



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN INFRAESTRUCTURAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN INFRAESTRUCTURAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA
Dirección: Av. Faustino Sánchez Carrión N.º 603
Jesús María, Lima-Perú.
Teléfono: 204-9900
www.gob.pe/oefa

Consejo Directivo

Presidente: Juan Edgardo Narciso Chávez
Consejera: Gloria Cadillo Ángeles
Consejero: César Ortiz Jahn
Consejero: John Ortiz Sánchez
Consejero: Alberto Pinto Cáceres

Gerencia General

Gerenta General: Miriam Alegría Zevallos
Coordinación y revisión: Patricia Izquierdo Quispe y Roxana Paz Cárdenas

Equipo revisor / redactor

Dirección de Supervisión Ambiental en Infraestructura y Servicios

Ericsson Benigno Huamán Cruz
Iván Mario De La Cruz Callupe
Alberto Diógenes Milla Hernández
Daniel Enrique Rado Arenas
Giovanna Catherine Zegarra Sanchez
Brenda Elizabeth Antayhua Florian
José Luis Contreras Zegarra
Rubén Farfán Cruz
Lizbet Andrea Vásquez Bocanegra

Cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la GIZ

Lisbeth Díaz Vargas

Oficina de Relaciones Institucionales y Atención a la Ciudadanía (ORI)

Jefa de la ORI: Irene Del Rosario Saldaña Cortez
Coordinación editorial: Jorge Ramírez González Del Riego
Corrección de textos y revisión de estilo: Roxana Villalba Garcés
Diseño y diagramación: José Mendiola, Carla Ochoa Quisel
Fotografías: Fredy Gonzalez Oré, Archivo del OEFA

Primera edición
Marzo 2025

Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2025-02498

El presente documento técnico ha sido elaborado con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto de cooperación triangular entre Chile, Perú y Alemania en fiscalización y cumplimiento ambiental.

Con el apoyo de:



Implementada por

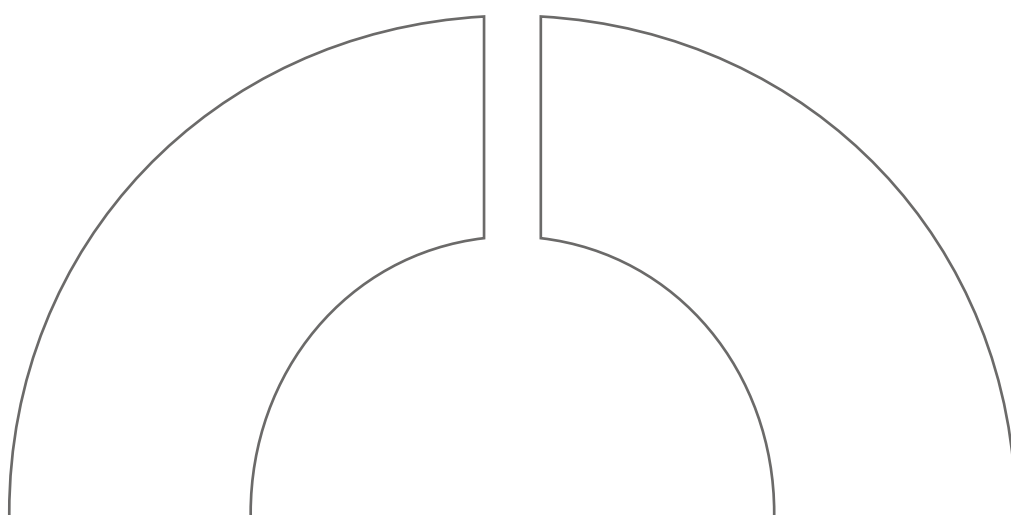


Reservados todos los derechos.

Queda autorizada su reproducción y distribución con previa autorización y citando la fuente.

MANUAL PARA LA

SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN INFRAESTRUCTURAS DE RESIDUOS SÓLIDOS



ÍNDICE

I. MARCO GENERAL	8
1.1. Introducción	8
1.2. Objetivo	10
1.3. Alcance	10
1.4. Base legal	10
1.5. Abreviaciones y siglas	12
1.6. Definiciones	13
II. LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS (IRS)	15
2.1. Infraestructura de valorización de residuos sólidos	16
2.2. Planta de transferencia de residuos sólidos	24
2.3. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos	28
2.4. Planta de tratamiento de residuos sólidos	40
III. SUPERVISIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS	51
3.1. Aspectos generales de la acción de supervisión	51
3.2. Identificación de deficiencias en componentes y actividades en infraestructuras de residuos sólidos y posibles afectaciones al ambiente y a la salud	54
3.3. Nivel de riesgo de afectación al ambiente y a la salud de las deficiencias en infraestructuras de residuos sólidos	96
3.4. Medidas de control y mitigación de los posibles impactos al ambiente y a la salud de las deficiencias de componentes y actividades en infraestructuras de residuos sólidos	108

TABLAS

Tabla 1:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: componentes y requisitos	17
Tabla 2:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: procesos	18
Tabla 3:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente	21
Tabla 4:	Planta de transferencia de residuos sólidos: componentes y requisitos	24
Tabla 5:	Planta de transferencia de residuos sólidos: procesos	25
Tabla 6:	Planta de transferencia de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente	26
Tabla 7:	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: procesos	30
Tabla 8:	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente	35
Tabla 9:	Planta de tratamiento de residuos sólidos: procesos	42
Tabla 10:	Planta de tratamiento de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental	45
Tabla 11:	Instalaciones de incineración de residuos: límites máximos permisibles de emisiones en la Norma Oficial Mexicana	48
Tabla 12:	Aceites usados tratados: porcentajes para mezcla y límites máximos permisibles de contaminantes en la Norma Oficial de Colombia	49
Tabla 13:	Supervisión en IRS: requerimientos para su ejecución, por etapa	51
Tabla 14:	Supervisión en IRS: requerimientos de equipos de protección personal, por etapa	52
Tabla 15:	Supervisión en IRS: requisitos formales necesarios para su ejecución, por etapa	53
Tabla 16:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas y estudios, por etapa y componente	55
Tabla 17:	Planta de transferencia de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas y estudios, por etapa y componente	68
Tabla 18:	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas y estudios, por etapa y componente	75
Tabla 19:	Planta de tratamiento de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas y estudios, por etapa y componente	89
Tabla 20:	Infraestructuras de residuos sólidos: criterios de interpretación de resultados de monitoreo ambiental y estudios	95
Tabla 21:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado	97

Tabla 22:	Planta de transferencia de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado	100
Tabla 23:	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado	102
Tabla 24:	Planta de tratamiento de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado	105
Tabla 25:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente	108
Tabla 26:	Planta de transferencia de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente	110
Tabla 27:	Infraestructuras de disposición final de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente	112
Tabla 28:	Planta de tratamiento de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud, por etapa y componente	117
Tabla 29:	Infraestructura de valorización de residuos sólidos: parámetros para interpretar los resultados del monitoreo ambiental aplicado para la ejecución de las medidas de control y mitigación	121
Tabla 30:	Planta de transferencia de residuos sólidos, infraestructuras de disposición final de residuos sólidos y planta de tratamiento de residuos sólidos: parámetros para interpretar los resultados del monitoreo ambiental aplicado para la ejecución de las medidas de control y mitigación	122
Tabla 31:	Infraestructuras de residuos sólidos: sustento técnico de riesgos por material particulado, gases, lixiviados y mercurio	123
Tabla 32:	Relleno sanitario: riesgos en la etapa de construcción	129
Tabla 33:	Infraestructuras de residuos sólidos: riesgos por contingencias	131



I. MARCO GENERAL

1.1. Introducción

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es un organismo público técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente (Minam), encargado de la promoción del cumplimiento ambiental a través de la realización de acciones de supervisión, evaluación y fiscalización; así como del ejercicio de la rectoría del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Sinefa).

Mediante el Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (LGIRS), se establecen derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de la mencionada norma. Considerando que el OEFA, en adición a sus funciones asignadas en la normativa vigente, es competente para regular el ejercicio de sus funciones de supervisión, fiscalización y sanción respecto al manejo de residuos sólidos por parte de los titulares de infraestructuras de residuos sólidos, así como supervisar, fiscalizar y sancionar el manejo de residuos sólidos que estos realicen.

A través del Decreto Supremo N.º 023-2021-MINAM, se aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030, cuyo Objetivo Priorizado 4 (OP4) “Incrementar la disposición adecuada de los residuos sólidos” establece como uno de sus lineamientos el fortalecimiento de la fiscalización de la gestión y manejo de residuos sólidos municipales y no municipales.

Bajo ese contexto, el OEFA, a través de la Dirección de Supervisión en Infraestructura y Servicios (DSIS), supervisa el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables en el ámbito de actividades de infraestructura y servicios, y es responsable de emitir las medidas administrativas en el ámbito de su competencia, cuando corresponda, a sus administrados; entre los que se encuentran los/as titulares de infraestructura de residuos sólidos.



En ese sentido, y con la finalidad de contar con un documento de gestión interna que coadyuve a los/as servidores/as civiles y colaboradores/as de la DSIS en la planificación, verificación, evaluación e identificación de posibles deficiencias en las acciones que desarrollan los titulares de infraestructuras de residuos sólidos, o empresas operadoras de residuos sólidos, resulta necesario contar con el Manual para la supervisión ambiental en infraestructura de residuos sólidos. Este instrumento técnico permitirá brindar una guía didáctica para el desarrollo preciso y oportuno de las funciones de supervisión ambiental, acorde a los distintos tipos de infraestructuras de residuos sólidos vigentes, y así promover el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables con eficacia y transparencia.

1.2. Objetivo

Brindar en forma detallada y didáctica las pautas y/o instrucciones referentes a los aspectos técnicos que deben tener en cuenta los/as servidores/as civiles y colaboradores/as de la DSIS para desarrollar adecuadamente el proceso de supervisión ambiental a infraestructuras de residuos sólidos municipales y no municipales en el ámbito de competencia del OEFA.

1.3. Alcance

Las disposiciones establecidas en el presente Manual son de aplicación obligatoria para los/las servidores/as civiles y colaboradores/as del OEFA que ejecutan acciones de supervisión a las infraestructuras de residuos sólidos.

1.4. Base legal

Normativa relacionada a la infraestructura de residuos sólidos

- 1** Ley N.º 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
- 2** Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente
- 3** Ley N.º 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- 4** Ley N.º 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- 5** Decreto Legislativo N.º 1013, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente
- 6** Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
- 7** Decreto Supremo N.º 008-2005-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N.º 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- 8** Decreto Supremo N.º 013-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA
- 9** Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
- 10** Decreto Supremo N.º 009-2019-MINAM

Normativa relacionada a la infraestructura de residuos sólidos

- 11** Decreto Supremo N.º 019-2009-MINAM
- 12** Resolución Ministerial N.º 157-2011-MINAM
- 13** Resolución Ministerial N.º 091-2020-MINAM, que aprueba la "Guía para la Gestión Operativa del Servicio de Limpieza Pública"
- 14** Resolución Ministerial N.º 288-2020-MINAM
- 15** Resolución de la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias N.º 083-2012/CNB-INDECOPI
- 16** Resolución Directoral N.º 003-2019-INACAL/DN
- 17** Resolución del Consejo Directivo N.º 018-2013-OEFA/CD
- 18** Resolución del Consejo Directivo N.º 025-2018-OEFA/CD
- 19** Resolución del Consejo Directivo N.º 006-2019-OEFA/CD
- 20** Resolución del Consejo Directivo N.º 017-2019-OEFA/CD

Las referidas normas incluyen sus modificatorias.

1.5. Abreviaciones y siglas

cm	Centímetro
CO	Monóxido de carbono
CO²	Dióxido de carbono
COV	Compuesto orgánico volátil
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DSIS	Dirección de Supervisión Ambiental en Infraestructura y Servicios
EPP	Equipo de protección personal
GEI	Gas de efecto invernadero
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés)
HCl	Ácido clorhídrico
Hz	Hercio
IGA	Instrumento de gestión ambiental
Inacal	Instituto Nacional de Calidad
IRS	Infraestructura de residuos sólidos
km	Kilómetro
LGIRS	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
LMP	Límites máximos permisibles
m	Metro
m³	Metro cúbico
mg	Miligramo
Minam	Ministerio del Ambiente
Minsa	Ministerio de Salud
NOX	Óxidos de nitrógeno
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PCB	Bifenilos policlorados (por sus siglas en inglés)
PET	Tereftalato de polietileno (por sus siglas en inglés)
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
pH	Potencial de hidrógeno
PM	Material particulado
ppm	Partes por millón
RPA	Aeronave no tripulada (por sus siglas en inglés)
s	Segundo
SCTR	Seguro complementario de trabajo en riesgo
SO²	Dióxido de azufre
t	Tonelada

1.6. Definiciones

Se presentan las definiciones de los términos utilizados en el presente Manual:

Aguas de escorrentía: Aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente, y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.

Agua residual doméstica: Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Aireación: Es el aporte de oxígeno durante la biodegradación de la materia orgánica en la elaboración de compost, y también permite un control de la temperatura de la masa, la eliminación de agua y la evacuación de CO₂ y otros gases generados.

Celda: Infraestructura ubicada en un relleno sanitario en la que se acumulan y compactan finalmente los residuos depositados.

Colaborador/a: Una o más personas que trabajan juntas para completar las tareas o alcanzar las metas de alguna dirección de supervisión ambiental.

Componente de la unidad fiscalizable: Instalaciones, equipos, áreas u obras que forman parte de la unidad fiscalizable como producto de la intervención antrópica, y que resultan necesarios para el desarrollo de las actividades económicas y de servicios bajo el ámbito de competencia de la autoridad de supervisión.

Compost: Producto del proceso controlado de transformación física, química y microbiológica de la materia orgánica en condiciones aerobias y termofílicas.

Contaminantes: Sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que, al incorporarse al cuerpo receptor o al actuar sobre él, degradan o alteran su calidad anterior a dicha acción en niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano; y/o que ponen en peligro los ecosistemas naturales o las actividades y recursos de interés humano.

Cuerpo receptor: Las aguas dulces superficiales, la atmósfera, los suelos, las estructuras geológicas estables y confinadas. La calidad de los cuerpos receptores se compara con los ECA respectivos.

Drenes de lixiviados: Estructura para la captación y conducción de lixiviado generado en una infraestructura de disposición final hacia una poza de captación.

- Drenes de gases:** Estructura para la evacuación de gases generados en una infraestructura de disposición final.
- Escombrera:** Área para la disposición final de residuos sólidos no municipales de la construcción y demolición.
- Informe de supervisión:** Documento técnico-legal aprobado por la autoridad de supervisión que contiene los resultados de la evaluación del cumplimiento de las obligaciones fiscalizables en el marco de las acciones de supervisión.
- Infraestructura de residuos sólidos:** Instalaciones destinadas al manejo de residuos sólidos, se encuentran constituidas por infraestructuras de valorización, plantas de transferencia, plantas de tratamiento e infraestructuras de disposición final (rellenos sanitarios, rellenos de seguridad, rellenos mixtos y escombreras).
- Lixiviado:** Líquido que se genera por la descomposición de los residuos sólidos dispuestos que, sumados a la filtración de agua de lluvia, percola arrastrando material biológico y compuestos químicos.
- Obligaciones fiscalizables:** Obligaciones establecidas en las normas, los IGA, las disposiciones y los mandatos emitidos por la autoridad competente, entre otras fuentes de obligaciones.
- Punto de monitoreo:** Lugar en el que se desarrollan las actividades de muestreo.
- Relleno sanitario:** Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos a superficie o bajo tierra, basada en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.
- Relleno de seguridad:** Instalación destinada a la disposición final de residuos peligrosos sanitaria y ambientalmente segura.
- Relleno mixto:** Infraestructura para la disposición final de residuos municipales y que además incluye celdas de seguridad para el manejo de residuos peligrosos de gestión municipal y no municipal.
- Supervisión:** Conjunto de acciones desarrolladas para verificar el cumplimiento de las obligaciones fiscalizables exigibles a los administrados. Incluye las etapas de planificación, ejecución y resultados.
- Talud:** Cualquier superficie que está inclinada con respecto a la horizontal.

II. LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS (IRS)

La IRS está constituida por las edificaciones, la maquinaria y los servicios complementarios para la recolección, transporte, almacenamiento, conversión y/o disposición final de residuos sólidos.

La LGIRS considera cuatro tipos de infraestructura para el manejo de residuos sólidos: (i) infraestructura de valorización; (ii) planta de transferencia; (iii) infraestructura de disposición final; y, (iv) planta de tratamiento; ello en función de la utilidad que tiene cada una en el ciclo de manejo de residuos sólidos, lo cual no es impedimento para implementar otro tipo de infraestructura de manejo de residuos, siempre que sustente su utilidad.

Los tipos de IRS deben cumplir, como mínimo, con las siguientes condiciones generales:

Accesibilidad:	Se debe garantizar su ubicación en una zona accesible.
Barrera sanitaria natural y/o artificial:	Debe instalarse en todo el perímetro de la infraestructura.
Exclusividad:	Realización de actividades operativas en la planta es incompatible con su uso para vivienda, crianza de animales o quema de residuos sólidos.
Instalaciones sanitarias:	La planta debe contar con baños, duchas y vestuarios diferenciados para personal masculino y femenino.
Registro:	Debe registrarse la cantidad de residuos que se manejan en la infraestructura.
Seguridad contra incendios:	Deben existir dispositivos de seguridad operativos, equipos e indumentaria de protección para el uso del personal de acuerdo con la naturaleza y las características del residuo.
Señalización:	Deben señalizarse adecuadamente las diversas áreas de la infraestructura, como zonas de tránsito y áreas de seguridad.
Suministro de agua:	Debe disponerse de este elemento para las actividades de lavado, higienización, alcantarillado y suministro de energía eléctrica.

A continuación, se describen las características, componentes técnicos, actividades y el impacto ambiental en cada uno de los tipos de IRS.

2.1. Infraestructura de valorización de residuos sólidos

Instalaciones donde se realizan actividades como la transformación química, biológica, recuperación de componentes y/o materiales de residuos.

2.1.1. Componentes técnicos

Las infraestructuras de valorización que realizan la transformación química, biológica, recuperación de componentes y/o materiales del residuo sólido que cuenten —de acuerdo a su tipología— con algunos de los componentes¹ que se señalan en la tabla 1, deben cumplir con los siguientes requisitos descritos a continuación:

¹ Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM y su modificatoria, artículos 98, 104 y 105; y lo que establezca el IGA.



Tabla 1. Infraestructura de valorización de residuos sólidos: componentes y requisitos

Componente de la unidad fiscalizable	Requisito
Cerco perimétrico	• Construir cerco perimétrico de material noble. • Construir cerco en todo el perímetro de la infraestructura de valorización.
Patio de maniobra y descarga	Contar con áreas para recepción, maniobra y operación de vehículos y equipos sin perturbar las actividades operativas.
Área de pesaje de residuos	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados (geomembrana, pavimento rígido o flexible, entre otros).
Área de segregación de residuos sólidos	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados, con sistema de iluminación artificial, ventilación y señalética.
Almacenes para residuos sólidos a valorizar	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados, con sistema de iluminación, ventilación y señalética.
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados, con sistema de iluminación, ventilación y señalética.
Área de desmantelamiento y desensamblaje de residuos sólidos	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados y señalizados.
Área de compostaje	Los pisos de la superficie de contacto con los residuos orgánicos deben estar impermeabilizados y con sistema de captación de lixiviados.
Almacenes de residuos valorizados	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados.
Área de higienización de unidades vehiculares	Contar con piso impermeabilizado y canaletas internas con rejilla para la evacuación de aguas residuales.
Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domésticas	Según las especificaciones que indique el IGA.
PTAR industriales o de proceso	Según las especificaciones que indique el IGA.
Almacén central de residuos sólidos generados	Deberá estar cercado con malla, tener piso impermeabilizado, muro de contención y señalética.
Instalaciones complementarias	Según las especificaciones que indique el IGA.

2.1.2. Tecnologías y procesos

La valorización energética y material de residuos alude a una gama de tecnologías utilizadas para el tratamiento térmico o no térmico de residuos. Por ejemplo, la tecnología de valorización energética de residuos es básicamente un método de tratamiento de residuos para recuperar energía de sus componentes que puede reducir de manera significativa el volumen de los materiales que requieren ser dispuestos en un relleno sanitario.¹

La tabla 2 describe los procesos empleados en una infraestructura de valorización de residuos sólidos.

1 Definición acuñada en Collaborative Working Group, 2016. https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Collaborative+Working+Group&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar

Tabla 2. Infraestructura de valorización de residuos sólidos: procesos

Proceso	Descripción
Valorización del material	
Acondicionamiento previo a la valorización	En las infraestructuras de valorización de residuos sólidos, antes de cualquier operación de valorización, se pueden realizar las actividades de acondicionamiento que se describen a continuación: • Segregación: incluye las actividades de clasificación de residuos sólidos, sea manual o mecánica. • Almacenamiento: es temporal y se realiza a los residuos que van a ser objeto de la valorización. • Limpieza: comprende las actividades de lavado de envases, contenedores y residuos plásticos. • Trituración o molido: comprende las actividades de trituración, molido o picado de residuos como plástico, vidrio, papel, cartón, etc. • Compactación física: aplicable a chatarra metálica, papel y plástico. • Empaque o embalaje: comprende actividades de empaque o embalaje, y rotulado de los residuos valorizados para su posterior comercialización. • Tratamiento: procesos, métodos o técnicas que pueden recibir los residuos sólidos antes de su valorización. Pueden ser realizadas por las empresas operadoras de residuos sólidos o el generador dentro de sus instalaciones, siempre que estén considerados en su IGA.
Biodegradación	Es un proceso de descomposición que fracciona químicamente la materia orgánica de los residuos sólidos con fines de producción de energía o mejoramiento del suelo.

