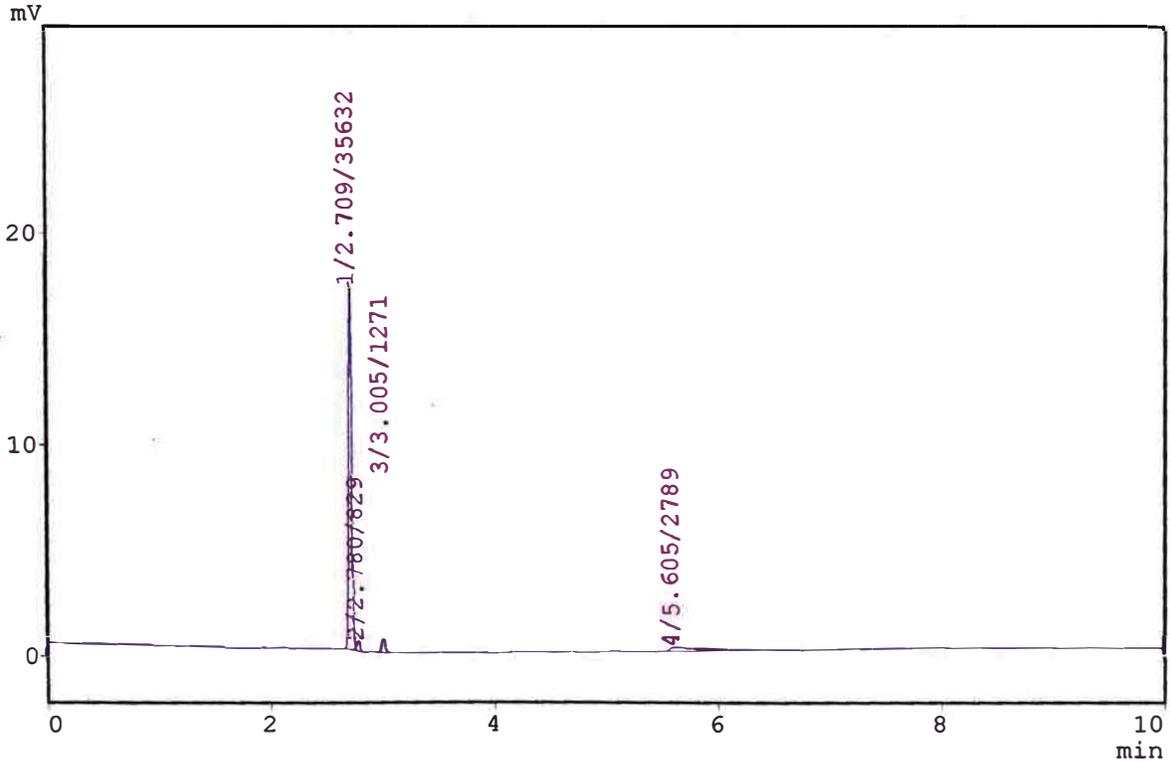



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

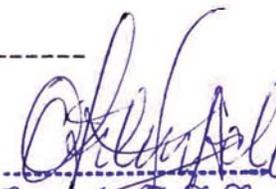
Sample 01
 ID
 Type Unknown
 Detector TCD
 Operator
 Method Name BIOGAS.MET

*** Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C01



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	2.709	35632	17411	87.9367	N2, O2
2	2.780	829	457	2.0449	METANO
3	3.005	1271	643	3.1358	CO2
4	5.605	2789	165	6.8826	H2O
		40520	18677	100.0000	


 Otilia Acha De La Cruz
 MAGISTER EN QUIMICA
 C.Q.P. 202



**INFORME TECNICO N° 837 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
1.3 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.4 FECHA DE EMISION : 02/07/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

: LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano, %	1.72	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	< 0.01	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Otilia Araya de la Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