Compostaje	• Cuando llegan los residuos sólidos a la planta de compostaje se realiza un <i>procesamiento mecánico</i> de estos para homogeneizarlos con el fin de facilitar la transformación de la materia orgánica y separar todos aquellos productos que no sean aptos para el compostaje. • Como siguiente paso se lleva a cabo la <i>tritución</i>, que es necesaria antes de que se inicie la fermentación, con el fin de conseguir una mayor homogeneidad de la materia prima y proporcionar así una superficie óptima para el inicio de un proceso de degradación biológica. • El <i>tratamiento de fermentación</i> es la fase más importante para obtener un compost de calidad. En el caso de la fermentación natural al aire libre, después de su tritución los residuos se depositan en una zona para su fermentación, allí se voltean periódicamente para facilitar su aireación y la actividad microbiana. La distribución más habitual es en hileras o andenes con una altura de entre 1.7 y 2 metros (m) y un ancho de entre 2.7 y 3 m. • La <i>fermentación acelerada</i> se realiza en instalaciones especiales en las que se controlan los factores que influyen en el proceso, de tal forma que se provoca una aceleración del ciclo de descomposición. El paso clave es lograr la máxima aireación de la masa de residuos.
Recuperación de aceites usados	Se realiza a través de procesos de transformación química y física, mediante los cuales los aceites usados pueden constituirse, de manera total o parcial, en insumos, materiales o recursos de otros procesos posteriores. Algunos procesos pueden ser: • El <i>reprocesado</i>: es la utilización de aceites industrializados en sistemas hidráulicos, los cuales pasan por un sistema de limpieza para prolongar su vida útil. • El <i>refinado</i>: tiene por objetivo la obtención de aceites de base para utilizarlos en la producción de nuevos aceites. Los productos secundarios resultantes se destinan a otras aplicaciones. • La <i>destilación</i>: es el proceso mediante el cual se elimina el agua del aceite y se obtienen combustibles alternativos para su posterior utilización energética en hornos.
Recuperación de aparatos eléctricos y electrónicos	En este proceso se efectúa el acondicionamiento que consiste en cualquiera de estas actividades: segregación, almacenamiento, limpieza, tritución o molido, compactación física, empaque o embalaje, procesos o métodos de tratamiento, entre otros que establezca el Minam para el desmantelamiento/desensamblaje según el “<i>Régimen Especial de Gestión y Manejo de RAAE</i>”³.

Valorización energética

Coprocesamiento

- La generación de energía comprende la utilización de residuos sólidos en los procesos de fabricación con el propósito de recuperar energía de los recursos y, en consecuencia, reducir el uso de combustibles y materias primas convencionales mediante su sustitución.
- Con su desarrollo se eliminan residuos sólidos a través de procesos de combustión completa, y se minimiza la cantidad de residuos sólidos que se encaminan al destino final. Reduce la explotación de recursos naturales al sustituir combustibles por residuos sólidos y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.

Biogás

- Deshidratación: etapa necesaria para evitar la corrosión de los equipos o instrumentos.
- Enriquecimiento: fase de eliminación de parte del dióxido de carbono (CO_2) y del vapor de agua para conseguir una mayor proporción de metano en la mezcla.
- Compresión: consiste en suministrar al biogás la presión necesaria para que pueda almacenarse en un gasómetro.

Biochar

- En la etapa inicial, se produce la eliminación de agua (humedad de la biomasa) y una cierta volatilización de compuestos.
- En la etapa intermedia, se produce el biocarbón primario; este se origina tras una rápida volatilización de compuestos orgánicos, con la consiguiente generación de gases.
- En la etapa final, el biocarbón primario se descompone lentamente, formando sólidos residuales con un alto contenido en carbono fijo. Este residuo se reordena, formando el biocarbón secundario (biochar) o residuo final de la transformación térmica.
- Para la obtención de biochar se han desarrollado y se vienen desarrollando una diversidad de enfoques tecnológicos, que van desde hornos en secuencia por lotes (*batch processing*) hasta hornos rotativos continuos.

2.1.3. Actividades e impacto ambiental producido

En la tabla 3 se presentan de manera enunciativa las actividades y el impacto ambiental que se generan en una infraestructura de valorización de residuos sólidos de acuerdo a sus diferentes etapas y componentes.

Tabla 3. Infraestructura de valorización de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente

Etapa de construcción		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico, patio de maniobras y descarga, área de segregación, almacenes para residuos a valorizar, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados, almacenes de residuos valorizados, área de higienización de unidades vehiculares, instalaciones complementarias	Excavación y nivelación	Emisión de gases, partículas y ruido, y generación de residuos sólidos y aguas residuales
	Obras civiles	
	Operación de maquinaria y equipos	
Área de segregación, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados	Movilización de maquinaria y equipos	
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos	
Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico	Brindar seguridad y restringir el acceso a la infraestructura de valorización	Modificación del paisaje local
Patio de maniobra y descarga	Maniobra y operación de vehículos y descarga de residuos sólidos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; y, generación de residuos sólidos
Laboratorio	Realizar pruebas físicas de control de calidad en las diferentes fases del proceso de valorización	Emisión de gases, generación de residuos sólidos peligrosos y de aguas residuales
Área de segregación de residuos sólidos	Segregación manual de residuos sólidos	Emisión de partículas y ruido; y generación de residuos sólidos
	Segregación mecánica de residuos sólidos	

Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Almacenes para residuos sólidos	Almacenamiento de los residuos sólidos que serán valorizados	Emisión de partículas y ruido; y generación de residuos sólidos, de olores ofensivos, emisión de gases
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	Limpieza y lavado de residuos sólidos inorgánicos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; y generación de residuos sólidos
	Triturado, picado y molido de residuos sólidos	
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	Compactación física, prensado, empaque o embalaje de residuos sólidos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; y generación de residuos sólidos
Área de desmantelamiento y desensamblaje de RAEE	Descontaminación, desmantelamiento/desensamblaje, reacondicionamiento, trituración y recuperación de RAEE	Emisión de gases, partículas y ruido; y generación de residuos sólidos
Área de recuperación de aceites usados	Descarga de residuos oleosos	Emisión de gases, partículas y ruido, potenciales fugas y derrames al suelo; y generación de residuos sólidos
	Almacenamiento residuos oleosos	Emisión de gases, potenciales fugas y derrames al suelo; y generación de residuos sólidos
	Cribado, destilación, purificación, fraccionamiento	Emisión de gases, partículas y ruido, potenciales fugas y derrames al suelo; y generación de residuos sólidos
Área de compostaje	Pesaje de residuos orgánicos	Emisión de partículas, ruido, emisión de gases y olores ofensivos; y generación de residuos sólidos y lixiviados
	Formación de la cama de compost	Emisión de partículas, gases y olores ofensivos; y generación de residuos sólidos y lixiviados
	Volteo periódico de las camas de compost	Emisión de gases, partículas, ruido y olores ofensivos; y generación de residuos sólidos y lixiviados
	Tamizado de compost	Emisión de gases, partículas y olores ofensivos; y, generación de residuos sólidos

Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Almacenes de residuos valorizados	Almacenamiento de los residuos valorizados para su comercialización	Emisión de partículas y ruido; y, generación de residuos sólidos
Área de higienización de unidades vehiculares	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones, potenciales fugas y derrames al suelo, generación de residuos sólidos y vertido de aguas residuales
PTAR domésticas	Tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en los servicios higiénicos de la infraestructura	Generación de residuos semisólidos (lodos) y aguas residuales; así como olores ofensivos y proliferación de vectores
PTAR industriales o de proceso	Tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en los procesos de valorización de residuos sólidos	Generación de residuos semisólidos (lodos) y aguas residuales; así como olores ofensivos y proliferación de vectores
Almacén central de residuos sólidos generados	Almacenamiento temporal de residuos sólidos para su posterior tratamiento y/o disposición final	Emisión de gases, partículas; y generación de residuos sólidos
Etapa de cierre		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico, patio de maniobras y descarga, área de segregación, almacenes para residuos a valorizar, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados, almacenes de residuos valorizados, área de higienización de unidades vehiculares, instalaciones complementarias	Demolición de estructuras	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones, y generación de residuos sólidos y aguas residuales
	Retiro, limpieza y transporte de residuos	
Área de segregación, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados	Desmantelamiento y desmontaje de maquinaria y equipos	
	Movilización de maquinaria y equipos	

2.2. Planta de transferencia de residuos sólidos

Las operaciones de transferencia de residuos sólidos son importantes cuando las distancias a las zonas de disposición final son mayores a 15 o 20 kilómetros (km), lo cual ocasiona un incremento de costos y tiempo, generando la necesidad de transferir los residuos recolectados en plantas especialmente preparadas para este fin.

La referida planta de transferencia es aquella instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos de los camiones o contenedores de recolección (vehículos de menor capacidad), para luego continuar con su transporte en camiones madrina (unidades de mayor capacidad), lo cual permite la integración de un sistema de recolección con otro.

2.2.1. Componentes técnicos

Los componentes técnicos principales de las plantas de transferencia se presentan enunciados en la tabla 4:

Tabla 4. Planta de transferencia de residuos sólidos: componentes y requisitos

Componente de la unidad fiscalizable	Descripción
Cerco perimétrico	Construir cerco perimétrico de material noble
Patio de maniobras	Contar con áreas para recepción y maniobra de vehículos
Área de descarga y carga	Contar con áreas para operación de vehículos que no perturben las actividades operativas
Área de pesaje (balanza)	El piso y las paredes de la superficie de contacto con los residuos deben estar impermeabilizados
Área de lavado e higienización de unidades vehiculares	Contar con piso impermeabilizado y canaletas internas con rejilla para evacuación de aguas residuales
Almacén de residuos sólidos generados	Debe estar cercado con malla, tener piso impermeabilizado, muro de contención y señalética
PTAR domésticas	Según las especificaciones que indique el IGA
PTAR domésticas	Según las especificaciones que indique el IGA
Instalaciones complementarias	Según las especificaciones que indique el IGA

2.2.2. Tecnologías y procesos

Los procesos utilizados en las operaciones de la planta de transferencia de residuos sólidos, son descritos conforme el detalle de la tabla 5:

Tabla 5. Planta de transferencia de residuos sólidos: procesos

Proceso	Descripción
Descarga directa de los residuos sólidos municipales	Las unidades de recolección se registran y pesan para luego dirigirse a las rampas de acceso al patio de manio- bras. En dichas rampas se ubican las líneas de servicio, las cua- les facilitan la descarga de residuos hacia la tolva. Para- lelamente, las unidades vehiculares de mayor capacidad se estacionan en la zona de carga en la que se vierten los residuos, colocando sobre ellas una lona que cubre los re- siduos sólidos para que no se dispersen durante el trans- porte a la infraestructura de disposición final.
Descarga indirecta mediante transbordo, registro, pesaje y descarga de los residuos sólidos municipales	El transbordo de residuos sólidos municipales de las uni- dades vehiculares para recolección se realiza en una fosa de almacenamiento o sobre una plataforma de la que, posteriormente, los residuos se cargan en las unidades vehiculares de mayor capacidad con el uso de maquinaria auxiliar. En la fosa, los residuos sólidos se remueven a las cajas de transferencia mediante el uso de grúas de almeja, carga- dores frontales o tractores de hoja topadora. Finalmente, las cajas de transferencia las mueve un montacargas a la zona de carga y se enganchan a las unidades vehiculares de mayor capacidad para su transporte a la infraestruc- tura de disposición final.





2.2.3. Actividades e impacto ambiental producido

Las actividades y el impacto ambiental que se genera en una planta de transferencia de residuos sólidos en sus diferentes etapas y componentes, son descritos conforme el contenido señalado en la tabla 6.

Tabla 6. Planta de transferencia de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente

Etapa de construcción			
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental	
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, instalaciones complementarias	Movilización de maquinaria y equipos	Emisión de gases y material particulado, ruido y vibraciones, generación de residuos sólidos y aguas residuales; así como modificación del paisaje urbano o rural (de corresponder)	
	Excavación y nivelación		
	Obras civiles		
	Operación de maquinaria e instalación de equipos		
Etapa de operación			
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental	
Cerco perimétrico	Mantenimiento del cerco perimétrico	Generación de residuos sólidos peligrosos y emisión de ruido	
Patio de maniobras	Maniobra y operación de vehículos	Emisión de gases y material particulado, vibraciones y ruido; así como generación de residuos sólidos peligrosos	

Área de descarga y carga de residuos sólidos	Descarga de residuos sólidos a la tolva	Emisión de gases, material particulado y ruido; así como generación de residuos sólidos
	Carga de residuos sólidos a una unidad vehicular de mayor capacidad	
Balanza	Registro del peso de los residuos que ingresan a la infraestructura	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
Área de lavado e higienización de unidades vehiculares	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	Vertido de aguas residuales; así como potenciales fugas y derrames al suelo
Almacén de residuos sólidos generados	Almacenamiento temporal de residuos sólidos para su posterior tratamiento y/o disposición final	Emisión de material particulado y ruido, gases y olores ofensivos; así como generación de residuos sólidos
PTAR domésticas	Tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en los servicios higiénicos de la infraestructura	Generación de residuos semisólidos (lodos) y aguas residuales domésticas y olores ofensivos; así como proliferación de vectores y vertimientos
PTAR industriales	Tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en los procesos de limpieza y lavado de unidades vehiculares	Generación de residuos semisólidos (lodos), aguas residuales industriales, gases y olores ofensivos; así como proliferación de vectores y vertimientos
Instalaciones complementarias	Actividades complementarias	Emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones, consumo de agua, energía y combustibles, generación de residuos sólidos; así como vertido de aguas residuales domésticas

Etapa de cierre

Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, planta de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, instalaciones complementarias	Demolición de la infraestructura	Emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones, generación de residuos sólidos peligrosos y residuos similares a los municipales; así como modificación del paisaje local
	Retiro, limpieza y transporte de los residuos de demolición	
	Movilización de maquinaria y equipos	

2.3. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos

Se considera dentro del presente tipo de IRS a los rellenos sanitarios, rellenos de seguridad, rellenos mixtos y las escombreras.

2.3.1. Componentes técnicos

Los componentes de los rellenos sanitarios, de seguridad y escombreras tienen los siguientes componentes técnicos:

Rellenos sanitarios

- Impermeabilización de la base y de los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados [$K \leq 1 \times 10^{-6}$ centímetros (cm) / segundos (s)] y con un espesor mínimo de 0.40 m. (K= coeficiente de impermeabilización).
- Drenes de lixiviado con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de estos.
- Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases.
- Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial.
- Barreras sanitarias, que pueden ser naturales o artificiales, las que contribuyen a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.
- Pozos para el monitoreo de aguas subterráneas (de corresponder).
- Sistema de monitoreo y control de gases y lixiviados.
- Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo.
- Sistemas de pesaje y registro, control de vectores y roedores.
- Instalaciones complementarias; esto es caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuarios.
- Compactación diaria de la celda en capas con un espesor no menor a 0.20 m.
- Cobertura final con material cuyo espesor sea no menor a 0.50 m.



Rellenos de seguridad

- Impermeabilización de la base y de los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados [$K < = 1 \times 10^{-9}$ centímetros (cm) / segundos (s)] para residuos peligrosos) cuyo espesor mínimo será 0.50 m.
- Geomembranas con un espesor no inferior a 2 milímetros (mm).
- Geotextil de protección y filtración.
- Capa de drenaje de lixiviados.
- Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna.
- Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases.
- Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial.
- Barrera sanitaria.
- Pozos de monitoreo de agua subterránea (de corresponder).
- Sistema de monitoreo y control de gases y lixiviados.
- Señalización y letreros de información.
- Sistemas de pesaje y registro, control de vectores y roedores.
- Instalaciones complementarias; esto es caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuarios.
- Contar con laboratorio dentro de las instalaciones.

Escombreras

- Celdas o área para disposición final de residuos de la construcción y demolición.
- Taludes para asegurar su estabilidad e impermeabilización.
- Obras de drenaje, a fin de evitar escurrimientos, de ser el caso.
- Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial, de ser el caso.
- Bermas de seguridad.
- Barreras sanitarias, naturales o artificiales.
- Señalización y letreros de información.
- Sistema de pesaje y registro.
- Instalaciones complementarias tales como caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuario.





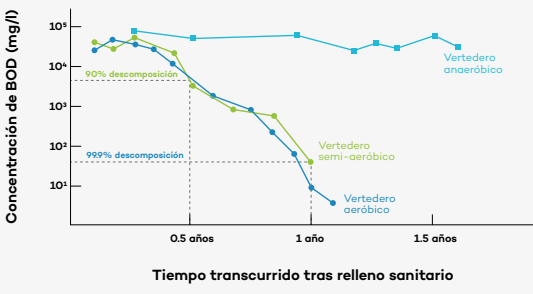
2.3.2. Tecnologías y procesos

A continuación, se detallan las tecnologías y se describen los procesos utilizados actualmente en la infraestructura de disposición final, de acuerdo con su tipo, conforme al contenido de la tabla 7.

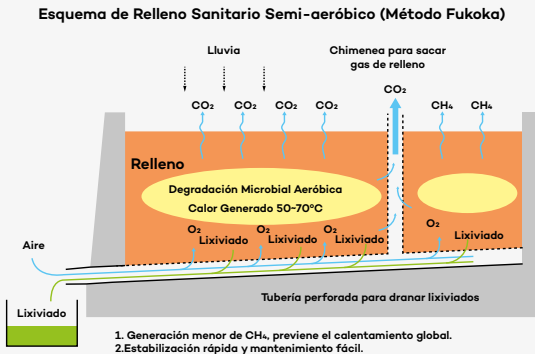
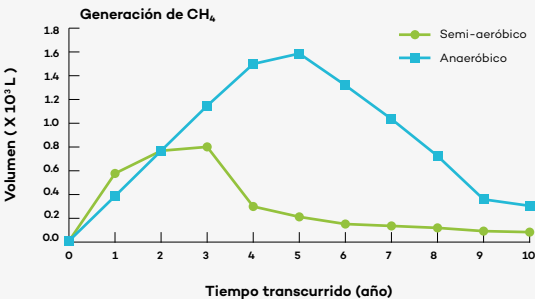
Tabla 7. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: procesos

Fase	Tecnología	Proceso	Descripción
Lixiviados	Recirculación	• Captación • Distribución homogénea	La recirculación de los lixiviados al relleno sanitario solo debe hacerse en lugares secos o de poca lluvia y alta evaporación por efectos de la temperatura ambiente, de lo contrario las consecuencias pueden llegar a ser irreversibles, afectando la estabilidad del relleno y aumentando la generación de gases.
	Evaporación	• Vaporización del gas • Post quemado de gas • Precipitados incrustados en el sistema • Arrastre de COV	La energía generada con el biogás del relleno sanitario se utiliza para evaporar el lixiviado por calentamiento. Dependiendo del tipo de lixiviado, en algunos casos existe la necesidad de hacer un post quemado de la mezcla gas-vapor de agua que sale del evaporador para lograr la destrucción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) que se arrastran durante el proceso de

Fase	Tecnología	Proceso	Descripción
Lixiviados	Evaporación		evaporación, de tal manera que la cantidad requerida de biogás aumenta con respecto a los cálculos termodinámicos normales.
	Tratamiento	• Dilución • Descarga	El lixiviado podría diluirse antes de descargarse para el proceso en la planta de tratamiento y el tiempo de retención del agua residual podría aumentar. Evacuar el lixiviado por la red de alcantarillado o transportarlo en camiones hasta la PTAR.
Gases	Quema en chimenea	• Recepción • Pesado y almacenamiento • Alimentación y dimensionamiento de hornos • Extracción de cenizas y escorias • Refrigeración de gases • Tratamiento de gases de combustión • Transporte de escorias	Método tecnificado en el cual se logra la incineración a altas temperaturas (más de 850 °C) y transformando los residuos sólidos en materiales inertes. Mediante este proceso se consigue una reducción del 70 %; sin embargo, no elimina los residuos, solo los transforma de sólidos a gaseosos y en ceniza, debido a su naturaleza se requiere invertir en un incinerador especial. La chimenea en la que incinera el gas no debe ser más elevada que la celda para evitar que se mezcle el aire ambiental con el gas combustible. Con la incineración controlada del gas puro de relleno se evita también el peligro de explosión que siempre existe cuando se mezcla el metano con la atmósfera. Resulta menos complejo incinerar los gases en una chimenea que se encuentra en una celda ya cerrada, pues está a ras del nivel de la celda, pero es también posible incinerar los gases en una celda en operación; para ello, se debe apagar el fuego en la chimenea y elevarla paralelamente con el crecimiento de la celda.
	Recuperación de biogás	• Contención • Ventilación pasiva • Ventilación activa	El biogás puede captarse utilizando un sistema de recolección, en vez de quemarlo como usualmente se hace. Este proceso se realiza en un periodo determinado de tiempo, el cual dependerá de variables como composición de los desechos, nutrientes, temperatura, acidez (pH), contenido de humedad, cobertura y densidad de compactación.

Fase	Tecnología	Proceso	Descripción
Disposición final ⁴	Rellenos aeróbicos	• Aeróbico	Este proceso se realiza en ambientes completamente aeróbicos y puede alcanzar una eficiencia de casi el 100 % de los gases de CO₂; sin embargo, requiere de equipos mecánicos para facilitar la inyección de aire al interior de las celdas, lo cual incrementa los costos de construcción y operación por la alta demanda de energía.  Concentración de BOD (mg/l) Tiempo transcurrido tras relleno sanitario
Disposición final ⁴	Rellenos anaeróbicos	• Método anaeróbico	La descomposición de los residuos sólidos por los microorganismos se da en ausencia de oxígeno, cuyo proceso de fermentación microbiana transforma la materia orgánica en ácidos orgánicos volátiles, que luego se convierten en gas metano o CO₂; además, el nitrógeno y el azufre se transforman en amoníaco, amina sulfuro de hidrógeno y mercaptano, que emiten olores fétidos. Los rellenos sanitarios por el método anaeróbico se diferencian por los siguientes alcances: • Las tuberías de los drenes de lixiviados tienen un diámetro pequeño (entre 6" y 8"). • Las tuberías de los drenes de lixiviados y los drenes verticales para gases no necesariamente están interconectados. • La salida de la tubería de descarga de lixiviados se encuentra sumergida en la poza de lixiviados. • Los drenajes verticales terminan en quemadores. • El material de cobertura es preferentemente suelo arcilloso de muy baja permeabilidad.

Fase	Tecnología	Proceso	Descripción
Disposición final ⁴	Rellenos anaeróbicos	• Método anaeróbico	• La mayor concentración del gas producido es el metano. • El lixiviado presenta altos niveles de demanda de oxígeno. La descomposición comienza gradualmente y su pico ocurre alrededor de cinco años después, luego la descomposición converge gradualmente. Su principal ventaja es la posibilidad de generar energía y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), con una mayor eficiencia.
	Relleno semiaeróbico	• Semiaeróbico	Los rellenos sanitarios semiaeróbicos, conocidos también como rellenos por el método Fukuoka, permiten la descomposición de los residuos por microorganismos con presencia de oxígeno, cuyo proceso de fermentación transforma el carbono de la materia orgánica en CO₂, el nitrógeno hacia la nitrificación y desnitrificación y el azufre a iones de azufre que reducen la generación de malos olores y gas inflamable. El ambiente aeróbico aumenta la actividad de microorganismos que descomponen residuos, lo que acelera la estabilización en periodos no mayores a 3 años, y genera una caída rápida de la carga de DBO en los lixiviados. Los rellenos sanitarios por este método se diferencian por los siguientes aspectos: • Las tuberías de los drenes de lixiviados tienen un diámetro considerable, mayor a 0.45 m. • Las tuberías de los drenes de lixiviados y los drenes verticales para gases se encuentran interconectados para facilitar el ingreso de aire frío y caliente por diferencia de densidades. • La salida de la tubería de descarga de lixiviados se encuentra por encima del nivel máximo de almacenamiento de la poza de lixiviados. • Los drenajes verticales terminan en quemadores. • El material de cobertura es preferentemente suelo permeable para facilitar la

Fase	Tecnología	Proceso	Descripción																																				
Disposición final ⁴	Relleno semiaeróbico	• Semiaeróbico	inyección de aire. • La mayor concentración del gas producido es el CO₂. • El lixiviado presenta altos niveles de demanda de oxígeno.																																				
			Esquema de Relleno Sanitario Semi-aeróbico (Método Fukoka)  1. Generación menor de CH₄, previene el calentamiento global. 2. Estabilización rápida y mantenimiento fácil.																																				
			La disposición se inicia en la fase temprana después de la disposición final y el pico de descomposición ocurre tres años después. Luego de cinco años la descomposición converge gradualmente.																																				
			Generación de CH₄  <table><caption>Datos estimados del gráfico de Generación de CH₄</caption><thead><tr><th>Tiempo transcurrido (año)</th><th>Semi-aeróbico (Volumen X 10³ L)</th><th>Anaeróbico (Volumen X 10³ L)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>1</td><td>0.5</td><td>0.4</td></tr><tr><td>2</td><td>0.7</td><td>0.7</td></tr><tr><td>3</td><td>0.8</td><td>1.1</td></tr><tr><td>4</td><td>0.3</td><td>1.5</td></tr><tr><td>5</td><td>0.2</td><td>1.6</td></tr><tr><td>6</td><td>0.1</td><td>1.3</td></tr><tr><td>7</td><td>0.1</td><td>1.0</td></tr><tr><td>8</td><td>0.1</td><td>0.7</td></tr><tr><td>9</td><td>0.1</td><td>0.4</td></tr><tr><td>10</td><td>0.1</td><td>0.3</td></tr></tbody></table>	Tiempo transcurrido (año)	Semi-aeróbico (Volumen X 10 ³ L)	Anaeróbico (Volumen X 10 ³ L)	0	0.0	0.0	1	0.5	0.4	2	0.7	0.7	3	0.8	1.1	4	0.3	1.5	5	0.2	1.6	6	0.1	1.3	7	0.1	1.0	8	0.1	0.7	9	0.1	0.4	10	0.1	0.3
Tiempo transcurrido (año)	Semi-aeróbico (Volumen X 10 ³ L)	Anaeróbico (Volumen X 10 ³ L)																																					
0	0.0	0.0																																					
1	0.5	0.4																																					
2	0.7	0.7																																					
3	0.8	1.1																																					
4	0.3	1.5																																					
5	0.2	1.6																																					
6	0.1	1.3																																					
7	0.1	1.0																																					
8	0.1	0.7																																					
9	0.1	0.4																																					
10	0.1	0.3																																					

2.3.3. Actividades e impacto ambiental producido

A continuación, se describen de manera enunciativa las actividades y el impacto ambiental que se genera en la infraestructura de disposición final de residuos sólidos en sus diferentes etapas y componentes, conforme el detalle de la tabla 8.

Tabla 8. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente

Etapa de construcción		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Barrera sanitaria	Excavación y nivelación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas y ruido; así como generación de residuos sólidos
	Instalación de barrera sanitaria	
	Operación de maquinaria y equipos	
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Excavación y nivelación	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Cortes y terraplenes	
	Obras civiles	
	Movilización de maquinaria y equipos	
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos	
	Operación de maquinaria y equipos	
Celda de disposición final de residuos sólidos	Acarreo de material	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Cortes y excavación	
	Nivelación y compactación	
	Impermeabilización de base y taludes	
	Operación de maquinaria y equipos	
Drenes para evacuación y control de gases	Acarreo de material	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Instalación de drenes para evacuación y control de gases	
Drenes para lixiviados	Excavación y nivelación	Emisión de gases, partículas y ruido; así como generación de residuos sólidos
	Instalación de drenes para captación y conducción de lixiviados	

Etapa de construcción		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	Excavación y nivelación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas y ruido; así como generación de residuos sólidos
	Impermeabilización	
Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	Excavación y nivelación	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Obras de drenaje y subdrenaje	
	Operación de maquinaria y equipos	
Canteras de material de cobertura	Cortes y excavación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Explotación de canteras de material de cobertura	
	Operación de maquinaria y equipos	
Balanza, tanque séptico, área de lavado de vehículos, PTAR, patio de maniobras y laboratorio	Excavación y nivelación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas y ruido; así como generación de residuos sólidos
	Cortes y terraplenes	
	Operación de maquinaria y equipos	
	Acarreo de material	
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Excavación y nivelación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Operación de maquinaria y equipos	
	Acarreo de material	
	Obras civiles	



Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Barrera sanitaria	Mantenimiento de la barrera sanitaria	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
Balanza	Recepción, pesaje y registro de los residuos sólidos que ingresan a la infraestructura de disposición final	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Solidificación	Emisión de gases, olores ofensivos, partículas, inmisio- nes, ruido y vibraciones, ver- tido de aguas residuales, ge- neración de residuos sólidos, y potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
	Neutralización	
	Estabilización	
	Incineración	
	Pirolisis	
	Esterilización por autoclave	
	Pretratamiento	
Celda de disposición final de residuos sólidos	Descarga de residuos sólidos	Emisión de gases, partícu- las, ruido, vibraciones y olores ofensivos; así como prolifera- ción de vectores y roedores
	Nivelación y compactación diaria de residuos sólidos	
Celda de disposición final de residuos sólidos	Ejecución de la cobertura diaria de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones
	Compactación diaria de los residuos sólidos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones
	Confinamiento de residuos sólidos	Generación de lixiviados y emisión de gases
Drenes para evacuación y control de gases	Instalación de drenes para evacuación y control de gases	Generación de residuos; así como emisión de gases y par- tículas
	Instalación de chimeneas y/o quemadores en los drenes para evacuación y control de gases	
	Quemado de gases	Inmisiones
	Mantenimiento de drenes para evacuación y control de gases	Generación de residuos; así como emisión de gases
Drenes para lixiviados	Captación y conducción de lixiviados	Fugas y derrames a cuerpos de agua y al suelo
	Mantenimiento de los drenes para conducción de lixiviados	Generación de residuos y emisión de gases

Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	Almacenamiento de lixiviados	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Tratamiento de lixiviados	
	Recirculación de lixiviados	
Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	Evacuación de aguas de lluvia	Generación de residuos y vertimientos
	Mantenimiento de canales	
Canteras de material de cobertura	Explotación de canteras de material de cobertura	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones, modificación del paisaje local
	Acarreo de material	
	Operación de maquinaria y equipos	
Tanque séptico	Tratamiento de aguas residuales domésticas	Vertimientos, gases y olores ofensivos
Área de lavado de vehículos	Limpieza y lavado de vehículos	Vertido de aguas residuales y potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
PTAR industriales	Tratamiento de aguas residuales industriales	Vertido de aguas residuales y potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
Patio de maniobras	Maniobras de vehículos	Emisión de gases y partículas, ruido y vibraciones
Laboratorio	Análisis de residuos sólidos previo a su tratamiento y/o disposición final	Emisión de gases, generación de residuos sólidos; así como vertimiento de aguas residuales
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Actividades complementarias	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones, generación de residuos sólidos; así como vertimientos de aguas residuales domésticas

Etapa de cierre		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Desmontaje de maquinaria y equipos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Movilización de maquinaria y equipos	
	Demolición de estructuras	
Celda de disposición final de residuos sólidos	Conformación del diseño final de la celda	Modificación del paisaje local, emisión de gases, olores ofensivos, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Instalación de la cobertura final	
	Mantenimiento de la celda	
Drenes para evacuación y control de gases	Realizar el mantenimiento de drenes para evacuación y control de gases	Generación de residuos y emisión de gases
Drenes para lixiviados	Captación y conducción de lixiviados	Fugas y derrames a cuerpos de agua y al suelo
	Realizar el mantenimiento de los drenes para conducción de lixiviados	Generación de residuos y emisión de gases
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	Almacenamiento de lixiviados	Emisión de gases, inmisiones, ruido y olores ofensivos, proliferación de vectores, y potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
	Tratamiento de lixiviados	
	Recirculación de lixiviados	
Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	Evacuación de aguas de lluvia	Generación de residuos
	Mantenimiento de canales	
Canteras de material de cobertura	Cierre de las canteras de material de cobertura	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
Balanza, tanque séptico, área de lavado de vehículos, PTAR, patio de maniobras y laboratorio	Desmontaje de maquinaria y equipos	Emisión de gases, partículas, ruidos y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Movilización de maquinaria y equipos	
	Demolición de estructuras	
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Desmontaje de maquinaria y equipos	Modificación del paisaje local, emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Movilización de maquinaria y equipos	
	Demolición de estructuras	



2.4. Planta de tratamiento de residuos sólidos

Los residuos sólidos pueden recibir tratamiento previo al proceso de valorización o disposición final, según corresponda, en plantas diseñadas para ese fin. Una planta de tratamiento es aquella instalación en la que se aplican u operan tecnologías, métodos o técnicas que modifican las características físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos, de manera compatible con requisitos sanitarios, ambientales y de seguridad establecidos, entre otras entidades, por el Ministerio de Salud (Minsa).

2.4.1. Componentes técnicos

A continuación, se describen los componentes principales de la planta de tratamiento.

Zona administrativa de procesamiento:	Lugar por el que los vehículos ingresan a la infraestructura y en el que se toman los datos del conductor, los tipos de residuos que ingresan y se realiza el pesaje en la balanza. Cuenta con oficinas administrativas en las que se realizan las diversas gestiones para la operación de la planta de tratamiento.
Área de recepción de residuos:	Después de su pesaje, los residuos se transportan a esta área en la que se realiza la recepción y descarga; aquí se disponen temporalmente para su adecuada clasificación posterior.
Zona de solidificación:	Lugar donde se realiza la mezcla de los residuos con determinados reactivos, en proporciones ensayadas previamente en laboratorio, con el objeto de obtener una masa sólida de aceptable cohesión estructural y bajo nivel de lixiviación.
Zona de esterilización:	Cámara, conocida como “autoclave”, basada en la utilización de vapor saturado a presión dentro de la cual se someten los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos que están presentes en los residuos.
Zona de incineración:	Instalación en la que, por combustión, se transforma la materia orgánica de los residuos en materiales inertes (cenizas) y gases, lo cual garantiza la eliminación de los agentes patógenos y consigue una reducción física significativa de los residuos, tanto en peso como en volumen.
Zona de neutralización:	Lugar donde se tiene implementado un sistema de lavado de gases, en el que se eliminan los gases ácidos producidos; lo cual permite ajustar el índice de acidez (pH) de una sustancia corrosiva a niveles de neutralidad, según el reactivo y el método de eliminación escogidos.
PTAR:	Instalación especialmente preparada para recepcionar aguas residuales o efluentes que puedan producirse a lo largo de la operación de la infraestructura; así como para realizar los diversos tratamientos y tecnologías sobre las aguas residuales y cumplir con lo establecido en la normativa vigente.
Zona de almacén para residuos peligrosos:	Ambiente cercado, provisto de un techo, con el suelo impermeabilizado, ventilación adecuada para todos los casos y un canal perimétrico que evite el esparcimiento del material si se produjese algún tipo de derrame.
Zona de maestranza:	Lugar donde se realizan actividades de mantenimiento de infraestructura para trabajos de carpintería, gasfitería, vidriería, limpieza, soldadura, pintura y fierro, según sea necesario.

2.4.2. Tecnologías y procesos

A continuación, en la tabla 9 se describen los procesos utilizados en la planta de tratamiento de residuos sólidos.

Tabla 9. Planta de tratamiento de residuos sólidos: procesos

Proceso	Actividad	Descripción
Solidificación	• Recolección • Almacenamiento • Dimensionamiento	Modifica física y químicamente las sustancias contenidas en el residuo; así reducen no solo la movilidad de los contaminantes, sino también la superficie de contacto entre el residuo y las aguas de percolación a través de una doble acción de fijación química y estructural en el interior de una matriz inerte; logrando el nivel inerte que permite reclasificar el residuo, obteniendo un inerte que no esté contaminado ni sea peligroso; y que sea transferible como materia prima segunda o se destine a la próxima fase de eliminación en vertedero o de recupero.
Neutralización	• Descarga de residuos • Neutralización • Homogeneización • Filtración • Depuración de gases	Disminuye o anula la toxicidad de los residuos. La reacción de neutralización debe controlarse de forma estricta con dosificadores de reactivos. Entre los agentes neutralizantes están: • <i>Lechada de cal o hidróxido de calcio</i>: producto químico utilizado en reacciones de neutralización, aunque es muy baja su solubilidad en agua, tiene elevada velocidad de reacción y formación de precipitados (como residuos que contienen ácido sulfúrico). • <i>Carbonato de calcio</i> (calizas, dolomitas, etc.): por tratarse de reactivos de origen natural, contienen otros elementos que provocan la aparición de gran cantidad de lodos. Su utilización se recomienda para neutralizar flujos residuales muy ácidos a través de lechos filtrantes de ese material. • <i>Soda cáustica</i>: agente neutralizante más efectivo para tratar flujos residuales ácidos, aunque el inconveniente es su elevado costo. • <i>Ácido sulfúrico</i>: reactivo más utilizado para la neutralización de flujos residuales alcalinos, por su costo competitivo respecto a otros agentes neutralizantes.

Proceso	Actividad	Descripción
Estabilización	• Recolección de residuos peligrosos • Pretratamiento • Sistema de mezclado/endurecimiento	Reduce la toxicidad de los residuos alterando las formas químicas de sus constituyentes hacia otras menos tóxicas y/o menos solubles. Los residuos se descargan por gravedad en unas fosas, según su naturaleza, para evitar reacciones adversas por incompatibilidad química. Durante esta etapa los residuos se “neutralizan” hasta un pH 8,5-9, puesto que a un pH cercano a 9 los metales pesados que contienen los residuos se precipitan como hidróxidos metálicos insolubles, formándose un lodo espeso en el reactor. Tras la fase de neutralización/precipitación, los lodos se bombean a un tanque de homogeneización intermedio (tanque pulmón) que permite adaptar el régimen de trabajo discontinuo de neutralización con la fase posterior de filtración. Cuando el tanque pulmón está lleno, los lodos se bombean hacia un filtro prensa. La instalación cuenta con dos lavadores de gases conectados a los tanques de almacenamiento y a los reactores, para evitar emisiones ácidas a la atmósfera.
Incineración	• Combustión de los residuos	Oxidación química en la que los residuos se queman bajo condiciones controladas para oxidar el carbón y el hidrógeno que contiene, se destruye así cualquier material con contenido de carbón, incluidos los patógenos. Los gases de combustión se ventean a través de una chimenea, mientras que los residuos convertidos en cenizas se remueven periódicamente para su disposición final en el relleno sanitario. Entre sus ventajas se encuentran: • La reducción de entre 80 % y 90 % del volumen original de los residuos combustibles. • La total eliminación de los microorganismos, dadas las elevadas temperaturas de combustión y los tiempos de residencia establecidos. • Las condiciones climáticas no afectan el proceso; por lo que puede localizarse dentro de zona urbana y, dependiendo de los residuos, es posible la recuperación de energía.

Proceso	Actividad	Descripción
Pirólisis	• Proceso térmico • Recombinación	Procesamiento térmico de los residuos sólidos orgánicos en ausencia completa de oxígeno, que requiere de una fuente externa de combustible para efectuar el proceso; es decir, los residuos sólidos orgánicos se descomponen por acción del calor sin que entren en combustión. Se tiene como subproductos del proceso gases, líquidos y sólidos con alto potencial energético. Desde el punto comparativo de los procesos térmicos, la pirólisis puede constituirse como un proceso intermedio en relación a la incineración, debido a las temperaturas promedio a las que se realiza, entre 600°C y 900°C. Puede aplicarse en el procesamiento de residuos sólidos con mayor porcentaje de materiales orgánicos. Entre sus ventajas se encuentran: • Puede procesar todo tipo de material orgánico. • Genera subproductos que pueden ser una fuente de energía, con un bajo nivel de emisiones gaseosas y partículas. • Disminución del volumen de los residuos sólidos, en promedio del 80%; sin embargo, estos porcentajes siempre serán menores comparados a la incineración de residuos. • La pirólisis de polietileno tereftalato (PET) y neumáticos puede producir diésel.
Esterilización por autoclave	• Almacenamiento • Transporte • Almacenamiento intermedio • Tratamiento • Almacenamiento final • Recolección • Disposición final	Proceso que utiliza vapor saturado a presión en una cámara, conocida como autoclave o retorta, dentro de la cual se someten los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos que están presentes en ellos. Es el más conocido, la esterilización se realiza mediante vapor y se caracteriza por tener una chaqueta de vapor que rodea la cámara de presión (cámara de esterilización), la cual se abastece con vapor después de cargar los residuos biocontaminados. Cargada y cerrada la autoclave, se le hace ingresar vapor a la cámara de esterilización.

2.4.3. Actividades e impacto ambiental producido

A continuación, en la tabla 10 se describen de manera enunciativa las actividades y el impacto ambiental que se generan en la planta de tratamiento de residuos sólidos en sus diferentes etapas y componentes.

Tabla 10. Planta de tratamiento de residuos sólidos: actividades e impacto ambiental, por etapa y componente

Etapa de construcción		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, PTAR, almacén de residuos tratados e instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Excavación y nivelación	Modificación del paisaje local, emisión de gases, olores ofensivos, partículas, ruido y vibraciones; así como generación de residuos sólidos
	Cortes y terraplenes	
	Obras civiles	
	Movilización de maquinaria y equipos	
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos	
	Operación de maquinaria y equipos	
	Acarreo de material	
Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico	Brindar seguridad y restringir el acceso a la infraestructura de valorización	Modificación del paisaje local
Patio de maniobras	Maniobras de vehículos	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones
Almacén de residuos peligrosos para tratamiento	Almacenamiento de residuos sólidos peligrosos para tratamiento	Emisión de gases, vertido de aguas residuales, generación de residuos sólidos, potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
Área de tratamiento de residuos peligrosos	Incineración	Emisión de gases, olores ofensivos, partículas, inmisio- nes, ruidos y vibraciones, ver- tido de aguas residuales, ge- neración de residuos sólidos, potenciales fugas; así como derrames a cuerpos de agua y al suelo
	Pirólisis	
	Esterilización por autoclave	

Etapa de operación		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Almacén de residuos tratados	Almacenamiento de residuos sólidos tratados	Generación de residuos sólidos
PTAR Industriales	Tratamiento de aguas residuales industriales	Vertido de aguas residuales, potenciales fugas; olores ofensivos; así como, derrames a cuerpos de agua y al suelo
Tanque séptico	Tratamiento de aguas residuales domésticas	Vertimientos
Área de lavado de vehículos	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	Vertido de aguas residuales, olores ofensivos, potenciales fugas y derrames a cuerpos de agua y al suelo
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Actividades complementarias	Emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones, generación de residuos sólidos; así como, vertido de aguas residuales domésticas y modificación del paisaje local
Etapa de cierre		
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Impacto ambiental
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, PTAR, almacén de residuos tratados e instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Demolición de la infraestructura	Emisiones atmosféricas (gases y partículas) y de ruido y vibraciones, generación de residuos sólidos peligrosos y residuos similares a los municipales; así como, modificación del paisaje
	Retiro, limpieza y transporte de residuos de demolición	
	Movilización de maquinaria y equipos	



2.4.4 Límites máximos permisibles referenciales

En las plantas de tratamiento se pueden emplear dos normas internacionales referenciales de medición de los LMP para el control de emisiones y efluentes que se indican a continuación:

1) Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental, incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

Se aplica a aquellas instalaciones destinadas a la incineración de residuos, excepto hornos crematorios, industriales y calderas que utilicen residuos como combustible alternativo. Establece LMP para monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCl), óxidos de nitrógeno (NOX), dióxido de azufre (SO₂) y diversos metales, cuyas concentraciones expresan en miligramos por metro cúbico (mg/m³) o nanogramos por metro cúbico (ng/m³), tal como se muestra a continuación:

Tabla 11. Instalaciones de incineración de residuos: LMP de emisiones en la Norma Oficial Mexicana

Contaminante	Límite de emisión	Frecuencia de medición	Norma que aplica o el método
CO (mg/m ³)	63	Continuo	Infrarrojo no dispersivo y celda electroquímica (Anexo 1)
HCl (mg/m ³)	15	Trimestral	NMX-AA-070-1980
NOx (mg/m ³)	300	Semestral	Quimiluminiscencia (Anexo 2)
SO ₂ (mg/m ³)	80	Semestral	NMX-AA-55-1979
Partículas (mg/m ³)	50	Semestral	NMX-AA-10-SCFI-2001
Arsénico (mg/m ³) Selenio (mg/m ³) Cobalto (mg/m ³) Níquel (mg/m ³) Manganeso (mg/m ³) Estaño (mg/m ³)	0,7*	Semestral	Espectrometría de absorción atómica (anexos 3 y 4)
Cadmio (mg/m ³)	0,07	Semestral	Espectrometría de absorción atómica (anexos 3 y 4)
Plomo (mg/m ³) Cromo total (mg/m ³) Cobre (mg/m ³) Zinc (mg/m ³)	0,7*	Semestral	Espectrometría de absorción atómica (anexos 3 y 4)
Mercurio (mg/m ³)	0,07	Semestral	Espectrometría de absorción atómica con vapor de frío (anexos 3 y 4)
Dioxinas y furanos (ng/m ³) Instalaciones de incineración nuevas	0,2	Anual	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (Anexo 5A)
Dioxinas y furanos (ng/m ³) Instalaciones de incineración existentes antes de la publicación de la norma	0,5	Anual	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de baja resolución (Anexo 5B)

2) Norma oficial de Colombia sobre Límites Máximos Permisibles en los Aceites Lubricantes Usados, Resolución 1446 de 2005, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Establece que el aceite usado tratado en calderas y hornos de tipo industrial o comercial se podrá emplear, mezclado con otros combustibles, teniendo en cuenta los porcentajes y los límites máximos de contaminantes expresados en partes por millón (ppm), tal como se describe a continuación:

Tabla 12. Aceites usados tratados: porcentajes para mezcla y límites máximos permisibles de contaminantes en la Norma Oficial de Colombia

Contaminante	Máxima concentración de contaminante (ppm)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
	Para mezcla hasta del 40 %	Para mezcla hasta del 80 %
Bifenilos policlorados (PCB)	15	5
Halógenos orgánicos totales (como HCl)	640	400
Halógenos totales (como HCl)	800	500
Cadmio	2	1
Cromo	8	3
Plomo	50	10
Arsénico	2	1
Níquel	1,5	1
Zinc	120	60
Estaño	5	3
Bario	3	1
Punto de chispa °F (valor mínimo)	>170	>170



III. SUPERVISIÓN A LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS

La acción de la supervisión de la IRS debe entenderse como el proceso que comprende, desde sus aspectos generales hasta la identificación de los impactos sobre el ambiente y la salud; así como, las medidas de control y mitigación, restauración y compensación de esos impactos, recolectando toda información y hechos detectados en el Acta de supervisión, de cada uno de los tipos de IRS.