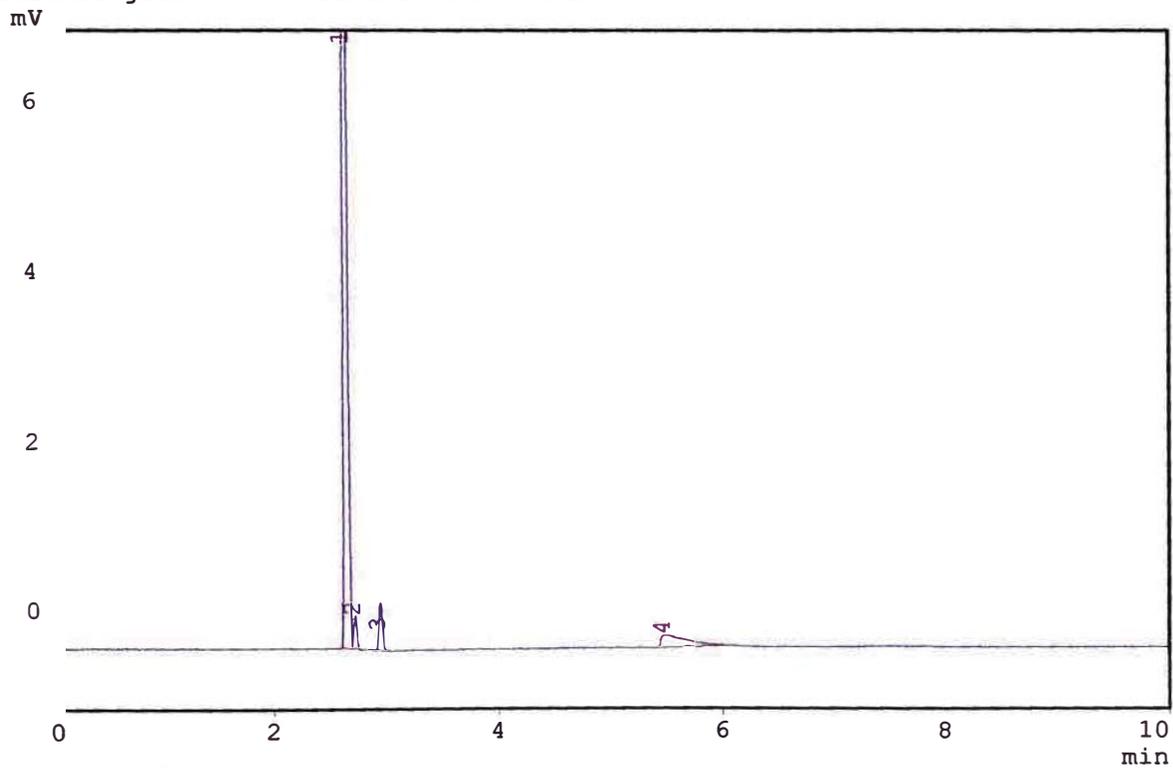



M.Sc. Otilia Araya de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

DATA=B.02 Ver. 07/07/03 09:56:28
 Sample 02
 ID
 Type Unknown
 Detector TCD
 Operator
 Method Name BIOMET

*** Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C12



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	2.649	36957	18601	90.0428	N2, O2
2	2.720	708	392	1.7243	METANO
3	2.947	1117	565	2.7212	CO2
4	5.490	2262	142	5.5117	H2O
		41044	19699	100.0000	



.....
Patricia Aoba De La Cruz
 MAGISTER EN QUIMICA
 C.Q.P. 202

**INFORME TECNICO N° 838 – 07 – LAB 12 – FC – UNI****1. DATOS GENERALES DE LA ENTIDAD SOLICITANTE**

- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ING. MANUEL PERCCA ALAMO
ING. KATTY ENCARNACION MELO
1.2 FINALIDAD DEL INFORME TÉCNICO : ANÁLISIS DE AIRE
1.3 TELEFONO : 4930087 / 3273694
1.4 FECHA DE EMISION : 03/07/2007

2. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRA DE AIRE

3. LUGAR DE RECEPCION DE LA MUESTRA

LABORATORIO N° 12 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNI

4. RESULTADOS

ENSAYOS	RESULTADOS	LIMITE DETECTABLE	METODO O NORMA UTILIZADA
Metano, %	0.10	0.1 %	Cromatografía de gases (*)
H ₂ S, ppm	< 0.01	< 0.002 ppm	Método colorimétrico ASTM D 4468

(*)Se adjunta cromatograma

5. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados son validos solo para la muestra considerada en los items N° 01 y 02 del presente informe técnico.