3.1. Aspectos generales de la acción de supervisión

3.1.1. Requerimientos operativos previos de la acción de supervisión

Para las acciones de supervisión en IRS, sin perjuicio de lo señalado en el Manual de Procedimientos Supervisión Ambiental (en adelante, el **MAPRO Supervisión**), se debe contemplar mínimamente los siguientes requerimientos:

3.1.1.1. Requerimientos materiales

Materiales, equipamiento, estudios y servicios

A continuación, se muestra la relación de materiales, equipamiento, estudios y servicios para el desarrollo de la acción de supervisión en los cuatro tipos de IRS, por etapas.

Tabla 13. Supervisión en IRS: requerimientos para su ejecución, por etapa

Requerimiento	Etapas		
	Construcción	Operación y mantenimiento	Cierre
Equipamiento de campo	• GPS • Cámara fotográfica y de video • Aeronave no tripulada (RPA) (dron) • Clinómetro digital • Distanciómetro láser	• GPS • Cámara fotográfica y de video • RPA (dron) • Clinómetro digital • Distanciómetro láser	• GPS • Cámara fotográfica y de video • RPA (dron) • Clinómetro digital • Distanciómetro láser

Requerimiento	Etapas		
	Construcción	Operación y mantenimiento	Cierre
Estudios del IGA	• Informes de monitoreo ambiental • Estudio geológico • Prospección geofísica • Estudio topográfico • Estudio hidrológico • Informe de evaluación de riesgos • Tomografía eléctrica • Estudio de mecánica de suelos	• Informes de monitoreo ambiental • Estudio de mecánica de suelos • Prospección geofísica	• Plan de cierre • Informes de monitoreo ambiental
Servicios para la supervisión <i>in situ</i>	• Movilidad • Ejecución de monitoreo ambiental	• Movilidad • Ejecución de monitoreo ambiental • Evaluación ambiental	• Movilidad • Ejecución de monitoreo ambiental • Evaluación ambiental

3.1.1.2. Equipos de protección personal (EPP)

Asimismo, a continuación, se muestra la relación de EPP necesarios para el desarrollo de la acción de supervisión, en los cuatro tipos de IRS.

Tabla 14. Supervisión en IRS: requerimientos de equipos de protección personal, por etapa

Etapas	Equipos de protección personal (EPP)
1. Construcción 2. Operación y mantenimiento 3. Cierre	EPP estándar • Casco de seguridad (certificación ANSI Z89.1) • Lentes de seguridad (certificación ANSI Z87.1) • Zapato o botín de seguridad (Norma EN ISO 20345) • Chaleco de seguridad y ropa de trabajo • Protección auditiva (certificación ANSI S3.19-1974)
	EPP de emergencia sanitaria y ambiental • Respirador con cartuchos para gas y vapor (aprobados por NIOSH) • Mascarilla (certificación EN:2001 + A1:2009) • Tyvek (certificación EN 14325:2004, EN 13034:2005 y EN ISO 13982-2:2004) • Guantes (certificación EN420:2003 + A1:2209) • Accesorios faciales (certificación ANSI Z87.1)

3.1.1.3. Requisitos formales

A continuación, se muestra la relación de requisitos formales necesarios para el supervisor, previos al desarrollo de la acción de supervisión en los cuatro tipos de IRS.

Tabla 15. Supervisión en IRS: requisitos formales necesarios para su ejecución, por etapa

Etapa	Requisitos
1. Construcción 2. Operación y mantenimiento 3. Cierre	• Seguro complementario de trabajo en riesgo (SCTR) • Examen médico ocupacional (EMO) • Documento de identificación: Documento de Identidad Nacional (DNI), credencial (fotocheck) • Carnet de vacunación (hepatitis, tétano, fiebre amarilla, entre otros) • Identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles (IPERC) • Uso de EPP

El cumplimiento de los requerimientos precedentemente descritos permite continuar a la acción de supervisión.



3.2. Identificación de deficiencias en componentes y actividades en infraestructuras de residuos sólidos y posibles afectaciones al ambiente y a la salud

Primero se requiere reconocer las deficiencias más frecuentes en componentes y actividades; luego identificar la presencia de estas deficiencias en los distintos tipos de IRS; en tercer lugar, interpretar su impacto sobre el ambiente y la salud.

3.2.1. Deficiencias en componentes, actividades de las infraestructuras de residuos sólidos y posibles afectaciones al ambiente y a la salud

Todos los tipos de IRS pueden presentar deficiencias en sus componentes y actividades, en las diferentes etapas, lo que generaría distintas afectaciones al ambiente y a la salud. Una vez conocidas las deficiencias más frecuentes en las actividades de las IRS por etapas y componentes, en esta sección se exponen las técnicas, los monitoreos ambientales y los estudios que el supervisor debe utilizar para identificar su existencia en cada uno de sus tipos y en sus respectivas etapas, la misma que se aplicará en concordancia con lo establecido en la ficha de procedimiento de ejecución de la acción de supervisión *in situ* del Manual de procedimientos Supervisión Ambiental.

A continuación, se presenta la relación de deficiencias más frecuentes, posibles afectaciones al ambiente y a la salud; y, técnicas, monitoreo ambiental y estudios requeridos en las actividades de las IRS por etapas y componentes.

3.2.1.1. Deficiencias, actividades, técnicas, y estudios en infraestructuras de valorización de residuos sólidos

Tabla 16. Infraestructura de valorización de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas, y estudios, por etapa y componente

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, patio de maniobras y descarga, área de segregación, almacenes para residuos a valorizar, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados, almacenes de residuos valorizados, área de higienización de unidades vehiculares, instalaciones complementarias, área de segregación, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados	Excavación y nivelación	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones o la generación de residuos sólidos	Alteración de la calidad ambiental del aire y del suelo	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	• Verificar si se han implementado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Obras civiles				
	Operación de maquinaria y equipos				
	Movilización de maquinaria y equipos				
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos				
Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico	Mantenimiento del cerco perimétrico	• No cuenta con cerco perimétrico • No construyó en su totalidad el cerco perimétrico o lo hizo parcialmente	Ninguno	Ninguna	Verificar la implementación del cerco en todo el perímetro de la infraestructura, con el material y las dimensiones establecidos en

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico	Mantenimiento del cerco perimétrico	• No cuenta con cerco perimétrico • No construyó en su totalidad el cerco perimétrico o lo hizo parcialmente	Ninguno	Ninguna	el IGA; además, realizar la geo-referenciación de los vértices del perímetro del terreno de la infraestructura
Patio de maniobras y descarga	Maniobras y operación de vehículos y descarga de residuos sólidos	• El patio de maniobras no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA • No se desarrollan las medidas de mitigación para emisión de gases o partículas	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	Verificar que el patio de maniobras se encuentre impermeabilizado; verificar si el área corresponde a las dimensiones descritas en el IGA
Balanza	Registrar el peso de los residuos que ingresan al área de valoración	• No cuenta con balanza para el pesaje de los residuos sólidos a valorizar • La balanza no cuenta con certificado de acreditación vigente ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal) • La balanza no se encuentra operativa • La balanza no cumple con las especificaciones técnicas descritas en el IGA	Ninguno	Ninguna	• Verificar que las especificaciones técnicas de la balanza instalada sean conformes a lo establecido en el IGA • Requerir el registro (físico y/o digital) del ingreso de residuos sólidos a la infraestructura • Verificar que la balanza cuente con certificado de calibración vigente emitido por un laboratorio acreditado ante el Inacal

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Laboratorio	Realizar pruebas físicas de control de calidad en las diferentes fases del proceso de valorización	• El laboratorio no cumple con las características establecidas en el IGA • No instaló el laboratorio • No cuenta con un sistema de ventilación • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua superficial	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	Verificar que se encuentre equipado para realizar las pruebas de ensayo; cuente con ventilación, señalización, paredes y pisos impermeabilizados
	Segregación manual de residuos sólidos	• No cuenta con pisos impermeabilizados • El ambiente no dispone de un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado • No cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	• Alteración del paisaje natural • Alteración del componente suelo	Enfermedades gastrointestinales, riesgo de accidentes	Verificar que el área de segregación cumpla con las especificaciones técnicas definidas en el IGA
Área de segregación de residuos sólidos orgánicos	Segregación mecánica de residuos sólidos	• No cuenta con pisos impermeabilizados • Deficiente sistema de iluminación artificial y/o natural • El ambiente no cuenta con un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado	• Alteración al componente suelo • Emisiones acústicas	Problemas al sistema auditivo y a la visión, riesgo de accidentes	Verificar que el área de segregación cumpla con las especificaciones técnicas definidas en el IGA, y el sistema de transporte de residuos se encuentre operativo y disponga de energía eléctrica

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de segregación de residuos sólidos orgánicos	Segregación mecánica de residuos sólidos	• No cuenta con un sistema mecanizado (faja transportadora) • No cuenta con energía eléctrica • El área no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	• Alteración al componente suelo • Emisiones acústicas	Problemas al sistema auditivo y a la visión, riesgo de accidentes	Verificar que el área de segregación cumpla con las especificaciones técnicas definidas en el IGA, y el sistema de transporte de residuos se encuentre operativo y disponga de energía eléctrica
Almacenes para residuos sólidos	Almacenamiento de los residuos sólidos que serán valorizados	• No cuenta con pisos impermeabilizados • No cuenta con sistema de iluminación artificial • El ambiente no dispone de un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado • No cuenta con un sistema mecanizado (faja transportadora) • No cuenta con energía eléctrica • No cuenta con ambientes diferentes según los residuos a valorizar • El área no cumple con las especificaciones	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, problemas al sistema auditivo y a la visión, riesgo de accidentes	Verificar que cuenten con piso y paredes impermeabilizados y techados, de ser el caso, y con iluminación artificial o natural

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Almacenes para residuos sólidos	Almacenamiento de los residuos sólidos que serán valorizados	nes técnicas que establece el IGA	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, problemas al sistema auditivo y a la visión, riesgo de accidentes	Verificar que cuenten con piso y paredes impermeabilizados y techados, de ser el caso, y con iluminación artificial o natural
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	Limpieza y lavado de residuos sólidos inorgánicos	• No cuenta con pisos impermeabilizados • El ambiente no dispone de un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado • No cuenta con abastecimiento de agua • No cuenta con canaletas y rejillas para la evacuación de aguas residuales • No cuenta con equipos de lavado de residuos inorgánicos según lo descrito en el IGA • No cuenta con energía eléctrica • El área no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	Alteración al componente suelo	Enfermedades respiratorias, a la piel, a la visión, riesgo de accidentes	Verificar que el área cuente con piso y paredes impermeabilizados y techados de ser el caso, canaletas con rejillas para la evacuación de aguas residuales, iluminación artificial o natural, abastecimiento de agua, y que cumpla con las especificaciones técnicas definidas en el IGA

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	Triturado, picado y molido de residuos sólidos	• No cuenta con pisos impermeabilizados • El ambiente no dispone de un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado • No cuenta con equipos para realizar el triturado, picado o molido de residuos • Los equipos para realizar el triturado, picado o molido de residuos no se encuentran operativos y/o no tienen mantenimiento • El área no cumple con las dimensiones que establece el IGA • No cuenta con energía eléctrica	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias y a la piel, riesgo de accidentes	Verificar que los equipos manuales o mecánicos para triturado, picado o molido se encuentren operativos
	Compactación física, prensado, empaque o embalaje, ensacado y/o rotulado de residuos sólidos	• No cuenta con pisos impermeabilizados • El ambiente no dispone de un sistema de ventilación artificial o natural • No se encuentra señalizado • No cuenta con un equipo para realizar la compactación	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, riesgo de accidentes	Verificar que el equipo de compactación física se encuentre operativo y cuente con energía eléctrica

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de acondicionamiento de residuos sólidos	Compactación física, prensado, empaque o embalaje, ensacado y/o rotulado de residuos sólidos	física • El equipo de compactación física se encuentra inoperativo o le falta mantenimiento • El área no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA • No cuenta con energía eléctrica	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, riesgo de accidentes	Verificar que el equipo de compactación física se encuentre operativo y cuente con energía eléctrica
Área de valoración de RAEE	Almacenamiento, descontaminación, desmantelamiento/ desensamblaje, reacondicionamiento, trituración y recuperación	• No cuenta con pisos y paredes impermeabilizados • No se encuentra señalizado • Las áreas de valorización no se encuentran diferenciadas • El área no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	Alteración al componente suelo	Riesgo de accidentes	Verificar que cuente con una zona de descontaminación, desmantelamiento/ desensamblaje, reacondicionamiento, trituración y recuperación, según las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Área de recuperación de aceites usados	Descarga de aceites usados	• Las áreas para descarga y recepción de aceites usados no se encuentran impermeabilizadas • El área no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	Alteración al componente suelo	Riesgo de accidentes	Verificar que cuente con piso y paredes impermeabilizados y techados de ser el caso y canaletas con rejillas; verificar la cantidad, la capacidad y el estado de pozas o tanques de almacena-

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de recuperación de aceites usados	Almacenamiento de aceites usados	- Las pozas o los tanques para la recepción de aceites usados se encuentran deteriorados - Las pozas o los tanques de almacenamiento de aceites usados no cumplen con las especificaciones técnicas que establece el IGA - No cuenta con muros de contención para el caso de derrames	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias	miento y muros de contención; cuantificar reactores y comprobar que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
	Cribado, destilación, purificación, fraccionamiento de aceites usados	- No cuenta con un sistema de cribado - No cumple con cada uno de los procesos de valorización de los aceites usados según lo descrito en su IGA	Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias	
Área de compostaje	Pesaje de residuos	No cuenta con una balanza para el pesaje de residuos	Ninguno	Ninguna	Verificar que la balanza o la báscula se encuentre operativa, cuente con certificación vigente del Inacal y cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de compostaje	Picado de residuos orgánicos	• No cuenta con equipo de picado de residuos • No realiza el mantenimiento del equipo de picado de residuos	Alteración al componente aire	Problemas al sistema auditivo	Identificar y verificar que el área cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA, el número de camas o pilas de compost en proceso y el estado de drenes y pozas de lixiviados; solicitar registro de disposición de los lodos evacuados de la poza de lixiviados
	Conformación de la cama de compost	• El área de las camas de compost no se encuentra impermeabilizada • No cuenta con un sistema de drenes y poza de lixiviados • El área no se encuentra señalizada • No cumple con las dimensiones establecidas en su IGA	Alteración al componente aire	Problemas al sistema auditivo	
	Volteo periódico de las camas de compost	• No cuenta con un documento que establezca las especificaciones para la elaboración de compost • No cumple con la frecuencia de volteo de las camas de compost, según su documento de elaboración de compost	Alteración al componente aire	Enfermedades a las vías respiratorias	Solicitar el documento con las especificaciones técnicas del IGA para la elaboración de compost
	Tamizado de compost	• No realiza el tamizaje de compost • No cuenta con un sistema de tamizaje	Ninguno	Ninguna	Verificar el estado actual del equipo de tamizaje

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Almacenes de residuos valorizados	Almacenamiento de los residuos valorizados para su comercialización	No cuenta con un área para el almacenaje de residuos que han pasado por el proceso de valorización	Ninguno	Ninguna	Verificar que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Área de higienización de unidades vehiculares	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	• No implementó el área de higienización de unidades vehiculares • No cuenta con una poza impermeabilizada para la recepción de aguas residuales • No cuenta con pisos impermeabilizados ni canaletas internas con rejilla para evacuación de aguas residuales producto del lavado de vehículos • No cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas por la higienización de vehículos • No cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	• Alteración al componente aire • Alteración al componente suelo	Riesgo de accidentes	Verificar que el área tenga piso y paredes impermeabilizados y techados de ser el caso y canaletas con rejillas para la evacuación de aguas residuales; iluminación artificial o natural; abastecimiento de agua; y que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
PTAR domésticas	Tratamiento de las aguas residuales domésticas	• No cuenta con PTAR domésticas • La PTAR	• Alteración al componente aire • Alteración al	Enfermedades a las vías respiratorias, riesgo de accidentes	Verificar la operatividad del sistema de tratamiento y

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
PTAR domésticas	generadas en los servicios higiénicos de la infraestructura	doméstica no se encuentra operativa • No cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo • La PTAR doméstica no cumple con las especificaciones técnicas de su IGA	componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, riesgo de accidentes	el programa de mantenimiento, y que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
PTAR industriales o de proceso	Tratamiento de las aguas residuales generadas durante los procesos de valorización de residuos sólidos	• No cuenta con PTAR de aguas residuales generadas en los procesos de valorización • La PTAR industrial o de proceso no se encuentra operativa • No cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo • La PTAR industrial o de proceso no cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	• Alteración al componente aire • Alteración al componente suelo	Enfermedades a las vías respiratorias, riesgo de accidentes	Verificar la operatividad del sistema de tratamiento, el programa de mantenimiento y solicitar manifiesto de manejo de residuos peligrosos que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Almacén temporal de residuos sólidos generados durante el proceso de valorización	Almacenamiento de residuos sólidos generados durante el proceso de valorización para	• No cuenta con un almacén temporal de los residuos sólidos generados durante el proceso de va-	Alteración al componente suelo	Riesgo de accidentes	Verificar que se encuentre cercado, techado y señalizado y que cuente con piso impermeabili-

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Almacén temporal de residuos sólidos generados durante el proceso de valorización	su posterior tratamiento y/o disposición final.	lorización para su posterior tratamiento y/o disposición final • El área no se encuentra impermeabilizada. No cumple con las especificaciones técnicas que establece el IGA	Alteración al componente suelo	Riesgo de accidentes	zado, y solicitar manifiesto del manejo de los residuos sólidos que se generan mensualmente
Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, patio de maniobras y descarga, área de segregación, almacenes para residuos a valorizar, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados, almacenes de residuos valorizados, área de higienización de unidades vehiculares, instalaciones complementarias, área de segregación, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados	Desmontaje de maquinaria y equipos	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Alteración de la calidad ambiental del aire y del suelo	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	• Verificar si se han implementado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Movilización de maquinaria y equipos				
	Demolición de estructuras				

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, PTAR domésticas e industriales, instalaciones complementarias	Movilización de maquinaria y equipos	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de emisiones	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	Verificar que la maquinaria en la zona auxiliar del proyecto de obra no haya derramado algún tipo de hidrocarburo sobre el suelo
	Excavación y nivelación	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de gases y material particulado	• Alteración al paisaje natural y/o urbano • Alteración de la calidad del componente aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	Verificar reportes con las medidas adoptadas respecto a la generación de emisiones atmosféricas, aguas residuales, vibraciones y ruido
	Obras civiles	• No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado, ruido, y generación de residuos sólidos • Los componentes no se encuentran conforme el diseño establecido en el IGA	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	Verificar reportes con las medidas adoptadas respecto a las emisiones atmosféricas, vibraciones y ruido, y la generación de residuos sólidos peligrosos y aguas residuales
	Operación de maquinaria e instalación de equipos	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de emisiones	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	Verificar que la maquinaria recibe mantenimiento con el fin de evitar potenciales fugas y derrames al suelo, y el manejo adecuado de residuos peligrosos

3.2.1.2. Deficiencias, actividades, técnicas, y estudios en planta de transferencia de residuos sólidos

Tabla 17. Planta de transferencia de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas, y estudios, por etapa y componente

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico	Mantenimiento del cerco perimétrico	• No cuenta con cerco perimétrico • No construyó en su totalidad el cerco perimétrico o lo hizo parcialmente	Ninguno	Ninguna	• Verificar la instalación de todo el cerco perimétrico según su IGA • Georreferenciar los vértices del perímetro de la infraestructura • Registro fotográfico o filmico fechado y georreferenciado
Patio de maniobras	Maniobras y operación de vehículos	• El patio de maniobras no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA • No se desarrollan las medidas de mitigación de la emisión de gases y partículas	• Alteración al paisaje natural y/o urbano • Alteración de la calidad del suelo	• Accidentes • Enfermedades a la piel y a las vías respiratorias • Exposición a accidentes	• Verificar que las dimensiones y las características del patio de maniobras se encuentren conforme a lo establecido en el IGA • Verificar si se han implementado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Registro fotográfico o filmico fechado y georreferenciado
Área de descarga y carga de residuos sólidos	Descarga de residuos sólidos a la tolva	• No cuenta con área de descarga de residuos sólidos • No imper-	Alteración al componente suelo	• Accidentes • Posibles enfermedades a la piel y a las vías respiratorias	• Verificar que el área de descarga cuente con piso y paredes impermeabiliza-

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de descarga y carga de residuos sólidos	Descarga de residuos sólidos a la tolva	meabilizó los pisos del área de descarga de residuos sólidos • El área de descarga de residuos sólidos no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Alteración al componente suelo	• Accidentes • Posibles enfermedades a la piel y a las vías respiratorias	dos y techada de ser el caso, y cumpla con las características descritas en el IGA • Registro fotográfico o filmico fechado y georreferenciado
	Carga de residuos sólidos a una unidad vehicular de mayor capacidad	• No cuenta con área de carga de residuos sólidos • No impermeabilizó los pisos del área de carga de residuos sólidos • El área de carga de residuos sólidos no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	• Alteración al paisaje natural y/o urbano • Alteración al componente suelo	• Accidentes • Posibles enfermedades a la piel y a las vías respiratorias • Exposición a accidentes	• Verificar que el área de carga cuente con piso y paredes impermeabilizados y techada de ser el caso y canaletas con rejillas para la evacuación de aguas residuales, y cumpla con las características descritas en el IGA • Registro fotográfico o filmico fechado y georreferenciado
Área de pesaje (balanza)	Registrar el peso de los residuos que ingresan a la planta	• No cuenta con un área para pesaje • No realiza el registro permanente del pesaje de las unidades que ingresan a la planta • No instaló un sistema de	Ninguno	Ninguna	• Verificar que las especificaciones técnicas de la balanza instalada se encuentren conforme a lo establecido en el IGA • Requerir el registro (físico y/o digital) del

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de pesaje (balanza)	Registrar el peso de los residuos que ingresan a la planta	pesaje para el registro del pesaje de vehículos • No instaló una báscula para el pesaje de los vehículos que ingresan a la planta • No cuenta con certificado de acreditación ante el Inacal • La balanza no tiene certificado de acreditación vigente ante el Inacal • La balanza no está operativa • La balanza no cumple con las características técnicas descritas en el IGA	Ninguno	Ninguna	ingreso de residuos sólidos a la infraestructura • Verificar que la balanza cuente con certificado de calibración vigente emitido por un laboratorio acreditado ante el Inacal • Registro fotográfico o filmico fechado y georreferenciado del sistema de pesaje
Área de lavado e higienización de unidades vehiculares	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	• No cuenta con área de lavado de vehículos • El área de lavado no cumple con el diseño establecido • El área de lavado de vehículos no se encuentra operativa • El piso del área de lavado no se encuentra impermeabilizado • El área de la-	• Alteración del componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	• Verificar la instalación del área de lavado de vehículos conforme a lo establecido en el IGA • Verificar la operatividad del área de lavado de vehículos • Verificar si el piso del área de lavado se encuentra impermeabilizado • Verificar si el área de lavado cuenta con

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de lavado e higienización de unidades vehiculares	Limpieza y lavado de unidades vehiculares	vado no cuenta con canaletas con rejillas para la captación del agua residual • No se realiza el tratamiento del agua residual generada en el área de lavado	• Alteración del componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	canaletas con rejillas para la captación del agua residual • Verificar si se realiza el tratamiento del agua residual • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre el destino final de las aguas tratadas • Registro fotográfico o fílmico fechado y georreferenciado
Almacén de residuos sólidos generados	Almacenamiento temporal de residuos sólidos para su posterior tratamiento y/o disposición final	• No cuenta con almacén de residuos • No implementó pisos ni paredes impermeabilizadas • No cumple con las características descritas en el IGA • No cuenta con manifiesto de residuos sólidos peligrosos	Alteración del componente suelo	Ninguna	Verificar que se encuentre cercado, con piso impermeabilizado y techado, y solicitar manifiesto de manejo de los residuos sólidos peligrosos que se generan mensualmente
PTAR domésticas	Tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en los servicios higiénicos de la infraestructura	• No cuenta con PTAR domésticas • La PTAR domésticas no cumple con las especificaciones técnicas	• Alteración del componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del	Posibles afecciones gastrointestinales	Verificar la operatividad del sistema de tratamiento y del programa de mantenimiento.

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
PTAR domésticas	Tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en los servicios higiénicos de la infraestructura	establecidas en el IGA • No realiza el mantenimiento de la PTAR domésticas • No realiza el tratamiento de las aguas residuales domésticas, las dispone en una infraestructura de disposición final de residuos sólidos • La PTAR domésticas no se encuentra operativa	agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	Verificar la operatividad del sistema de tratamiento y del programa de mantenimiento
PTAR industriales	Tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en los procesos de limpieza y lavado de unidades vehiculares	• No cuenta con PTAR industriales • La PTAR no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • No realiza el mantenimiento de la PTAR industriales • No realiza el tratamiento de las aguas residuales industriales, las dispone en una infraestructura de disposición final de residuos sólidos • La PTAR industriales no se encuentra operativa	• Alteración del componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	Verificar la operatividad del sistema de tratamiento y del programa de mantenimiento, y solicitar el manifiesto de manejo de residuos peligrosos

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Instalaciones complementarias	Actividades complementarias	• No habilitó las áreas complementarias conforme lo establecido en el IGA • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración del componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	• Verificar la habilitación de las áreas complementarias conforme a lo establecido en el IGA • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos
Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, PTAR domésticas e industriales, instalaciones complementarias	Demolición de la infraestructura	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de emisiones	• Alteración al paisaje natural • Alteración de la calidad de suelo	Enfermedades en las vías respiratorias	Verificar que la maquinaria en la zona auxiliar del proyecto en cierre no haya derramado algún tipo de hidrocarburo sobre el suelo
	Retiro, limpieza y transporte de residuos de demolición	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado	Alteración de la calidad del aire	Enfermedades en las vías respiratorias	Verificar reportes con las medidas adoptadas respecto a emisiones atmosféricas, aguas residuales, vibraciones y ruido, y la generación de residuos sólidos peligrosos
	Movilización de maquinaria y equipos	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emi-	Alteración de la calidad del aire	Enfermedades en las vías respiratorias	Verificar que la maquinaria recibe mantenimiento con

Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
	Movilización de maquinaria y equipos	sión de gases y material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos	Alteración de la calidad del aire	Enfermedades en las vías respiratorias	el fin de evitar potenciales fugas y derrames al suelo, y el manejo adecuado de residuos peligrosos



3.2.1.3. Deficiencias, actividades, técnicas, y estudios en infraestructuras de disposición final de residuos sólidos

Tabla 18. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas, y estudios, por etapa y componente

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Celda de disposición final de residuos sólidos	Cortes y excavación	Las dimensiones de la celda no se encuentran conforme el diseño establecido en el IGA	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo	Ninguna	• Verificar la impermeabilización de la base y los taludes de la(s) celda(s) de disposición final conforme a lo establecido en el IGA • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Nivelación y compactación	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado	Alteración de la calidad ambiental del aire.	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	
	Operación de maquinaria y equipos				
	Acarreo de material				
	Impermeabilización de base y taludes	No realizó la impermeabilización de la base y los taludes con los materiales definidos en el IGA	Ninguno	Ninguna	
Drenes para evacuación y control de gases	Instalación de drenes para evacuación y control de gases	Drenes, pozas y/o pozos se están Instalado sin cumplir con el diseño establecido en el IGA	Ninguno, sin embargo, durante la operación se podría alterar la calidad ambiental del suelo y del agua subterránea	Ninguna	Verificar el proceso de instalación de los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las cantidades establecidas en el IGA
Drenes para lixiviados	Excavación y nivelación				Verificar el proceso de construcción de los drenes para lixiviado de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
	Instalación de drenes para captación y conducción de lixiviados				

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados	Excavación y nivelación	Drenes, pozas y/o pozos se están Instalado sin cumplir con el diseño establecido en el IGA	Ninguno, sin embargo, durante la operación se podría alterar la calidad ambiental del suelo y del agua subterránea	Ninguna	• Verificar la impermeabilización de la base y los taludes de la(s) pozas(s) y/o pozo(s) para almacenamiento y/o recirculación de lixiviados conforme lo establecido en el IGA • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Impermeabilización				
Barrera sanitaria, canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escurrimiento superficial, cantera de material de cobertura, área de tratamiento de residuos peligrosos, balanza, tanque séptico, área de lavado de vehículos, PTAR, patio de maniobras,	Excavación y nivelación	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Alteración de la calidad ambiental del aire y del suelo	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	• Verificar el avance de la instalación de la barrera sanitaria según el IGA • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos
	Cortes y terraplenes				
	Operación de maquinaria y equipos				
	Obras civiles				

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
laboratorio, instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Movilización de maquinaria y equipos	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Alteración de la calidad ambiental del aire y del suelo	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	lidos del IGA • Verificar la construcción de los canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos				
	Acarreo de material				
Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Barrera sanitaria	Mantenimiento de la barrera sanitaria	• No cuenta con barrera sanitaria en todo el perímetro de la infraestructura • Instaló parcialmente la barrera sanitaria	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo	Ninguna	Verificar la instalación de la barrera sanitaria en todo el perímetro de la infraestructura conforme las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Balanza	Recepción, pesaje y registro de los residuos sólidos que ingresan a la infraestructura de disposición final	• No cuenta con la balanza • No realiza el registro del ingreso de residuos sólidos a la infraestructura • La balanza no se encuentra calibrada	Ninguno	Ninguna	• Verificar que las especificaciones técnicas de la balanza instalada se encuentren conforme a lo establecido en el IGA • Requerir el registro (físico y/o digital) del

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Balanza	Recepción, pesaje y registro de los residuos sólidos que ingresan a la infraestructura de disposición final	• No cuenta con la balanza • No realiza el registro del ingreso de residuos sólidos a la infraestructura • La balanza no se encuentra calibrada	Ninguno	Ninguna	ingreso de residuos sólidos a la infraestructura • Verificar que la balanza cuente con certificado de calibración vigente emitido por un laboratorio acreditado ante el Inacal
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Solidificación	• Las áreas de tratamiento no han sido implementadas • Realiza el tratamiento de residuos sin cumplir con los procedimientos establecidos en su IGA para cada tipo de residuos sólidos	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastro intestinales	• Verificar la existencia de las áreas de tratamiento conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Verificar que en cada área de tratamiento se cumpla con los procedimientos descritos en su IGA para cada tipo de residuos sólidos • Requerir el registro (físico y/o digital) de la cantidad de residuos sólidos tratados por cada área de tratamiento • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y
	Neutralización	• No ejecuta las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • No realiza manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA			
	Estabilización				
	Incineración				

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Pirólisis			Posibles afecciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Esterilización por autoclave				
	Pretratamiento				
Celda de disposición final de residuos sólidos	Descarga de residuos sólidos	• No realiza la descarga de residuos sólidos en un solo frente • No realiza nivelación, compactación y cobertura diaria de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento			• Verificar si los residuos sólidos se descargan en un solo frente • Verificar si se realiza la nivelación, la compactación y la cobertura diaria de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento
	Nivelación y compactación diaria de residuos sólidos	• La base y los taludes de la celda de disposición final no se encuentran impermeabilizados • La geomembrana y/o geotextil de la celda no se encuentran anclados al suelo	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	• De ser posible, verificar si la base y los taludes de la celda de disposición final se encuentran impermeabilizados conforme lo establecido en el IGA
	Realizar la cobertura diaria de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento	• El ángulo de inclinación de los taludes de las plataformas de residuos sólidos no cumple con el diseño establecido en el IGA • Ruptura de la impermeabi-			• Verificar que la geomembrana y/o geotextil de la celda se encuentren anclados al suelo conforme al IGA • Verificar si el ángulo de inclinación de los taludes de

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Celda de disposición final de residuos sólidos	Compactación diaria de los residuos sólidos	lización de la base y/o de los taludes de la celda	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	las plataformas de residuos sólidos cumple con el diseño establecido en el IGA • Verificar si la capa de impermeabilización de la base y/o los taludes de la celda no presentan rupturas, deterioro y/o cortes; efectuar, cuando corresponda, estudios geofísicos de tomografía y mecánica de suelos, entre otros, para verificar si se han infiltrado lixiviados en el suelo; asimismo, realizar el monitoreo —en el punto de monitoreo, establecido en el IGA, y de corresponder, al establecido por el equipo supervisor— para verificar la calidad ambiental del suelo y de las aguas subterráneas a través de piezómetros con el fin de verificar si han sido afectados
	Confinamiento de residuos sólidos				

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Drenes para evacuación y control de gases	Instalación de drenes para evacuación y control de gases	• No instaló los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las cantidades establecidas en el IGA • Los drenes para evacuación y control de gases no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	• Verificar el proceso de instalación de los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las cantidades establecidas en el IGA • Verificar la operatividad de los drenes para evacuación y control de gases
	Instalación de chimeneas y/o quemadores en los drenes para evacuación y control de gases				
	Realizar el quemado de los gases				
	Realizar el mantenimiento de drenes para evacuación y control de gases				
Drenes para lixiviados	Captación y conducción de lixiviados	• La celda de disposición final no cuenta con drenes para captación y conducción de lixiviados • No realiza el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	Verificar el proceso de instalación de los drenes para lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
	Realizar el mantenimiento de los drenes para conducción de lixiviados				
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados	Almacenamiento de lixiviados	• No instaló los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las cantidades establecidas en	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	• Verificar el proceso de instalación de los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las
	Tratamiento de lixiviados				
	Recirculación de lixiviados				

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados		el IGA • Los drenes para evacuación y control de gases no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	cantidades establecidas en el IGA • Verificar la operatividad de los drenes para evacuación y control de gases
Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	Evacuación de aguas de lluvia	• No cuenta con canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial • Construyó parcialmente los canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel	• Verificar la construcción de canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial conforme a lo establecido en el IGA • Verificar si los canales se encuentran operativos Requerir información sobre el mantenimiento de los canales
	Mantenimiento de canales	• Construyó los canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial sin considerar el diseño establecido en el IGA • Los canales no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los canales			

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Canteras de material de cobertura	Explotación de canteras de material de cobertura	- No realiza el mantenimiento de maquinaria y equipos - No aplica las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas	- Alteración del paisaje natural - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones a las vías respiratorias	Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas
	Acarreo de material				
	Operación de maquinaria y equipos				
Tanque séptico	Tratamiento de aguas residuales domésticas	- No cuenta con tanque séptico - El tanque séptico no cumple con el diseño establecido en el IGA - Instaló otro tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales - El tanque séptico no se encuentra operativo - No realiza el mantenimiento del tanque séptico - El tanque séptico no tiene autorización	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	- Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel - Posible transmisión de enfermedades por vectores	- Verificar la construcción del tanque séptico según lo establece el IGA - Verificar la operatividad del tanque séptico - Verificar el destino final de las aguas tratadas - Requerir información sobre la autorización del tanque séptico
Área de lavado de vehículos	Limpieza y lavado de vehículos	- No cuenta con área de lavado de vehículos - El área de lavado no cumple con el diseño establecido - El área de lavado de vehículos no	- Alteración de la calidad del suelo - Alteración de la calidad del aire - Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	- Verificar la existencia del área de lavado de vehículos conforme a lo establecido en el IGA - Verificar la operatividad del área de lavado de vehículos

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de lavado de vehículos	Limpieza y lavado de vehículos	se encuentra operativa • El piso del área de lavado no está impermeabilizado • El área de lavado no cuenta con canaletas con rejillas para la captación del agua residual • No se realiza el tratamiento del agua residual generada en el área de lavado	• Alteración de la calidad del suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	• Verificar si el piso del área de lavado se encuentra impermeabilizado • Verificar si el área de lavado cuenta con canaletas con rejillas para la captación del agua residual • Verificar si se realiza el tratamiento del agua residual • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre el destino final de las aguas tratadas
PTAR	Tratamiento de aguas residuales industriales	• No cuenta con PTAR • La PTAR no cumple con el diseño establecido en el IGA • La PTAR no se encuentra operativa	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	• Verificar la existencia de la PTAR conforme lo establecido en el IGA • Verificar la operatividad de la PTAR • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre el destino final de las aguas tratadas
Patio de maniobras	Maniobras de vehículos	• El patio de maniobras no cumple con las dimensiones y	• Alteración de la calidad ambiental del suelo	• Posibles afecciones a las vías respiratorias y alergias	• Verificar que las dimensiones y las característi-

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Patio de maniobras	Maniobras de vehículos	las características establecidas en el IGA • No se desarrollan las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas	• Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	cas del patio de maniobras se encuentren conformes con lo establecido en el IGA • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas
Laboratorio	Análisis de residuos sólidos previo a su tratamiento y/o disposición final	• No cuenta con Laboratorio • El laboratorio no cumple con las características establecidas en el IGA • El laboratorio no cuenta con un sistema de ventilación • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua superficial	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Actividades complementarias	• No habilitó las áreas complementarias conforme lo establecido en el IGA • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua superficial	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	• Verificar la habilitación de las áreas complementarias conforme lo establecido en el IGA • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA

Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Barrera sanitaria	Mantenimiento de la barrera sanitaria	Falta de mantenimiento de la barrera sanitaria	- Alteración del paisaje natural - Alteración de la calidad ambiental del suelo	Ninguna	Verificar el estado de conservación y mantenimiento de la barrera sanitaria
Área de tratamiento de residuos peligrosos (previo al confinamiento)	Desmontaje de maquinaria y equipos				- Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas - Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Movilización de maquinaria y equipos	- No ejecutó las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas - No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	
	Demolición de estructuras				
Celda de disposición final de residuos sólidos	Conformación del diseño final de la celda	- No realiza la cobertura final de la celda - No realiza la conformación del diseño final de la celda según lo establecido en el IGA - No realiza el mantenimiento de la celda	- Alteración del paisaje natural - Alteración de la calidad ambiental del aire	- Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel - Posible transmisión de enfermedades por vectores	- Verificar la cobertura final de la celda conforme a lo establecido en el IGA - Verificar la conformación del diseño final de la celda según lo establecido en el IGA - Requerir información sobre el mantenimiento de la celda
	Instalación de la cobertura final				
	Mantenimiento de la celda				
Drenes para evacuación y control de gases	Realizar el mantenimiento de drenes para evacuación y control de gases	No realiza el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	Alteración de la calidad ambiental del aire.	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	Verificar la operatividad de los drenes para evacuación y control de gases

Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Drenes para lixiviados	Captación y conducción de lixiviados	• Los drenes para captación y conducción de lixiviados no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	Verificar la operatividad de los drenes para captación y conducción de lixiviados
	Realizar el mantenimiento de los drenes para conducción de lixiviados				
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	Almacenamiento de lixiviados	• No realiza el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados • Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados no se encuentran operativos • No se realiza la recirculación de lixiviados	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	• Verificar la operatividad de pozas y/o pozos • Requerir información sobre el mantenimiento de pozas y/o pozos • Verificar si se realiza el tratamiento y/o la recirculación de los lixiviados
	Tratamiento de lixiviados				
	Recirculación de lixiviados				
Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial	Evacuación de aguas de lluvia	• Los canales no se encuentran operativos • No se realiza el mantenimiento de los canales	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel	• Verificar si los canales se encuentran operativos • Requerir información acerca del mantenimiento de los canales
	Mantenimiento de canales				

Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Canteras de material de cobertura	Cierre de las canteras de material de cobertura	No se han ejecutado las medidas de cierre de la cantera de material de cobertura	Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	Verificar la ejecución de las medidas de cierre de la cantera de material de cobertura
Balanza, tanque séptico; área de lavado de vehículos, PTAR, patio de maniobras, laboratorio e instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes; servicios higiénicos y vestuarios)	Desmontaje de maquinaria y equipos	- No ejecutó las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas - No realiza manejo de residuos según el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	- Verificar si se han implementado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas - Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Movilización de maquinaria y equipos				
	Demolición de estructuras				



3.2.1.4. Deficiencias, actividades, técnicas, y estudios en planta de tratamiento de residuos sólidos

Tabla 19. Planta de tratamiento de residuos sólidos: deficiencias, actividades, técnicas, y estudios, por etapa y componente

Etapa de construcción					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, planta de tratamiento de aguas residuales, almacén de residuos tratados e instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Excavación y nivelación	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	- Alteración del paisaje local - Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias	- Verificar si se han adoptado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas - Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Cortes y terraplenes				
	Obras civiles				
	Movilización de maquinaria y equipos				
	Ensamblaje e instalación de maquinaria y equipos				
	Operación de maquinaria y equipos				
	Acarreo de material				
Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico	Brindar seguridad y restringir el acceso a la infraestructura de valorización	- Todo el perímetro de la infraestructura carece de cerco perimétrico - Construyó parcialmente el cerco perimétrico	- Alteración del paisaje natural - Alteración de la calidad ambiental del suelo	Ninguna	Verificar la implementación del cerco en todo el perímetro de la infraestructura, el material y las dimensiones según lo establecido en el IGA

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Patio de maniobras	Maniobras de vehículos	- El patio de maniobras no cumple con las dimensiones y características establecidas en el IGA - No se desarrollan las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	- Verificar que las dimensiones y las características del patio de maniobras se encuentren conformes con lo establecido en el IGA - Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas
Almacén de residuos peligrosos para tratamiento	Almacenamiento de residuos sólidos peligrosos para tratamiento	- El almacén de residuos peligrosos para tratamiento no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA - Se realiza el almacenamiento de residuos sólidos para tratamiento fuera del almacén	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	Verificar que las paredes y los pisos del almacén de residuos peligrosos para tratamiento estén impermeabilizados y sean lavables, cuenten con canaletas y rejillas, ventilación e iluminación
Área de tratamiento de residuos peligrosos	Incineración	No cuenta con áreas de tratamiento	- Alteración de la calidad ambiental del suelo - Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	- Verificar la existencia de las áreas de tratamiento conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA - Verificar que en cada área de tratamiento se cumpla
	Pirólisis	Realiza el tratamiento de residuos sin cumplir con los procedimientos establecidos en su IGA para cada tipo de residuos sólidos			
	Esterilización por autoclave	Realiza el tratamiento de residuos sin cumplir con los procedimientos establecidos en su IGA para cada tipo de residuos sólidos			