Cecilia Alca De La Cruz
MAGISTER EN QUIMICA
C.Q.P. 202

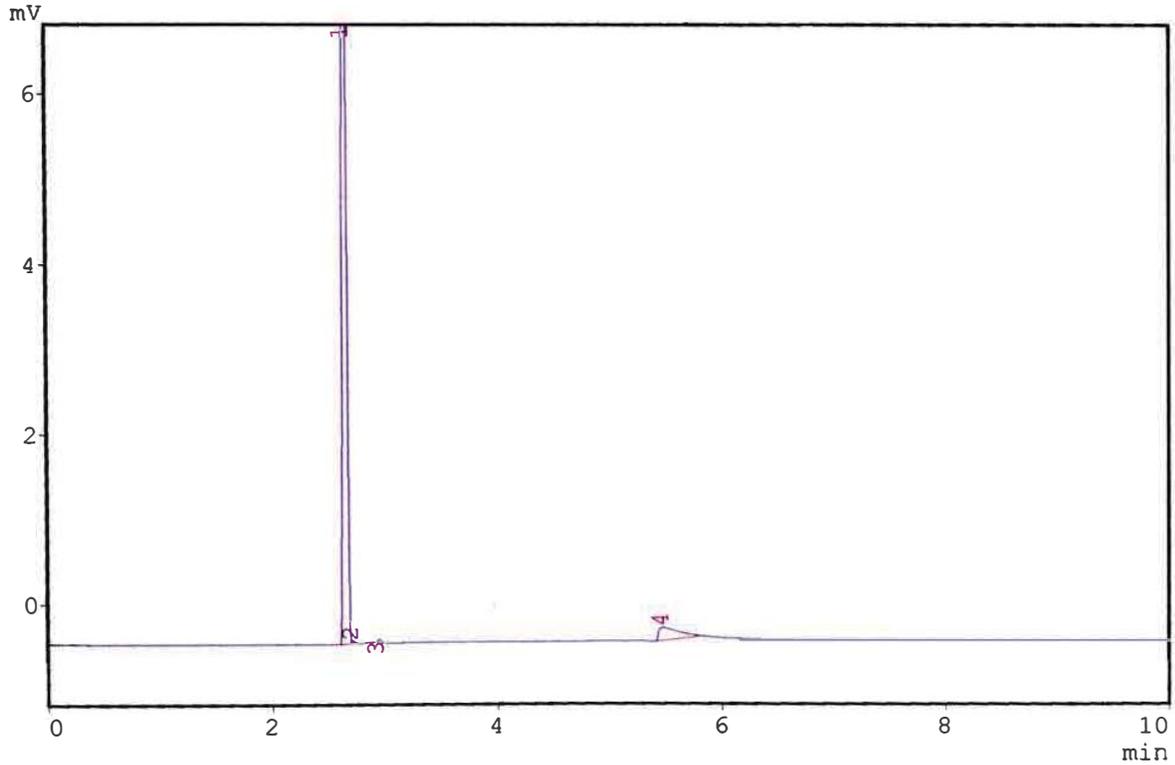



M.Sc. a de la Cruz
Responsable del Análisis
Lab. N° 12 F. Ciencias – Química
Telef: 4811070 anexo: 316
Cel: 9904-7215
Telf. directo: 3820500

El laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

DATA=B.03 Ver. 07/07/03 10:07:47
 Sample 03
 ID
 Type Unknown
 Detector TCD
 Operator
 Method Name BIOMET

*** Chromatogram *** Filename:@CHRM1.C13



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC [Frac]	NAME
1	2.646	39789	19974	95.1103	N2, O2
2	2.717	46	28	0.1090	METANO
3	2.945	82	42	0.1962	CO2
4	5.473	1918	155	4.5845	H2O

 41835 20199 100.0000

<Temporary>

10 - 1/1

Cristina Acha De La Cruz
 Cristina Acha De La Cruz
 MAGISTER EN QUIMICA
 C.O.P. 202



07/07/03 10:07:47