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de tratamiento de residuos peligrosos	Incineración	• No se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	con los procedimientos descritos en su IGA para cada tipo de residuos sólidos • Requerir el registro (físico y/o digital) de la cantidad de residuos sólidos tratados por cada área de tratamiento • Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Pirólisis				
	Esterilización por autoclave				
Almacén de residuos tratados	Almacenamiento de residuos sólidos tratados	• El almacén de residuos sólidos tratados no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Se realiza el almacenamiento de residuos sólidos tratados fuera del almacén	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias y gastrointestinales	Verificar que las paredes y los pisos del almacén de residuos tratados para tratamiento estén impermeabilizados y sean lavables, cuenten con canaletas y rejillas, ventilación e iluminación

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
PTAR	Tratamiento de aguas residuales industriales	• No cuenta con PTAR • La PTAR no cumple con el diseño establecido en el IGA • La PTAR no se encuentra operativa	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones gastrointestinales	• Verificar la existencia de la PTAR conforme a lo establecido en el IGA • Verificar la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre el destino final de las aguas tratadas
Tanque séptico	Tratamiento de aguas residuales domésticas	• No cuenta con tanque séptico • El tanque séptico no cumple con el diseño establecido en el IGA • Instaló otro tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales • El tanque séptico no se encuentra operativo • No realiza el mantenimiento del tanque séptico • El tanque séptico no cuenta con autorización	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del agua subterránea	• Posibles afecciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel • Posible transmisión de enfermedades por vectores	• Verificar la construcción del tanque séptico conforme a lo establecido en el IGA • Verificar la operatividad del tanque séptico. • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre la autorización del tanque séptico

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Área de lavado de vehículos	Limpieza y lavado de vehículos	• No cuenta con área de lavado de vehículos • El área de lavado no cumple con el diseño establecido • El área de lavado de vehículos no se encuentra operativa • El piso del área de lavado no está impermeabilizado • El área de lavado no cuenta con canaletas con rejillas para la captación del agua residual • No se realiza el tratamiento del agua residual generada en el área de lavado	• Alteración al componente suelo • Alteración de la calidad del aire • Alteración de la calidad del agua subterránea	Posibles afecciones gastrointestinales	• Verificar la existencia del área de lavado de vehículos conforme lo establecido en el IGA • Verificar la operatividad del área de lavado de vehículos • Verificar si el piso del área de lavado se encuentra impermeabilizado • Verificar si el área de lavado cuenta con canaletas con rejillas para la captación del agua residual • Verificar si se realiza el tratamiento del agua residual • Verificar el destino final de las aguas tratadas • Requerir información sobre el destino final de las aguas tratadas
Instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Actividades complementarias	• No habilitó las áreas complementarias conforme a lo establecido en el IGA • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el	• Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afecciones a las vías respiratorias y alergias a la piel	• Verificar la habilitación de las áreas complementarias conforme a lo establecido en el IGA • Verificar el manejo de los residuos de

Etapa de operación					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
		plan de manejo de residuos sólidos del IGA			acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
Etapa de cierre					
Componente de la unidad fiscalizable	Actividad	Hechos detectados (deficiencias)	Impacto ambiental	Afectación a la salud	Técnicas, monitoreo ambiental y estudios para la verificación
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, PTAR, almacén de residuos tratados e instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	Demolición de la infraestructura	• No ejecutó las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • No realiza el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA	• Alteración del paisaje natural • Alteración de la calidad ambiental del suelo • Alteración de la calidad ambiental del aire	Posibles afectaciones a las vías respiratorias, gastrointestinales y alergias a la piel	• Verificar si se han ejecutado las medidas de mitigación para la emisión de gases y partículas • Verificar el manejo de los residuos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos del IGA
	Retiro, limpieza y transporte de residuos de demolición				
	Movilización de maquinaria y equipos				

3.2.1.5. Interpretación de resultados de monitoreo ambiental para la identificación de deficiencias en infraestructuras de residuos sólidos

Para la interpretación de los resultados de monitoreo ambiental y los estudios para la identificación de deficiencias en componentes y actividades en los cuatro tipos de IRS se recurre al empleo de los parámetros fijados oficialmente en las normas ambientales nacionales o internacionales, estas últimas aplicables de manera supletoria (tabla 20).

Tabla 20. Infraestructuras de residuos sólidos: criterios de interpretación de resultados de monitoreo ambiental y estudios

Monitoreo ambiental y/o estudios	Resultado	Interpretación y/o análisis de la información de campo
Muestreo y/o monitoreo de componentes suelo, aire y/o agua durante una supervisión, —en el punto de monitoreo, establecido en el IGA, y de corresponder, al establecido por el equipo supervisor—.	Reporte de ensayo de laboratorio	Evaluar los resultados de los reportes de ensayo remitidos por un laboratorio acreditado y vigente ante el Inacal y compararlos con los ECA vigentes u otra norma internacional de referencia de corresponder.
Información remitida por el administrado	Reporte de ensayo de laboratorio	• Evaluar los resultados de los reportes de ensayo remitidos por el administrado y comparar con los ECA vigentes y las normas internacionales de manera referencial, de ser el caso • Verificar que el laboratorio se encuentre acreditado y vigente ante el Inacal, así como cada uno de los parámetros de los ensayos reportados • Verificar que el equipamiento y materiales utilizados durante el muestreo se encuentren registrados y calibrados por un laboratorio acreditado y vigente ante el Inacal

3.3. Nivel de riesgo de afectación al ambiente y a la salud de las deficiencias en infraestructuras de residuos sólidos

La identificación de las deficiencias en componentes y actividades en los distintos tipos de IRS debe acompañarse de una evaluación del riesgo de afectación al ambiente y a la salud que podrían ocasionar esas deficiencias y de las técnicas, monitoreo ambiental y las acciones del supervisor requeridos para determinar que las medidas aplicadas sean eficaces.

Para la determinación de los niveles de riesgo en componentes y actividades de la IRS que pueden constituir un riesgo de afectación al ambiente y la salud se usa el Anexo 3 del Manual de Procedimientos con los “Criterios para el dictado de medidas preventivas del procedimiento “PM 0405 Análisis de resultados y elaboración del Informe de Supervisión”, aprobado mediante Resolución de Gerencia General N.º 00033-2023-OEFA/GEG o la que haga sus veces.

A continuación, se mencionan los criterios para el dictado de medidas preventivas; Peligrosidad (1), Cantidad (2), Existencia de personas potencialmente expuestas (3), Superación de LMP/ECA/normas referenciales (4), Situación del medio potencialmente afectado (5), Ausencia o deficiencia o incertidumbre del sistema de tratamiento (6), Probabilidad de ocurrencia (7), Incremento de capacidad productiva u operativa (8), Liberación de emisiones / descarga de efluentes (9) y Otros que sustenten el alto riesgo, inminente peligro o mitigación (10)..

[illegible]

Tabla 22. Planta de transferencia de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado

[illegible]

Tabla 23. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado

[illegible]

[illegible]

Tabla 24. Planta de tratamiento de residuos sólidos: deficiencias en componentes, consecuencias y nivel de riesgo generado

[illegible]

[illegible]



3.4. Medidas de control y mitigación de los posibles impactos al ambiente y a la salud de las deficiencias de componentes y actividades en infraestructuras de residuos sólidos

Los impactos al ambiente y a la salud ocasionados por las deficiencias de componentes y actividades en los distintos tipos de IRS requieren la adopción de medidas de control, mitigación, remediación, restauración y compensación. A su vez, la verificación de la ejecución de estas medidas, así como de su eficiencia, puede realizarse a través de técnicas, monitoreo ambiental y acciones del supervisor.

3.4.1 Medidas de control y mitigación ante posibles afectaciones al ambiente y a la salud en infraestructuras de residuos sólidos

A continuación, se detallan las medidas que pueden aplicarse, por tipo de IRS, y la manera de verificar su ejecución.

Tabla 25. Infraestructura de valorización de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente

Etapa de construcción			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Cerco perimétrico, patio de maniobras y descarga, área de segregación, almacenes para residuos a valorizar, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados, almacenes de residuos valorizados, área de higienización de unidades vehiculares, instalaciones complementarias, área de segregación, área de acondicionamiento, área de recuperación de aceites usados	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar emisiones	Ejecutar las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Verificar <i>in situ</i> las medidas aplicadas para evitar las emisiones
	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado		Verificar <i>in situ</i> las medidas aplicadas para evitar la emisión de gases y material particulado
	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de ruido y vibraciones		Verificar <i>in situ</i> las medidas aplicadas para evitar la emisión de ruido y vibraciones
	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de residuos sólidos		Verificar <i>in situ</i> las medidas aplicadas para evitar la generación de residuos sólidos

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Área de recuperación de aceites usados	Las áreas para descarga y recepción de aceites usados no se encuentran impermeabilizadas	Instalar un sistema temporal para la recepción de aguas residuales	Verificación <i>in situ</i>
		Limpieza y retiro de suelos contaminados	Verificación <i>in situ</i>
		Monitoreo de suelo	Toma de muestra de suelo
		Instalación del sistema de impermeabilización	• Verificación <i>in situ</i> • Revisar las especificaciones técnicas
	Pozas o tanques para la recepción de aceites usados se encuentran deteriorados	Realizar el mantenimiento de pozas o tanques para la recepción de aceites usados que se encuentran deteriorados	Verificación <i>in situ</i>
	No cuenta con muros de contención para el caso de derrames	Construir muros de contención para casos de derrames	Verificación <i>in situ</i>
Área de higienización de unidades vehiculares	No cuenta con una poza impermeabilizada para la recepción de aguas residuales producto del lavado de vehículos	Instalar un sistema temporal para la recepción de aguas residuales	Verificación <i>in situ</i>
		Limpieza y retiro de suelos contaminados	Verificación <i>in situ</i>
		Monitoreo de suelo	Toma de muestras de suelos y evaluación de los reportes de ensayo remitidos por el administrado
		Instalación de sistema de impermeabilización en la poza de recepción de aguas residuales	• Verificación <i>in situ</i> • Revisar las especificaciones técnicas
	No cuenta con piso impermeabilizado ni con canaletas internas con rejilla para evacuación de aguas residuales producto del lavado de vehículos	Proceder a la impermeabilización del piso e instalar un sistema de canaletas internas para la evacuación de aguas residuales	• Verificación <i>in situ</i> • Revisar las especificaciones técnicas
	No cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas por el lavado de vehículos	Instalar un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas por el lavado de vehículos	• Verificación <i>in situ</i> • Revisar las especificaciones técnicas

Tabla 26. Planta de transferencia de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente

Etapa de construcción			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, PTAR domésticas e industriales, instalaciones complementarias	No ejecuta las medidas de mitigación para evitar las emisiones	Implementar los componentes según las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Verificar <i>in situ</i> las medidas aplicadas para evitar las emisiones
	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases y material particulado		
	• No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones • Los componentes no se encuentran conforme con el diseño establecido en el IGA		
	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la generación de residuos sólidos		
Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Área de descarga y carga de residuos sólidos	• No cuenta con área de descarga de residuos sólidos • No impermeabilizó los pisos del área de descarga de residuos sólidos • El área de descarga de residuos sólidos no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	• Habilitar el área de descarga de residuos sólidos conforme las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Realizar la impermeabilización de los pisos del área de descarga de residuos sólidos conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	• Verificar que el área de descarga de residuos sólidos se encuentre habilitada conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Verificar que los pisos del área de descarga de residuos se encuentren impermeabilizados

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Área de descarga y carga de residuos sólidos	• No cuenta con área de carga de residuos sólidos • No impermeabilizó los pisos del área de carga de residuos sólidos • El área de carga de residuos sólidos no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	• Implementar el área de carga de residuos sólidos conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Realizar la impermeabilización de los pisos del área de carga de residuos sólidos conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	• Verificar que el área de carga de residuos sólidos se encuentre habilitada conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Verificar que los pisos del área de carga de residuos se encuentren impermeabilizados
PTAR domésticas e industriales	• No implementó la(s) PTAR domésticas y/o industriales • Las PTAR domésticas y/o industriales no cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • No realiza el mantenimiento de las PTAR domésticas y/o industriales • No realiza el tratamiento de las aguas residuales domésticas y/o industriales, las dispone en una infraestructura de disposición final de residuos sólidos • Las PTAR domésticas y/o industriales no se encuentran operativas	• Construir y poner en funcionamiento las PTAR domésticas y/o industriales conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Realizar el mantenimiento de las PTAR domésticas y/o industriales • Paralizar la disposición final de las aguas residuales domésticas y/o industriales en una infraestructura de disposición final de residuos sólidos	• Verificar que las PTAR domésticas y/o industriales se encuentren construidas conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA y estén en funcionamiento • Verificar que se haya realizado el mantenimiento de las PTAR domésticas y/o industriales • Verificar <i>in situ</i> que las aguas residuales domésticas y/o industriales sean tratadas en una PTAR
Etapa de cierre			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Cerco perimétrico, patio de maniobras, área de descarga y carga, área de pesaje, área de lavado e higienización de unidades vehiculares, almacén de residuos generados, PTAR domésticas e industriales, instalaciones complementarias	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos	Ejecutar las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos conforme lo establecido en el IGA	Verificar <i>in situ</i> que las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos hayan sido aplicadas conforme lo establecido en el IGA

Tabla 27. Infraestructuras de disposición final de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud y acciones del supervisor, por etapa y componente

Etapa de construcción			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Celda de disposición final de residuos sólidos	Las dimensiones de la celda no se encuentran conforme al diseño establecido en el IGA	Efectuar la construcción de la celda según las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Verificar <i>in situ</i> que la construcción de la celda de disposición final cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
	No realiza la impermeabilización de la base y los taludes con los materiales definidos en el IGA	Realizar la impermeabilización de la base y los taludes de la celda con el material definido en el IGA	Verificar que la impermeabilización de la base y de los taludes de la celda se realice con el material definido en el IGA
Drenes para evacuación y control de gases	Los drenes para evacuación y control de gases, drenes para lixiviados y pozas y/o pozos se están construyendo sin cumplir con el diseño establecido en el IGA	Efectuar la construcción de los drenes para evacuación y control de gases, drenes para lixiviados y pozas y/o pozos según las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Verificar <i>in situ</i> que la construcción de los drenes para evacuación y control de gases, drenes para lixiviados y pozas y/o pozos cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Drenes para lixiviados			
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados			
Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Celda de disposición final de residuos sólidos	• No realiza la nivelación, la compactación y la cobertura diaria de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento • La base (de corresponder) y los taludes de la celda de disposición final no se encuentran impermeabilizados • La geomembrana y/o geotextil de la celda no se encuentran anclados al suelo • El ángulo de inclinación de los	• Realizar la nivelación, la compactación y la cobertura de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento en todas las áreas identificadas dentro de la celda de disposición final • Realizar la impermeabilización de la base y de los taludes de la celda de disposición final con un material que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas	Verificar <i>in situ</i> que: • Se haya realizado la nivelación, la compactación y la cobertura de los residuos sólidos con material que permita su correcto confinamiento en todas las áreas identificadas dentro de la celda de disposición final • Se haya realizado la impermeabilización de la base y de los taludes de la celda de disposición final con un material que cumpla con las especificaciones

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Celda de disposición final de residuos sólidos	taludes de las plataformas de residuos sólidos no cumple con el diseño establecido en el IGA • Rotura de la impermeabilización de la base y/o de los taludes de la celda	en el IGA • Realizar el anclaje de la geomembrana y/o geotextil de la celda conforme al diseño establecido en el IGA • Modificar el ángulo de inclinación de los taludes de las plataformas de residuos sólidos según el diseño establecido en el IGA o, de ser el caso, realizar los estudios de estabilidad de los taludes • Retirar los residuos sólidos y la geomembrana deteriorada, luego realizar la restitución y la soldadura de la geomembrana de la base y/o de los taludes de la celda, además, se deberá realizar la prueba de hermeticidad de la soldadura de la geomembrana	técnicas establecidas en el IGA • Se haya realizado el anclaje de la geomembrana y/o geotextil de la celda conforme al diseño establecido en el IGA • Se haya realizado la modificación del ángulo de inclinación de los taludes de las plataformas de residuos sólidos según el diseño establecido en el IGA o en los estudios correspondientes Efectuar estudios geofísicos de tomografía y mecánica de suelos, entre otros, para verificar si se han infiltrado lixiviados en el suelo; asimismo, monitorear la calidad ambiental del suelo y del agua subterránea a través de piezómetros con el fin de verificar si han sido afectados
Drenes para evacuación y control de gases	• No construyó los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con las especificaciones técnicas y las cantidades establecidas en el IGA • Los drenes para evacuación y control de gases no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	• Construir los drenes para evacuación y control de gases de acuerdo con la cantidad, distancia y especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Realizar el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	• Verificar <i>in situ</i> que la construcción de los drenes para evacuación y control de gases se haya realizado de acuerdo con la cantidad, distancia y especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Verificar <i>in situ</i> que se haya realizado el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Drenes para lixiviados	- La celda de disposición final no cuenta con drenes para captación y conducción de lixiviados - No realiza el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados	- Construir los drenes para captación y conducción de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA - Realizar el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados	- Verificar <i>in situ</i> que se haya construido los drenes para captación y conducción de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA - Verificar <i>in situ</i> que se haya realizado el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	- No construyó pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados - No construyó pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados conforme al diseño establecido en el IGA - No realiza la recirculación de lixiviados - Pozas y/o pozos no están operativos - No realiza el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados - Rotura de la impermeabilización de la base y/o de los taludes de las pozas de lixiviados	- Paralizar el almacenamiento de lixiviados en pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados que se encuentren en mal estado o su diseño no cumpliera con las especificaciones técnicas del IGA, y derivar temporalmente los lixiviados hacia contenedores, hasta que se realice la construcción de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados conforme lo establecido en el IGA - Construir pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA - Poner en operación la recirculación de los lixiviados en pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de	- Verificar <i>in situ</i> que se haya realizado la construcción de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA - Verificar <i>in situ</i> que se esté realizando la recirculación de los lixiviados en las pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados - Verificar <i>in situ</i> que se haya realizado el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados - Efectuar estudios geofísicos de tomografía y mecánica de suelos, entre otros, para verificar si se han infiltrado lixiviados en el suelo; asimismo, monitorear la calidad ambiental del suelo y del agua subterránea a través de piezómetros,

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados		lixiviados • Realizar el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados • Retirar los residuos sólidos y la geomembrana deteriorada, luego realizar la restitución y la soldadura de la geomembrana de la base y/o de los taludes de la poza de lixiviados, además, se deberá realizar la prueba de hermeticidad de la soldadura de la geomembrana	con el fin de verificar si han sido afectados
Etapa de cierre			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Barrera sanitaria	Falta de mantenimiento de la barrera sanitaria	Realizar el mantenimiento de la barrera sanitaria de todo el perímetro de la infraestructura	Verificar que se haya realizado el mantenimiento de la barrera sanitaria de todo el perímetro de la infraestructura
Celda de disposición final de residuos sólidos	• No realiza la cobertura final de la celda • No ejecuta el diseño final de la celda conforme lo establecido en el IGA • No realiza el mantenimiento de la celda	• Realizar la cobertura final de la celda con material que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Ejecutar el diseño final de la celda conforme a lo establecido en el IGA • Realizar el mantenimiento de la celda de disposición final de residuos sólidos	Verificar que se haya realizado el mantenimiento de la barrera sanitaria de todo el perímetro de la infraestructura
Drenes para evacuación y control de gases	No realiza el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	Realizar el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases	Verificar que se haya realizado el mantenimiento de los drenes para evacuación y control de gases

Etapa de cierre			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Drenes para lixiviados	• Los drenes para captación y conducción de lixiviados no se encuentran operativos • No realiza el mantenimiento de los drenes para captación y conducción de lixiviados	Realizar el mantenimiento y verificar la operatividad de los drenes de captación y conducción de lixiviados	Verificar que se haya realizado el mantenimiento y comprobar la operatividad de los drenes de captación y conducción de lixiviados
Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o recirculación de lixiviados	• No realiza el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados • Pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados no se encuentran operativos • No se realiza la recirculación de lixiviados	• Construir pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • Poner en operación la recirculación de los lixiviados en pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados • Realizar el mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados	Verificar <i>in situ</i> que se haya realizado: • La construcción de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el IGA • La recirculación de los lixiviados en pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados • El mantenimiento de pozas y/o pozos para el almacenamiento y/o la recirculación de lixiviados



Tabla 28. Planta de tratamiento de residuos sólidos: medidas de control y mitigación ante posibles impactos al ambiente y a la salud, por etapa y componente

Etapa de construcción			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, PTAR, almacén de residuos tratados, instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Ejecutar las acciones de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruidos y vibraciones, y la generación de residuos sólidos	Verificar que se hayan ejecutado las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado, ruido y vibraciones, y la generación de residuos sólidos
Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Almacén de residuos peligrosos para tratamiento	• El almacén de residuos peligrosos para tratamiento no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Se realiza el almacenamiento de residuos sólidos para tratamiento fuera del almacén	• Habilitar el almacén de residuos peligrosos para tratamiento conforme a las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Realizar el retiro, el tratamiento y la disposición final de todos los residuos almacenados fuera del almacén de residuos sólidos para tratamiento	• Verificar <i>in situ</i> que el almacén de residuos peligrosos para tratamiento haya sido implementado conforme a las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Verificar mediante el manifiesto de residuos sólidos peligrosos respectivo que los residuos almacenados fuera del almacén de residuos sólidos para tratamiento hayan sido dispuestos en un relleno de seguridad autorizado
Área de tratamiento de residuos peligrosos	Las áreas de tratamiento no se han habilitado	Habilitar las áreas de tratamiento conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Verificar <i>in situ</i> que las áreas de tratamiento hayan sido habilitadas conforme las especificaciones técnicas establecidas en el IGA

Etapa de operación			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Almacén de residuos tratados	• El almacén de residuos sólidos tratados no cumple con las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Se realiza el almacenamiento de residuos sólidos tratados fuera del almacén	• Ampliar el almacén de residuos tratados conforme a las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Realizar el retiro, el tratamiento y la disposición final de todos los residuos almacenados fuera del almacén de residuos tratados	• Verificar <i>in situ</i> que el almacén de residuos tratados haya sido ampliado conforme las dimensiones y las características establecidas en el IGA • Verificar mediante el manifiesto de residuos sólidos peligrosos respectivo que los residuos almacenados fuera del almacén de residuos tratados hayan sido dispuestos en un relleno de seguridad autorizado
PTAR	• No construyó la PTAR • La PTAR no cumple con el diseño establecido en el IGA • La PTAR no se encuentra operativa	Construir y/o poner en funcionamiento la PTAR conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA	Verificar <i>in situ</i> que la PTAR se encuentre construida y en funcionamiento conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA
Tanque séptico	• No instaló el tanque séptico • El tanque séptico no cumple con el diseño establecido en el IGA • Instaló otro tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales • El tanque séptico no se encuentra operativo • El tanque séptico no cuenta con autorización	Instalar y poner en funcionamiento el tanque séptico conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA y a la autorización sanitaria	Verificar <i>in situ</i> la instalación y puesta en funcionamiento del tanque séptico conforme a las especificaciones técnicas establecidas en el IGA y a la autorización sanitaria

Etapa de cierre			
Componentes de la unidad fiscalizable	Deficiencias (hechos detectados)	Medidas de Control	Acciones del supervisor
Cerco perimétrico, tanque séptico, área de lavado de vehículos, patio de maniobras, almacén de residuos peligrosos para tratamiento, área de tratamiento de residuos peligrosos, PTAR, almacén de residuos tratados, instalaciones complementarias (caseta de control, oficinas administrativas, almacenes, servicios higiénicos y vestuarios)	No ejecutó las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos	Ejecutar las acciones de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos, conforme lo establecido en el IGA	Verificar <i>in situ</i> el cumplimiento de las medidas de mitigación para evitar la emisión de gases, material particulado y ruido, y la generación de residuos sólidos, conforme lo establecido en el IGA



3.4.2. Interpretación de resultados del monitoreo ambiental requeridos para la ejecución de las medidas de control y mitigación en infraestructuras de residuos sólidos

El monitoreo ambiental requerido para la ejecución de las medidas de control, mitigación, remediación, restauración y compensación de las eventuales deficiencias de componentes y actividades de los distintos tipos de IRS deben realizarse a la luz de parámetros estandarizados.

3.4.2.1. Parámetros para infraestructura de valorización de residuos sólidos

A continuación, se detalla la manera de interpretar sus resultados en la infraestructura de valorización de residuos sólidos.

Tabla 29. Infraestructura de valorización de residuos sólidos parámetros para interpretar los resultados del monitoreo ambiental aplicado para la ejecución de las medidas de control y mitigación

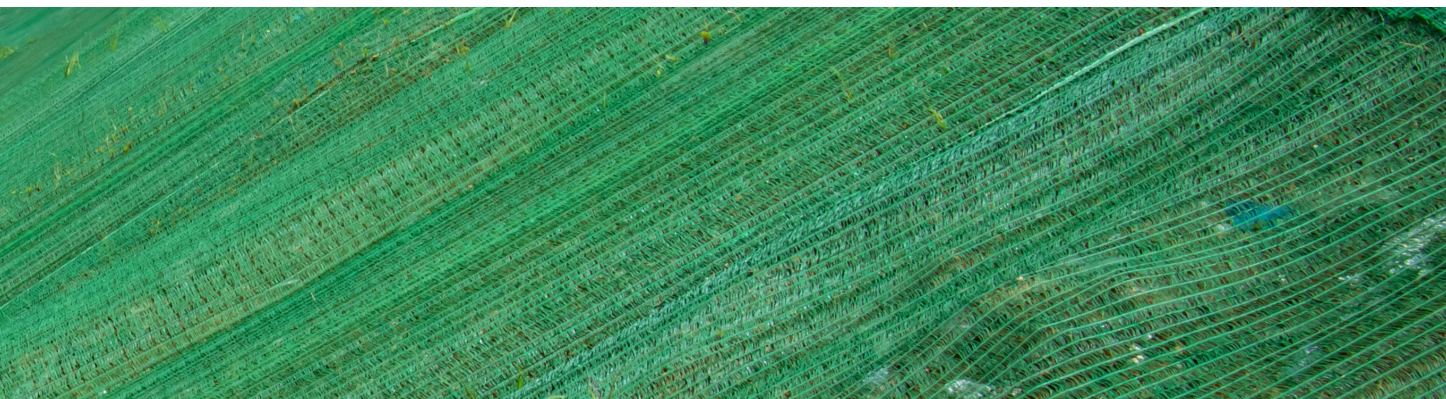
Monitoreo ambiental y/o estudios	Resultado	Interpretación y/o análisis de la información de campo
Muestras de suelo tomadas durante la supervisión de seguimiento	Reporte de ensayo de laboratorio	Comparar los resultados con el ECA para suelo
Información remitida por el administrado	Reporte de ensayo de laboratorio	• Evaluar los resultados de los reportes de ensayo remitidos por el administrado y comparar con el ECA para suelo • Verificar que el laboratorio se encuentre acreditado y vigente, al igual que cada uno de los parámetros de los ensayos reportados, y que los equipos ambientales utilizados durante el muestreo se encuentren acreditados y vigentes ante el Inacal
	Otros informes	Características técnicas de los sistemas de impermeabilización instalados y otros

3.4.2.2. Parámetros para planta de transferencia, infraestructuras de disposición final y planta de tratamiento de residuos sólidos

A continuación, se detalla la manera de interpretar los resultados obtenidos en los otros tres tipos de IRS.

Tabla 30. Planta de transferencia de residuos sólidos, infraestructuras de disposición final de residuos sólidos y planta de tratamiento de residuos sólidos: parámetros para interpretar los resultados del monitoreo ambiental aplicado para la ejecución de las medidas de control y mitigación

Monitoreo ambiental y/o estudios	Resultado	Interpretación y/o análisis de la información de campo
Muestreo del componente suelo y/o agua durante una supervisión, cuando corresponda	Reporte de ensayo de laboratorio	Evaluar los resultados de los reportes de ensayo remitidos por un laboratorio acreditado ante el Inacal y comparar con los ECA vigentes u otra norma internacional de referencia, de corresponder
Información remitida por el administrado	Reporte de ensayo de laboratorio	• Evaluar los resultados de los reportes de ensayo remitidos por el administrado y comparar con los ECA vigentes y las normas internacionales de manera referencial, de ser el caso • Verificar que el laboratorio se encuentre acreditado y vigente ante el Inacal, así como cada uno de los parámetros de los ensayos reportados, y que los equipos ambientales utilizados durante el muestreo se encuentren registrados y calibrados por un laboratorio acreditado ante el Inacal



3.4.3. Riesgos en infraestructuras de residuos sólidos

Los riesgos para el ambiente y para la salud en IRS son de distintos tipos y tienen relación con aspectos físico-químicos, de construcción de la infraestructura y otros factores naturales, cuyos fundamentos se resumen brevemente.

3.4.3.1. Riesgos por material particulado, gases, lixiviados y mercurio en infraestructuras de residuos sólidos

Tabla 31. Infraestructuras de residuos sólidos: sustento técnico de riesgos por material particulado, gases, lixiviados y mercurio

Material particulado

Indicador representativo común de la contaminación del aire. Afecta a más personas que cualquier otro contaminante. Sus principales componentes son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y el agua. Consisten en una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Si bien las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos ($\leq PM_{10}$) pueden penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, que son aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos ($\leq PM_{2,5}$). Las $PM_{2,5}$ pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón⁵.

Por otro lado, se produce un impacto sobre la visibilidad, ya que las partículas en suspensión en el aire interfieren la transmisión de luz dentro de la atmósfera. La dispersión y la absorción de la luz por parte de las partículas da lugar a una degradación de la visibilidad que se manifiesta por una reducción de la distancia a la que podemos ver una imagen con el adecuado contraste y color. Para el público en general, estos efectos ópticos constituyen uno de los indicadores más sensibles de la presencia de contaminación en el aire⁶.

El material particulado en las infraestructuras de residuos sólidos se genera por el movimiento de tierra y el uso de vehículos para el transporte y el desmontaje de residuos sólidos.

Gases de efecto invernadero

Los gases que se acumulan en la atmósfera terrestre y que son capaces de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor, son llamados gases de efecto invernadero (GEI). Los principales son el vapor de agua (H_2O), el CO_2 , el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3).

El CO_2 , uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-oceano-Tierra, es el principal GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. En las actividades humanas se emite principalmente por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y la quema de bosques y por algunos procesos industriales como la fabricación del cemento.

Gases de efecto invernadero

El CH_4 es un fuerte GEI y desempeña un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. La carga atmosférica de metano a finales de la década de 1990 era de $4\,800 \times 1\,012$ gramos, más de dos veces la cantidad presente durante la era preindustrial. La duplicación de su carga atmosférica ha contribuido en aproximadamente el 20 % del forzamiento radiactivo directo debido a emisiones antropogénicas de GEI directos.

Su fuente más importante es la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos:

- Las actividades agrícolas relacionadas con: a) fermentación entérica como consecuencia del proceso digestivo de los herbívoros; b) descomposición en condiciones anaerobias (sin oxígeno) del estiércol generado por especies pecuarias; c) cultivos de arroz bajo riego y d) quemaduras de sabanas y residuos agrícolas.

- Disposición de residuos sólidos.

- Tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas e industriales.

El N_2O , cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6 % del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y la biomasa y la agricultura. La más importante proviene de las emisiones generadas por suelos agrícolas y, en menor grado, por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y la descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas⁷.

Los GEI han provocado el calentamiento global y este, a su vez, ha generado el cambio climático con múltiples efectos adversos para el hombre y la naturaleza.

Biogás

Es el resultado del proceso de descomposición biológica de residuos sólidos de origen orgánico formado por CH_4 (55-70 %), CO_2 (30-45 %) y trazas de COV; estos compuestos son potencialmente perjudiciales para la calidad del aire y la salud y su producción varía dependiendo de la antigüedad del sitio de disposición, por el avance de los procesos de estabilización de los residuos, y de las condiciones ambientales en las que se efectúan.

En su etapa de operación los rellenos sanitarios emiten mayor cantidad de CH_4 con respecto a los rellenos clausurados, porque la degradación de la materia orgánica ocurre en su mayoría en los primeros años. Sin embargo, tras el cierre, un relleno sanitario continúa con la generación y la emisión de biogás, posiblemente por varios cientos de años. La producción de biogás en las primeras etapas de vida de un relleno sanitario puede ser mínima durante meses; sin embargo, en rellenos sanitarios con una vida útil media o recientemente clausurados la producción se puede encontrar en su máxima capacidad y tardar años en dejar de producir este biogás, incluso después de clausurado el relleno.

Por esta razón, la alta producción de biogás generado en los rellenos sanitarios una vez iniciado el proceso de descomposición afecta de manera directa los recursos naturales del ecosistema⁸.

Lixiviados

Es la fracción líquida que se genera con el inicio del proceso de descomposición de los residuos sólidos depositados en un relleno sanitario, varía en función de la clase de residuo dispuesto, el grado de descomposición de los desechos y su cantidad. Es uno de los líquidos más contaminantes que, de no recogerse adecuadamente y luego tratarse, puede contaminar aguas subterráneas y suelos. Los lixiviados poseen un alto contenido de materia orgánica, de nitrógeno y de fósforo, abundante de patógenos e, igualmente, sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos⁹.

En algunos casos, los lixiviados provenientes de rellenos sanitarios en los que se depositen residuos de actividades comerciales e industriales, arrastran disueltas cantidades considerables de COV, que se disuelven en el agua, pero salen fácilmente de solución por tener alta volatilidad. Muchos de estos compuestos son de interés ambiental porque además de ser volátiles son muy tóxicos, de tal forma que el desprendimiento de estos a la atmósfera, sea en los conductos o en el proceso mismo de tratamiento, puede provocar un impacto ambiental de importancia¹⁰.

La caracterización de los lixiviados se realiza con base en ocho parámetros básicos: relación DBO_5/DQO , conductividad, ST, SDT, SST, nitrógeno total y metales pesados.

- Demanda química de oxígeno (DBO).
- Demanda bioquímica de oxígeno medida a los 5 días (DBO_5).
- Índice de acidez (pH).
- La cantidad de nitrógeno total presente en un vertedero varía en función del tiempo de maduración de dicho líquido.
- Maduración del lixiviado, medida mediante la relación DBO_5/DQO .
- La conductividad eléctrica en medios líquidos (disolución) que está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Se debe mencionar que las fracciones orgánicas en una muestra de agua no permiten mayor transporte de energía, lo contrario sucede en las fracciones inorgánicas que se caracterizan por ser buenas conductoras de energía. Por ende, las mayores fracciones orgánicas podrán alterar las condiciones de conductividad de energía¹¹.
- Los sólidos totales miden la presencia de sólidos disueltos y suspendidos en una muestra de agua.
- El nitrógeno total, cuya cantidad presente en el lixiviado de un vertedero varía en función del tiempo de maduración de este líquido.
- Los metales pesados que son los elementos químicos que, al ser metálicos, son también altamente tóxicos para la salud y el medio ambiente debido a su propiedad bioacumulable (talio, cromo, arsénico, mercurio, plomo, níquel, zinc y cadmio).

Lixiviados

La clasificación de los lixiviados por antigüedad es:

Características	Joven	Intermedio	Maduro
Edad (años)	<5	5-10	>10
pH	6.5	6.5-7.5	>7.5
DQO (mg/L)	>10000	4000-10000	<4000
DBO ₅ /DQO	>0.3	0.1-0.3	<0.1
Compuestos orgánicos	80% ácidos orgánicos	5-30% ácidos orgánicos + compuestos húmicos y fúlvicos	Compuestos húmicos y fúlvicos
Metales pesados	Bajo-Medio		Bajo
Biodegradabilidad	Importante	Medio	Bajo

Los lixiviados afectan, principalmente, el recurso agua a través de la contaminación de las aguas subterráneas en las áreas de influencia del relleno sanitario, debido a las altas concentraciones de coliformes totales, aerobio mesófilos, coliformes fecales y metales pesados que infiltran las capas del suelo hasta llegar a las reservas de agua, alterando la calidad del suelo y del agua y, por ende, son nocivos para la salud del ser humano. Asimismo, al romperse la geomembrana de los rellenos sanitarios que impide su comunicación con el suelo, estos liberan componentes tóxicos en las corrientes de agua superficial y subterránea más cercanas, lo que afecta los ciclos de vida acuática y se bioacumulan en los sedimentos, las plantas, los animales y las rocas del ecosistema¹³.

Los efectos de la presencia de lixiviados de residuos sólidos en las corrientes de agua son:

Aspectos negativos debido a la existencia de lixiviados de residuos sólidos en las corrientes de aguas

No útil para labores de uso doméstico, agropecuario y recreativo
 Alteración de las condiciones sanitarias del líquido
 Toxicidad para el ser humano, animales y plantas
 Aumento en la presencia de sólidos totales
 Deterioro del aspecto estético y cristalino
 Taponamiento de acuíferos
 Problemas de olor y gusto
 Fuerte cambio de color
 Formación de cieno
 Formación de flocs

Parámetros afectados	Efectos producidos
Demanda bioquímica de oxígeno	Agotamiento del oxígeno
Hierro	Coloración de herrumbre
Reducción o aumento en el pH	Aumento de toxicidad
Nitrógeno	Precipitación de metales
Metales pesados	Aumento de toxicidad y aparición de algas
Materia orgánica	Aumento de toxicidad
Sólidos totales	Crecimiento de toxicidad
Calcio	Atenuación. Obstrucción de acuíferos
Magnesio	Incremento en la dureza
Fósforo	Aparición de algas

Lixiviados

El tratamiento convencional de lixiviados puede hacerse por tres métodos principales: transferencia de lixiviados: recirculación y tratamiento combinado con aguas residuales; biológicos: aerobia y anaerobia; y métodos físico-químicos: oxidación química, adsorción, precipitación química, coagulación/floculación, sedimentación y extracción con aire. El tratamiento biológico es comúnmente empleado para los lixiviados jóvenes, mientras que el físico-químico es mayormente usado para los lixiviados maduros¹⁴.

Los lixiviados son fáciles de reconocer por su color negro y su fuerte olor. A pesar de que no se generan flujos muy altos, son altamente contaminantes y generan problemas de salud para las personas que tengan algún tipo de contacto, sea por ingestión o por irritación de la piel. Dentro de sus impactos negativos están:

- Olores, los cuales pueden afectar la fauna, la flora y la salud de los seres humanos.
- Vapor que emanan estos líquidos que puede afectar la fauna, la flora y a los seres humanos.
- Contaminación de los suelos cuando los penetran los líquidos, ya que pueden contaminar en sembríos y aguas subterráneas, más si estas se emplean para el consumo humano¹⁵.

Contaminación por mercurio

El mercurio (Hg) es un importante tóxico ambiental con gran impacto sobre la salud humana ya que ocasiona daños irreversibles en el sistema nervioso central, principalmente en las etapas de mayor vulnerabilidad.

Las principales fuentes de liberación del mercurio son (Gaoli y Diego, 2012):

Natural: movilización natural del mercurio tal como se encuentra en la corteza terrestre, como la actividad volcánica o la erosión de las rocas.

Antropogénica: presencia de mercurio en materias primas como los combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo y otros minerales) y en productos industriales como instrumental médico (termómetros, esfigmomanómetros, bujías, amalgamas dentales), termostatos, lámparas fluorescentes, cementeras, faros de automóviles, tratamiento de residuos, cremación y pinturas.

Los efectos sobre la salud son:

Compuestos inorgánicos (absorción y metabolismo): el vapor de Hg se absorbe rápidamente en los pulmones (75-85 % de la dosis inhalada). En forma líquida o vapor apenas se absorbe por la vía gastrointestinal (0,01 %). Por su gran liposolubilidad se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. Una exposición aguda puede provocar:

- Efectos respiratorios: neumonitis química, edema agudo de pulmón, bronquiolitis necrosante.
- Renales: síndrome nefrótico, necrosis tubular o insuficiencia renal.
- Cardiovasculares: hipertensión arterial, taquicardia o insuficiencia cardiaca.
- Gastrointestinales: sabor metálico en la boca, salivación, disfagia, náuseas, diarrea.
- Dermatológicos (es una vía infrecuente de exposición): la acrodinia se presenta con descamación de palmas y plantas, hiperhidrosis, prurito, exantema y artralgias.
- Neurológicos: alteraciones cognitivas, sensoriales, motoras y neuroconductuales.

Compuestos orgánicos (absorción y metabolismo): la principal vía de exposición para estos compuestos es la oral, aunque también puede producirse a través de la vía respiratoria o de la piel. En los glóbulos rojos, el MeHg se une a la hemoglobina y una fracción queda en el plasma. Menos del 1 % del mercurio presente en la sangre se distribuye en los órganos. Una exposición aguda puede provocar:

- Efectos neurológicos: parestesias, ataxia, sordera, alteraciones visuales, temblores, espasticidad muscular y muerte.
- Renales: necrosis tubular aguda y glomerulonefritis y evolucionar a insuficiencia renal.

Toxicidad

Se entiende por toxicidad o acción tóxica la capacidad relativa de una sustancia para ocasionar daños en los organismos vivos una vez que ha alcanzado un punto del cuerpo susceptible a su acción, mediante modificaciones de las funciones del organismo a nivel celular, bioquímico o molecular que darán lugar a una manifestación observable o efecto.

Los residuos sólidos peligrosos que presentan toxicidad son las sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, pueden provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

Para que un residuo químico tóxico se convierta en riesgo es necesario que el ser u organismo vivo se encuentre expuesto los suficiente en términos de concentración o dosis, tiempo y frecuencia; es decir, que se excedan los valores límites establecidos para dicha sustancia en dichos parámetros.

Los residuos tóxicos son los siguientes:

- Sólidos con metales pesados (termómetros, plomo sólido y minerales residuales con arsénico, cobre o plomo).
- Precipitados con metales pesados (arsénico, plomo, mercurio o cadmio).
- Soluciones con metales pesados (plata, cadmio) o solución acuosa con metales pesados (arsénico, plomo, mercurio, cadmio, selenio, berilio o aluminio).
- Tubos fluorescentes, soluciones con cromo, baterías de plomo, pilas y baterías.
- Equipos en desuso (como interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitores de PCB, o contaminados con cadmio, mercurio, plomo o PCB).
- Residuos de asbesto o fenol, orgánicos halogenados, productos farmacéuticos vencidos, pesticidas (residuos de biocidas, plaguicidas y productos fitofarmacéuticos) o soluciones con cianuros.
- Tinta (tóner) y cartuchos (*cartridge*) de impresoras.
- Tóxicos (colorantes sintéticos, acrilonitrilo, anilina, cloruro de polivinilo, residuos que no poseen identificación por ser históricos).

La sustancia de estos residuos tiene la capacidad de ser letal en baja concentración o de producir efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos.

3.4.3.2. Riesgos en la etapa de construcción en infraestructuras de residuos sólidos

Tabla 32. Relleno sanitario: Riesgos en la etapa de construcción

Inestabilidad de talud

Las principales causas de inestabilidad de taludes en rellenos sanitarios son:

- Fracturas en el suelo que pueden causarse por diferencias de asentamiento en el subsuelo o fundación, o porque se excede su capacidad soportante.
- Fracturas de talud que ocurren cuando la inclinación de los taludes es demasiado alta (excesiva).
- Colapso de los muros de partida por la acumulación de lixiviados en el interior de las celdas, o cuando estas no son capaces de sostener la presión de los residuos.
- Deformación plástica del suelo bajo las capas de residuos debido, por ejemplo, a una insuficiente compactación o a la acumulación de lixiviados.
- Deslizamientos de residuos a lo largo de fracturas en el cuerpo del relleno, al existir asentamientos diferenciales que fracturan algunas zonas del relleno.
- Inestabilidad de ciertas zonas construidas en el cuerpo del relleno por rotura de cañerías de drenaje u otras partes del relleno que podrían originar diferencias en los asentamientos.

Uno de los motivos principales de la baja estabilidad de los taludes de residuos sólidos es que los lixiviados generados en el relleno, si no se drenan en forma adecuada, se acumulan y, junto con el biogás, elevan las presiones causando una disminución en el tiempo de los parámetros de resistencia cortante (ángulo de rozamiento y cohesión) del relleno¹⁶.

Asentamiento

Cuando un punto de la superficie del relleno sanitario reduce su elevación se dice que está sufriendo asentamientos. La variación depende tanto del tiempo como de la profundidad del relleno.

Conocer la tasa de asentamiento es de vital importancia para calcular la vida útil de un relleno sanitario. Por otra parte, permite prevenir daños a estructuras internas como recolectores de lixiviados, recolectores de gases, capas de impermeabilización en el fondo y pozos de recolección, las cuales se verían comprometidas por la acción de estos asentamientos. Los asentamientos excesivos pueden producir fracturas en el sistema de cobertura final, lo que traería consigo la salida directa de contaminantes a la atmósfera¹⁷.

El comportamiento de los asentamientos en los rellenos sanitarios comprende cinco etapas:

- Compresión física y flujo plástico por distorsión mecánica, doblamiento, choque y reorientación de partículas.
- Asentamiento no uniforme debido a la migración de pequeñas partículas a los vacíos entre las grandes partículas.
- Comportamiento viscoso y fenómeno de consolidación que involucra tanto al esqueleto sólido como a las partículas o sus componentes.
- Asentamiento por descomposición debido a la biodegradación de los componentes orgánicos.
- Colapso por procesos físico-químicos (corrosión, oxidación, degradación de componentes inorgánicos). Deformación residual.

Según los especialistas, las primeras tres etapas y, posiblemente, la cuarta sean función del peso del desecho y su sobrecarga mayoritariamente. Por lo tanto, habrá mayor asentamiento en las partes más profundas del relleno, mientras que las capas superiores estarán solo comprimidas por la compactación aplicada con maquinaria si es el caso.

Asentamiento

El asentamiento final tiene un comportamiento irregular; sin embargo, el inicial lo activa el peso propio de la basura o de las cargas de compactación a las que se someta el desecho. No son iguales los asentamientos inducidos por carga mecánica que los asentamientos independientes de la basura en sí.

Erosión de talud

La erosión de talud afecta a la infraestructura de varias maneras¹⁸:

Pérdidas de suelo: la erosión provoca una pérdida de suelo de los taludes, sean terraplenes o desmontes, que ocasionan graves problemas ambientales y estructurales. A medida que esta erosión aumenta crecen las dificultades para la restauración y el mantenimiento del talud.

Producción de sedimentos: los sedimentos que arrastra el agua hasta el pie de los taludes pueden provocar:

- Aumento en el costo de mantenimiento.
- Dispersión de contaminantes procedentes de los gases de combustión de los vehículos que se depositan sobre los taludes.

Deterioro del talud: el aumento de la presión del agua en los poros del suelo o en el material poroso que constituye el talud puede inducir deslizamientos o, alternativamente, generar cárcavas que lo deterioren.

Los principales factores que influyen en la erosión son:

Características del suelo: distribución del tamaño de partículas (textura), contenido de materia orgánica, estructura, permeabilidad.

Cubierta vegetal: su existencia proporciona beneficios con respecto a la erosión, como protección de la superficie del suelo del impacto de las gotas de agua, incremento de la resistencia del suelo al esfuerzo de corte de la escorrentía gracias a las raíces, mejora de la capacidad de infiltración del suelo, aumento de la rugosidad hídrica que disminuye la velocidad de la escorrentía, y menor humedad del suelo por la transpiración de las plantas.

Topografía: la forma y la longitud de la pendiente.

Clima: frecuencia de ocurrencia, intensidad y duración de la lluvia.

Por ello, los sistemas o productos ayudan a la revegetación de taludes con características desfavorables, como puede ser una gran pendiente o suelos extremadamente degradados, al aumentar la aspereza de la superficie del suelo para mitigar la erosión. Se emplean varios métodos:

Acolchado (mulching): que consiste en crear una cobertura del suelo con distintos materiales, orgánicos o inorgánicos. El inorgánico puede estar formado por rocas volcánicas, caucho reciclado o algunos geotextiles. El orgánico, formado por una gran variedad de compuestos como rastrojos de cosechas, paja, cañas de maíz, hojas o cortezas de árboles, astillas o virutas de madera, puede mejorar la calidad del suelo al descomponerse. La cubierta protege del impacto de las gotas de lluvia y reduce la velocidad de la escorrentía, al tiempo que reduce la temperatura del suelo y conserva su humedad.

Plantación vegetal: método muy efectivo que usa barreras vegetales perpendiculares a la línea de máxima pendiente. Se deben utilizar especies perennes capaces de adaptarse a las condiciones del talud, incluida la capacidad de producir biomasa.

Mallas o redes orgánicas: elaboradas con productos formados por fibras naturales o sintéticas, en combinación con otras técnicas de bioingeniería como las empalizadas.

3.4.3.3. Riesgos por contingencias en infraestructuras de residuos sólidos

Tabla 33. Infraestructuras de residuos sólidos: Riesgos por contingencias

Incendios

Determinado por dos conceptos claves: la probabilidad de materializarse y los daños que puede ocasionar. Razón por la cual, internacionalmente¹⁹, el nivel de riesgo de incendio se calcula multiplicando la probabilidad de inicio del incendio por las consecuencias que se derivan de este.

La probabilidad de inicio de incendio responde a las medidas de prevención no adoptadas que permiten la coexistencia en espacio, tiempo e intensidad suficiente del combustible y el foco de ignición.

Combustible: su peligrosidad depende fundamentalmente de su estado físico (sólido, líquido o gaseoso) y, en cada uno de estos estados, de otros aspectos ligados a sus propiedades físico-químicas, su grado de división o fragmentación, etc. En el caso de combustibles sólidos su grado de fragmentación es fundamental ya que a mayor división se precisa de menor energía (en intensidad y duración) para iniciar la combustión. Para líquidos y gases inflamables concurren la concentración combustible-aire precisa para la ignición (límite inferior de inflamabilidad) y la energía de activación necesaria (energía mínima de ignición) para que se produzca la reacción de combustión. Asimismo, es un parámetro fundamental para los líquidos la temperatura mínima a la que el combustible emite vapores suficientes para que se forme la mezcla inflamable (temperatura de inflamación o *flash point*).

Foco de ignición: aporta la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción. Estos focos son de distinta naturaleza, pueden ser de origen térmico, mecánico, eléctrico o químico:

- En el caso de los focos eléctricos deben tenerse en cuenta: chispas debido a interruptores, motores, etc.; cortocircuitos; sobrecargas; descargas eléctricas; etc.
- En el caso de los focos mecánicos deben considerarse: herramientas que pueden producir chispas; roces mecánicos; etc.
- Finalmente, para los focos químicos se deben considerar sustancias reactivas/ incompatibles; reacciones exotérmicas; sustancias autooxidables; etc.

Una vez que se inicia el incendio, si no se actúa a tiempo y con los medios adecuados, se producirá su propagación y ocurrirán consecuencias que son daños materiales y a las ocupantes. Para determinar la magnitud de las consecuencias, los factores a analizar son las medidas de protección contra incendios pasivas o activas.

Medidas de protección pasiva: aquellas cuya eficacia depende de su mera presencia; no actúan directamente sobre el fuego, pero pueden dificultar o imposibilitar su propagación, evitar el derumbe del edificio o facilitar la evacuación o la extinción. Por ejemplo: ubicación de la empresa en relación a su entorno; situación, distribución y características de los combustibles en las infraestructuras; o características de los elementos constructivos de las infraestructuras.

Medidas de protección activa: aquellas de lucha contra incendios. Por ejemplo: adiestramiento del personal en actuaciones de lucha contra incendios; medios de detección de incendios; medios de lucha contra incendios (extintores); vías de evacuación; plan de emergencia; facilidad de acceso a servicios de extinción de incendios exteriores; o mantenimiento de sistemas de detección, alarma y extinción.

La exposición de las personas al humo proveniente de la quema de la biomasa tiene una relación consistente con el incremento de síntomas respiratorios, mayor riesgo de enfermedades respiratorias y disminución de la función pulmonar²⁰.

Proliferación de vectores

Entre los factores de la proliferación de vectores se encuentran los siguientes²¹:

- Condiciones climáticas favorables asociadas normalmente a la estacionalidad.
- Humedad, presencia en algunos casos de cauces fluviales, zonas fluviales o encharcadas y/o deficiencias estructurales en el saneamiento de las aguas residuales.
- Presencia de nutrientes: suciedad, materia orgánica abandonada, basura, desechos materiales, animales a los que parasitar.
- Posibilidad de establecer guaridas-refugios lejos del alcance del hombre.
- Ausencia de depredadores.
- Ausencia de control físico, químico o biológico.

Esta proliferación se ve favorecida por la existencia de rellenos sanitarios incontrolados, escombreras, red general de alcantarillados en mal estado, incorrecto recojo o disposición de residuos, falta de higiene y limpieza periódica de zonas de alto riesgo como sótanos, graneros, solares abandonados, etc. Todos son puntos insalubres que pueden servir de hábitat para su desarrollo (aguas estancadas), factores ambientales que es necesario eliminar para impedir su desarrollo masivo.

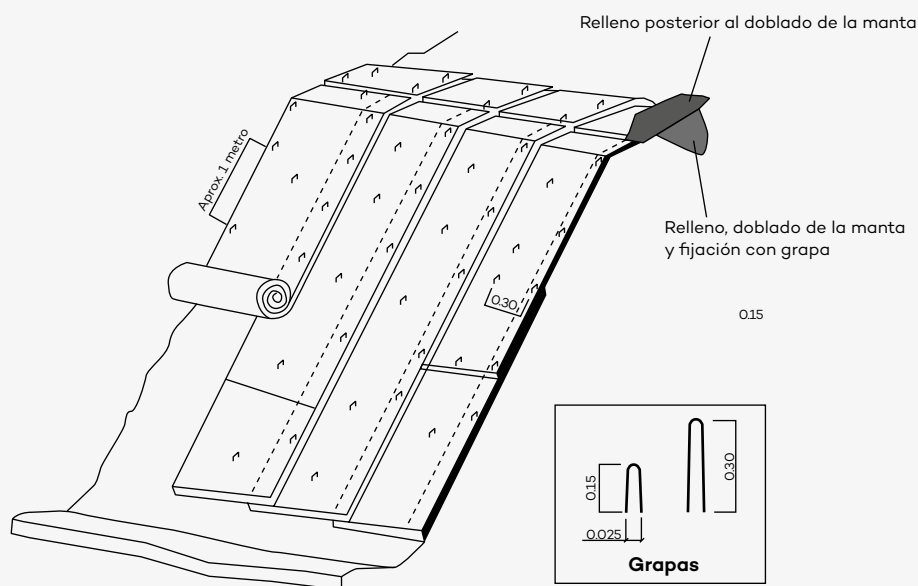
El control de vectores se realiza eliminando los botaderos de residuos sólidos, evitando la mala disposición de los residuos, mejorando los diversos procedimientos operativos, etc.; para llevarlo a cabo se deben emprender las siguientes acciones:

Inspección: observación del lugar a tratar y colocar testigos para detectar el grado y el tipo de infestación.

Diagnóstico: antes de realizar cualquier tipo de acción, el encargado de control vectorial debe realizar un diagnóstico de situación sobre el lugar en el que se quiere realizar una desinfección y/o desratización. Este diagnóstico debe contener los siguientes puntos:

- Identificación de las especies de artrópodos y roedores a combatir.
- Estimación de la densidad de su población.
- Posible origen de las especies.
- Factores ambientales que originen o favorezcan su proliferación.
- Propuestas de actuación físicas, químicas y/o biológicas.

Instalación de mallas o mantas orgánicas



Proliferación de vectores

La prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores varía de año en año en función de las condiciones meteorológicas, incluyendo temperaturas máximas y mínimas, cantidad de lluvia y régimen de vientos. La mayoría de las enfermedades más importantes transmitidas por vectores no se pueden prevenir por vacunas o quimioterapia. Su control se basa en la capacidad de reducir la fuente de vectores y el contacto entre los vectores y el hombre.

Tradicionalmente, el control de vectores y plagas se realizaba mediante la aplicación de plaguicidas. Si bien estos productos han conseguido disminuir la incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores, su utilización masiva supone un riesgo de contaminación para personas, animales, alimentos y, en general, el medio ambiente. El peligro de los plaguicidas se relaciona con sus características medioambientales: alta persistencia en el medio y bioacumulación en la cadena trófica; y con los riesgos para el hombre que se derivan de su uso: afectación neurológica y/o endocrina, capacidad carcinogénica/teratogénica, etc. Por tanto, es muy importante señalar que puede conseguirse una eliminación altamente efectiva de vectores y plagas mediante la utilización de métodos físicos y técnicas de saneamiento del medio.

Manipulación de materiales peligrosos

Material peligroso es cualquier producto químico, orgánico o sintético que, por las características de los elementos que lo forman, se torna nocivo para el ambiente o para la seguridad de las personas por lo que puede afectar al agua, al suelo, al aire o, directamente, a la salud de los seres vivos. De acuerdo con el *Reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos*²², se consideran como tales: explosivos, gases, líquidos inflamables, sólidos inflamables, sustancias comburentes y peróxidos orgánicos, sustancias tóxicas y sustancias infecciosas, materiales radiactivos, sustancias corrosivas y sustancias y objetos peligrosos varios.

Los materiales y los residuos peligrosos se identificarán con el número indicado en la lista de mercancías peligrosas del Libro Naranja de las Naciones Unidas.

La manipulación de los materiales peligrosos debe realizarse atendiendo las siguientes consideraciones de seguridad:

- Tener un procedimiento de trabajo en el que se consideren los riesgos y su control.
- En mezclas de materiales peligrosos se deben conocer los riesgos a la salud, de inflamabilidad y de reactividad de la mezcla; así como los EPP e identificar apropiadamente dichos compuestos.
- El personal que manipule o utilice materiales peligrosos debe utilizar los EPP necesarios para el riesgo de los productos que maneja.
- Las áreas de trabajo en las que se manipulen materiales peligrosos deben señalizarse claramente advirtiendo los riesgos, el ingreso a estas instalaciones deberá estar restringido solo al personal autorizado, deben contar con sistemas de ventilación natural y, cuando esta no sea posible, se deberá instalar sistemas de extracción forzada que impidan la acumulación de gases y/o vapores. Las condiciones de temperatura y humedad requeridas por estos materiales peligrosos deberán ser monitoreadas continuamente con sistemas que registren las condiciones que demanda para mantener la trazabilidad y el control de las condiciones del lugar de almacenamiento.
- Las instalaciones deberán tener elementos para la atención de emergencias, como duchas lavaojos, duchas de emergencia, equipo antiderrame y un plan de emergencias, con el listado de las sustancias almacenadas allí.
- Todo trabajo que implique la manipulación de materiales peligrosos debe contar con un procedimiento o una instrucción de trabajo que indique los riesgos del material y los controles operacionales necesarios²³.

Manipulación de materiales peligrosos

El almacenamiento de los materiales peligrosos se debe realizar de la siguiente manera:

- Considerando la compatibilidad de los materiales y teniendo en cuenta las indicaciones de la hoja de seguridad.
- Las zonas de almacenamiento de materiales peligrosos deben identificarse de acuerdo con la Norma Técnica Peruana 399.010.1 Señales de Seguridad. Los envases de los gases deben estar identificados de acuerdo con la Norma Técnica Peruana 399.013 Colores de identificación de gases industriales contenidos en envases a presión como cilindros, balones, botellas y tanques.
- El almacenamiento de hidrocarburos en tanques deberá seguir el *Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos*²⁴ y el *Reglamento para la comercialización de líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos*²⁵.
- Si se almacenan materiales peligrosos líquidos en cilindros de 55 galones o menos, estos deben estar en buenas condiciones (rotulados, no estar oxidados, sin defectos estructurales o deterioros y no presentar fugas). Deberán almacenarse verticalmente y como máximo en dos niveles.
- Las zonas de almacenamiento deben tener un sistema de contención secundario impermeable consistente en diques, bermas o paredes de retención. Los pisos y las paredes deben ser impermeables en el volumen que cubra el sistema de contención.
- No se deberán almacenar junto a materiales que puedan reaccionar y causar incendios o explosiones ni cerca de equipos de tensión o equipos en servicio.

Para responder ante una emergencia se seguirá este procedimiento:

- En las zonas de almacenamiento de materiales peligrosos debe indicarse los puntos en los que están ubicados los equipos de emergencia, alarmas, salidas de evacuación, botiquines, duchas, lavaojos, puestos de primeros auxilios y puntos de reunión en caso de emergencias.
- Ante cualquier fuga o derrame que pueda ser controlado se procederá a colocar bandejas o recipientes del tamaño adecuado con el fin de controlar la fuga. Luego, deberá dejarse completamente limpio el lugar de trabajo.
- Si ocurre una fuga o un derrame sobre una superficie impermeabilizada se procede a absorber el material con arena o aserrín u otro material similar y a limpiar la superficie con un desengrasante.
- En caso de contacto con material peligroso se deberá aplicar agua en la zona afectada.

Vibraciones y ruido

La exposición a vibraciones se produce cuando, al entrar en contacto con los organismos, los imbuyen en un movimiento oscilatorio generado por otro elemento, lo que puede afectar la totalidad o una parte del cuerpo y producir mareos, cefaleas, trastornos gástricos, etc. Existen distintas magnitudes utilizadas para describir los efectos de las vibraciones, aunque la empleada con mayor frecuencia es la aceleración.

Vibraciones y ruido

Las vibraciones se pueden clasificar según distintos criterios (Comunidad de Madrid, 2012):

Según la parte del cuerpo que afectan:

- Vibraciones globales. Cuando afectan al cuerpo en su totalidad. A este tipo de vibración se asocian traumatismos en la columna vertebral, dolores abdominales, problemas de equilibrio, dolores de cabeza, trastornos digestivos, etc.
- Vibraciones parciales. Cuando afectan a subsistemas del cuerpo. El más característico es mano-brazo por ser la zona de contacto con la fuente de vibración.

Según las características físicas:

- Vibraciones libres, periódicas. Cuando existen fuerzas externas que modifican la amplitud de las sucesivas ondas.
- Vibraciones no periódicas. Cuando se produce un movimiento oscilatorio transitorio, como sucede en el caso de golpes o cualquier tipo de choques.
- Vibraciones aleatorias. Cuando se produce de forma irregular, no pudiendo preverse su amplitud en un momento concreto.

Según la frecuencia de las vibraciones:

- Muy baja frecuencia (menor a 1 Hz). Vibraciones de aceleración que suelen transmitirse en los medios de transporte causando alteraciones en el oído y en el sentido del equilibrio.
- Baja y media frecuencia (de 1 a 20 de Hz). Vibraciones que afectan a la columna vertebral, al aparato digestivo, a la visión y a la función cardiovascular.
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz). Vibraciones que pueden producir problemas circulatorios, en las articulaciones, musculares e incluso quemaduras por el rozamiento.

Según el origen de las vibraciones:

- Generadas en procesos de transformación. Vibraciones no periódicas, como las que se originan por los martillos neumáticos, prensas que se generan entre las piezas de la máquina y los elementos que transforman.
- Propias del funcionamiento de las maquinarias o de los materiales. Vibraciones producidas por motores, alternadores o que provienen de la circulación de la maquinaria por terrenos irregulares de las obras.
- Por fallos en el funcionamiento de las maquinarias. Vibraciones que suelen deberse a un incorrecto mantenimiento de estas que genera desgaste de piezas, falta de lubricación, desequilibrio, etc.

En relación al ruido se puede diferenciar dos tipos:

- La emisión sonora se refiere a las fuentes originarias o causantes de ruido, con independencia del entorno en el que se encuentren y del tiempo de funcionamiento.
- La inmisión sonora o exposición es el impacto del ruido que produce un punto de trabajo determinado, dependiendo de la distancia de la fuente, del tiempo de exposición, de las características del entorno o local, y de la movilidad del trabajador quien la recibe.

La pérdida de audición debida a la exposición al ruido en el lugar de trabajo es una de las enfermedades profesionales más habituales. Puede presentarse de diversas formas:

- Desplazamiento temporal del umbral o pérdida temporal de audición, efecto producido por una exposición breve en un lugar ruidoso. Cuando más tiempo se encuentra el trabajador expuesto mayor será el tiempo necesario para su recuperación. Un síntoma adicional es el zumbido constante o «tinnitus», lo que se presenta una vez abandonado el puesto de trabajo.
- Pérdida permanente de audición, cuando un trabajador se encuentra expuesto durante un largo periodo de tiempo a ruidos de intensidad moderada o alta de más de 80 decibeles, se puede producir una pérdida de audición permanente.

Vibraciones y ruido

Dentro de los efectos no auditivos los más comunes son:

Disminución de la coordinación y concentración. La exposición de los trabajadores al ruido produce una descoordinación y una desatención por lo que aumenta el riesgo de accidentes.

Aumento de la tensión. El ruido provoca un aumento de la tensión que da lugar a alteraciones:

- Circulatorias, incluyendo trastornos y problemas cardíacos por aumento en la presión sanguínea.
- Del sistema nervioso que puede ocasionar insomnio, cansancio o fatiga.
- Estomacales que pueden generar úlceras.
- Alteraciones musculares que producen contracturas.

Disminución de la productividad por aumento de distracciones, falta de concentración, cansancio y fatiga.

La evaluación de riesgos debe incluir los controles necesarios para su seguimiento y cumplimiento, así como revisarse periódicamente y siempre que exista alguna modificación de las condiciones de trabajo o actividad, como puede ser, por ejemplo, la inclusión de una nueva máquina o equipo, o cuando se hayan detectado daños en la salud de los trabajadores que revelen que el control de riesgos es insuficiente o inadecuado.

La evaluación de riesgos se realizará por cada puesto de trabajo e incluirá: la identificación del puesto de trabajo, el riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados, el resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes, la referencia de los criterios, los procedimientos de evaluación y los métodos de medición utilizados.

Los ECA para ruido que establece el *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*²⁶ son:

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS EN L_{AeqT}	
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70



Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental