

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL CIERRE TÉCNICO
DEL RELLENO SANITARIO DE IRTRA – RETALHULEU.**

Por:

Alejandra Heunize Aguilar Vides

Carné: 20180711

CUI: 3386 96199 1001

heunizev@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez septiembre de 2,025.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN

PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DE IRTRA – RETALHULEU.

Por:

Alejandra Heunize Aguilar Vides

201807811

ASESOR:

Ing. Agro. Celso González Morales

REVISOR:

Ing. Allan Fernando Castro Czech

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente
-CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a
conferírsele el título que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental Local
en el grado académico de Licenciado.

Mazatenango, Suchitepéquez abril de 2,025.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Suroccidente

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Director

Representante de los Profesores

M.Sc. Edgar Roberto Del Cid Chacón

Vocal

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Vocal

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

Representantes Estudiantiles

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderíco Alonzo Solis

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

Dr. Luis Gregorio San Juan Estrada

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez

Coordinador de las Carreras de Pedagogía, plan diario

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

M.Sc. Martín Salvador Sánchez Cruz

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y

Notario

Lcda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinador de las carreras de Pedagogía

Lic. Nestor Fridel Orozco Ramos

Coordinador Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la

Comunicación

Lic. Heinrich Herman León

DEDICATORIA

A DIOS:

Por ser mi guía constante, por darme la fortaleza en los momentos difíciles y por nunca soltar mi mano en este camino. Gracias por tu amor infinito y por iluminarme en cada paso que doy.

A MI MADRE:

Judith Alejandra, por tu amor incondicional, por tu ejemplo de lucha, sacrificio y fe. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por tus oraciones silenciosas, y por ser mi mayor inspiración. Todo lo que soy y lo que logre siempre será en gran parte gracias a ti.

A YOVANI:

En agradecimiento por su apoyo.

A MIS HERMANOS:

Alejandro y Fernando, por ser mi primer equipo, mi refugio y mi fuerza, por las risas compartidas, por el apoyo incondicional y por caminar conmigo, cada uno a su manera, en esta travesía de la vida.

A EMA:

Por venir a llenar mi vida de luz, ser mi motivación en este proceso, por estar presente en mi vida con alegría, cariño y complicidad.

A MI ABUELA:

Magda Judith, por ser un pilar de sabiduría, ternura y fortaleza.

Gracias por tus palabras sabias, tus abrazos sinceros y tu amor sin medida.

Tu ejemplo y tu presencia han dejado una huella imborrable en mi corazón.

A MI TÍA:

Kharla, por tu amor generoso, por cuidarme con el corazón y por estar siempre cuando más te necesitaba.

Tu cariño, tus consejos y tu fortaleza han sido una guía invaluable en mi camino.

A MIS TÍOS:

Enrique y Ana Luisa, por apoyarme y estar presente en este camino.

A MI FAMILIA:

Por ser mi raíz, mi refugio y mi fuerza. Gracias por el amor incondicional, el apoyo constante y por enseñarme el valor de estar unidos en cada etapa de la vida.

A MIS AMIGOS:

Por ser compañía en los días felices y apoyo en los momentos difíciles.

Gracias por las risas compartidas, los consejos sinceros y la lealtad que no conoce distancia ni tiempo.

AGRADECIMIENTO

- A:** Universidad de San Carlos de Guatemala por ser mi casa de estudios y a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por formarme como profesional.
- AL:** Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala por el apoyo durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.
- A:** La Inga. Sharon Quiñonez jefa de Control Ambiental en IRTRA por su apoyo y acompañamiento en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.
- A:** Ing. Celso González Morales, Ing. Allan Castro e Inga. Lucrecia Vela por su asesoría y acompañamiento en la realización de la investigación.
- A:** Licda. Karen Pérez, por su acompañamiento y apoyo durante toda la carrera.
- A:** Todo el personal docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por sus enseñanzas y ayudarme a formarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 MARCO REFERENCIAL	2
2.1.1 Antecedentes históricos de IRTRA	2
2.1.2 Generalidades de IRTRA.....	2
2.1.3 Gestión de residuos y desechos sólidos en IRTRA.	3
2.1.3.1 Centro de acopio	4
2.1.3.2 Traslado de los desechos hacia la planta de tratamiento	4
2.1.4 Planta de Tratamiento de Residuos y Desechos Sólidos (PTRS).....	4
2.1.4.1 Cámara de compostaje	5
2.1.4.2 Desechos para co-procesamiento	6
2.1.4.3 Relleno sanitario	6
2.1.4.4 Desechos no recuperables para relleno sanitario.....	7
2.1.4.5 Tratamiento de lixiviados	7
2.1.5 Desechos bioinfecciosos	8
2.1.6 Personal de la planta de tratamiento de desechos sólidos.....	9
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.2.1 Desechos sólidos.	10
2.2.2 Residuos sólidos	11
2.2.3 Clasificación de los desechos sólidos.	11
2.2.3.1 Desechos sólidos orgánicos.....	11
2.2.3.2 Desechos sólidos inorgánicos	12
2.2.3.3 Desechos peligrosos.....	13
2.2.4 Métodos para la disposición de los desechos sólidos	14
2.2.5 Legislación ambiental relacionada al manejo de residuos y desechos sólidos..	15
2.2.6 Identificación y valoración de impactos ambientales.....	17
2.2.6.1 Métodos de identificación y valoración de impactos ambientales.	19
2.2.6.2 Matrices (Leopold).....	22
2.2.7 Relleno sanitario	23

2.2.7.1	Métodos de relleno sanitario	24
2.2.7.4	Especificaciones técnicas que deben cumplir los rellenos sanitarios	25
2.2.8	Disposición final	28
2.2.9	Laguna de lixiviados	29
2.2.10	Métodos para la recuperación del área del relleno sanitario	29
2.2.11	Medidas de mitigación: prevención y corrección de impactos	30
III.	OBJETIVOS	32
3.1	Objetivo general	32
3.2	Objetivos específicos	32
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
4.1	Materiales y recurso humano	33
4.1.1	Metodología	33
4.1.2	Identificación de la categoría del proyecto de cierre técnico del relleno sanitario	34
4.1.3	Ejecución de los términos de referencia.	34
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1	Determinación de la vida restante del relleno sanitario	38
5.2	Identificación de la categoría del proyecto	39
5.3	Términos de referencia de “Cierre técnico definitivo de sitios de disposición final (relleno sanitario)”	40
5.4	Propuesta del instrumento ambiental del cierre técnico de sitios de disposición final (rellenos sanitarios)	40
VI.	CONCLUSIONES	43
VII.	RECOMENDACIONES	44
VIII.	REFERENCIAS	45
IX.	ANEXOS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Gestión de residuos y desechos sólidos	3
2. Ubicación general del relleno sanitario	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Tiempo de degradación de los desechos sólidos inorgánicos	12
2. Ejemplo de la Matriz de Leopold	23
3. Materiales para la elaboración del Instrumento Ambiental	33
4. Recursos humanos para la elaboración del Instrumento Ambiental	33
5. Escala de importancia	37

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Términos de referencia para el cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA...	49
2. Propuesta del plan de gestión ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA, Retalhuleu.....	56

RESUMEN

La propuesta para el cierre técnico del relleno sanitario ubicado en las instalaciones del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA) surge debido a que este sitio ha alcanzado el 90% de su capacidad de recepción de desechos.

Este plan establece un conjunto de acciones específicas destinadas a garantizar una clausura segura y controlada del sitio de disposición final de residuos. El principal objetivo es minimizar los impactos ambientales y salvaguardar la salud pública tras el cese de las operaciones.

Las medidas propuestas se incluyen:

- Jardinización del área, con la plantación de especies como jengibre, limón, almendros y guanabas, para contribuir a la rehabilitación del terreno.
- Monitoreo de aguas residuales que son provenientes del área de clasificación en la planta de tratamiento, cámaras de compostaje y del relleno sanitario, para ello se realizarán caracterizaciones semestrales para verificar que los parámetros se mantengan dentro de los límites establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.
- Control de ruido, por el uso de maquinaria pesada en el proceso del cierre del relleno sanitario programado, mediante mediciones periódicas para asegurar que los niveles sonoros no superen los 70 decibeles.
- Monitoreo de gases, para evaluar y gestionar los gases que pueden llegar a ser generados por los desechos inorgánicos compactados al momento del cierre del relleno sanitario.

Se identificaron, así mismo, los posibles impactos ambientales, económicos y sociales asociados con estas actividades, así como las alteraciones que podrían surgir en el entorno durante la implementación del plan. Estas consideraciones serán clave para asegurar un eficiente cierre técnico del relleno sanitario.

ABSTRACT

The proposal for the technical closure of the sanitary landfill located on the premises of the Recreational Institute for Private Sector Workers of Guatemala (IRTRA) arises due to the site having reached 90% of its waste reception capacity.

This plan outlines a set of specific actions aimed at ensuring a safe and controlled closure of the final waste disposal site. The main objective is to minimize environmental impacts and safeguard public health following the cessation of operations.

The proposed measures include:

- Landscaping of the area, with the planting of species such as ginger, lemon, almond trees, and soursop to contribute to land rehabilitation.
- Monitoring of wastewater, originating from the sorting area at the treatment plant, composting chambers, and the landfill itself. Biannual characterizations will be conducted to ensure that parameters remain within the limits established in Governmental Agreement 236-2006.
- Noise, control due to the use of heavy machinery during the scheduled landfill closure process, through periodic measurements to ensure sound levels do not exceed 70 decibels.
- Gas monitoring, to evaluate and manage gases that may be generated by the compacted inorganic waste at the time of landfill closure.

Additionally, the potential environmental, economic, and social impacts associated with these activities were identified, as well as the changes that may arise in the surrounding environment during the implementation of the plan. These considerations will be key to ensuring an efficient technical closure of the sanitary landfill.

I. INTRODUCCIÓN

Se presenta la investigación inferencial realizada como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local (EPSIGAL) realizado en el Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala -IRTRA- en el departamento de Retalhuleu, en el municipio de San Martín Zapotitlán, titulado “Propuesta del plan de gestión ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario de IRTRA-Retalhuleu.”

Esta investigación surge ante la proximidad del límite de capacidad del actual relleno sanitario, el cual inició operaciones el 16 de marzo del 2005, cumpliendo así 19 años al servicio de la institución, lo que hace necesaria su clausura e impulsa la apertura de un nuevo sitio para la disposición de residuos generados en IRTRA.

La capacidad total del relleno sanitario es de 48,000 metros cúbicos y cubre un área de 3,200 metros cuadrados y para el año 2,024 se ha utilizado el 90% de su capacidad de recepción de desechos.

Dentro de la propuesta del plan de gestión ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario ubicado en las instalaciones del IRTRA, se contempla una fase previa esencial que incluye el cierre físico y controlado del área donde actualmente se encuentra el relleno. Esta fase considera la implementación de un proceso de jardinería para la recuperación paisajística del sitio, así como la aplicación de medidas de mitigación orientadas a minimizar los impactos ambientales residuales.

Además, se establece un plan de contingencia que permita responder de manera oportuna ante cualquier eventualidad durante el proceso de cierre, y se incorpora un plan de monitoreo que garantice el seguimiento continuo de las condiciones ambientales del área a mediano y largo plazo, asegurando así una clausura responsable.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Antecedentes históricos de IRTRA

Instituto de Recreación de los Trabajadores de la empresa Privada de Guatemala – IRTRA- fue creado por decreto 1528 del Congreso de la República de Guatemala en 1962; es una institución dedicada a proveer esparcimiento y recreación con excelencia en el servicio a la comunidad, especialmente a los trabajadores de la empresa privada y sus familias. (Quiñónez, 2022, p. 3)

2.1.2 Generalidades de IRTRA

IRTRA desde su fundación ha estado comprometida con el cumplimiento legal a nivel nacional, y esto incluye la parte ambiental, como consecuencia en 2004 se comienza con el proyecto de planta de tratamiento de desechos sólidos debido a la necesidad de gestionar de forma adecuada los residuos y desechos generados dentro de las instalaciones debido a que en el área de influencia no existe proyecto que permita realizarlo, según Quiñónez, S. (2022, pág. 3)

Ubicado en los municipios de; San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá, del departamento de Retalhuleu. Su ingreso se encuentra en el kilómetro 180 de la ruta nacional y está a tres kilómetros del entronque con la carretera internacional del pacífico CA2 que conduce a Retalhuleu. (Quiñónez, 2022, p. 4)

Sus colindancias son las siguientes; al Norte, camino que conduce al Caserío Esquipulas y con la finca El Niño; al Sur; laboristas y granjas, al Oeste; Río Samalá y al Este; camino que conduce al caserío El Zapote y con la Finca Meryland. (Tello, 2022, p. 5)

El Dr. César Augusto Barrientos estuvo a cargo del diseño de la planta de tratamiento de residuos sólidos en IRTRA, en colaboración con un equipo multidisciplinario de profesionales, con el objetivo de dar inicio a dicho proyecto.

2.1.3 Gestión de residuos y desechos sólidos en IRTRA.

En las instalaciones de IRTRA se han establecido diversas etapas operativas dentro de las unidades ejecutoras, orientadas a la gestión integral de los residuos y desechos sólidos generados diariamente. Estas etapas comprenden los siguientes procesos:

Figura 1: Gestión de residuos y desechos sólidos



Nota: Elaboración propia, 2025.

2.1.3.1 Centro de acopio

Tello, A. (2022) indica que los recipientes para el depósito de residuos y desechos dentro de todas las unidades ejecutoras se encuentran colocados estratégicamente en todo el complejo. Actualmente existen contenedores con señalización para cumplir con la clasificación primaria. Estos están colocados en lugares de acceso para los visitantes, puestos de trabajo, servicios sanitarios, áreas verdes y en general todo el complejo. (pág. 19)

Según la fuente citada (pág. 20) diariamente los contenedores son vaciados y los desechos son llevados en menos de 24 horas hacia el lugar de almacenamiento temporal, el cual consiste en un carretón de metal, donde son resguardados mientras el camión los traslada a la planta de tratamiento de desechos sólidos, ubicada en Parque Xetulul.

2.1.3.2 Traslado de los desechos hacia la planta de tratamiento

Tello, A. (2022) quien cita a Ramos, G. (2022) indica que el traslado de los residuos y desechos sólidos hacia la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos (PTRS) se realiza todos los días de la semana, llevando los desechos del día anterior. La recolección se lleva a cabo en los lugares de almacenamiento temporal (carretones) dentro del parque en camiones destinados especialmente para este fin. Una vez en la planta, los desechos son pesados y vertidos en las mesas de clasificación.

2.1.3.3. Planta de Tratamiento de Residuos y Desechos Sólidos (PTRS)

La planta de tratamiento de desechos sólidos se encuentra dentro del parque Xetulul, fuera de la vista de los visitantes. La planta cuenta con 16 trabajadores y 1 supervisor quienes tienen a su cargo diferentes actividades. (Quich, 2017, p. 28)

La clasificación y selección se realiza en forma manual, los trabajadores se encargan de abrir cada una de las bolsas y realizar el trabajo de separación de los desechos. Se cuenta con dos mesas de concreto donde trabajan cuatro personas en cada una que separan los desechos orgánicos, inorgánicos, reciclables y otros. (Quich, 2017, p. 29)

Tello, A. (2022) quien cita a Ramos, G (2022) menciona que la PTRS inició sus labores el 16 de marzo de 2005 y cuenta con un área estimada de 1,376 m². A continuación se expone la información general de la planta:

- Tecnología utilizada: Compostaje por cámaras ventiladas (COCAVENT)
- Proceso; Aeróbico termófilo, hasta 75°C.
- Tiempo de degradación: 6 meses en cámaras + 2 meses de maduración
- Capacidad: 5 a 6 toneladas/día
- Etapas del proceso: caseta de selección y clasificación, 4 pares de cámaras en 2 etapas, área de maduración, relleno sanitario en PTRS; 16 + 1 supervisor.

Para este fin, los residuos y desechos sólidos generados son clasificados de acuerdo con su biodegradabilidad y composición. Posteriormente, dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos, estos son dirigidos a cámaras de compostaje, a Proverde o al relleno sanitario, según corresponda.

2.1.3.4 Cámara de compostaje

Los residuos orgánicos son trasladados a las cámaras en donde se lleva a cabo un proceso de compostaje provocado por la reacción exotérmica de los residuos, la temperatura llega aproximadamente a los 70°C. Cada una de las 8 cámaras de compostaje tiene una capacidad de 120 metros cúbicos. Los materiales orgánicos son sometidos a un proceso de estabilización y descomposición que dura aproximadamente ocho meses, cuyo resultado es la producción de compost. (Quich, 2017, p. 9)

En la primera fase, son llevados todos los residuos orgánicos, en donde son colocados en las cámaras de compostaje con una altura de 2.50 mts, al momento que esta es llenada, la compuerta es cerrada durante tres meses para iniciar con el proceso de descomposición. La hojarasca ayuda a controlar la humedad, la aireación, así como contribuir a mejorar la composición del material orgánico. (Tello, 2022, p. 23)

Tello, A. (2022) explica que, al finalizar los tres meses en la primera fase, el compost se traslada a la fase dos, en todo el proceso este es el único volteo realizado y permanece otros tres meses encerrado para continuar con el proceso de degradación. Al finaliza esta etapa, todo el material es trasladado al patio de maduración donde es triturado para mejorar su presentación y su asimilación en el suelo, posteriormente es trasladado al departamento de jardinería para su uso en jardines en las instalaciones.

2.1.3.5 Co-procesamiento

Quiñónez (2022, pág. 12) explica que los materiales como el duroport, las bolsas de plástico, papel, cartón, plástico limpio, envoltorios y todos los materiales con potencial calorífico son clasificados para el co-procesamiento (generación de energía). IRTRA contrata los servicios de una empresa dedicada a la cogeneración, con su debida acreditación ambiental. A este proceso se excluyen todos los materiales que tengan restos de comida y estén mojados con algún líquido.

Estos materiales son comprimidos y separados para luego ser trasladados a la empresa contratada.

2.1.3.6 Relleno sanitario

Es un sitio acondicionado donde se deposita el material no recuperable, cuenta con una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) y un sistema de drenaje tipo francés que recolecta el agua de lluvia para enviarla a la laguna de lixiviados. (Quiñónez, 2022, p. 8)

Según Quiñonez, S. (2,022, pág. 8) la capacidad total del relleno sanitario es de 48,000 metros cúbicos y cubre un área de 3,200 metros cuadrados; fue diseñado para una vida útil de 15-20 años; hasta el año 2024 se ha utilizado el 90% de su capacidad. Fue inaugurado en el mes de marzo de 2005 junto con toda la operación de la planta de tratamiento.

El material previamente seleccionado es compactado y trasladado al relleno sanitario en donde se coloca el material para después ser cubierto con tierra. (Quiñónez, 2022, p. 9)

2.1.3.7 Desechos no recuperables para relleno sanitario

Indica Quiñonez, S. (2022, pág. 5) que representan el 21% del total, éste es compactado y enviado al relleno sanitario. Está compuesto por todos aquellos materiales que no se pueden reciclar debido a su naturaleza y todos aquellos que no se encuentran en presencia de materia orgánica, estos son: 42.47% de papel de baño y pañales desechables, 37.47% plástico que incluye bolsas, pajillas, platos, vasos, tenedores y cucharas desechables, 17.23% es de papel y cartón mojado/sucio, servilletas y Tetrapak, 2.46% son telas y el 0.37% es duroport.

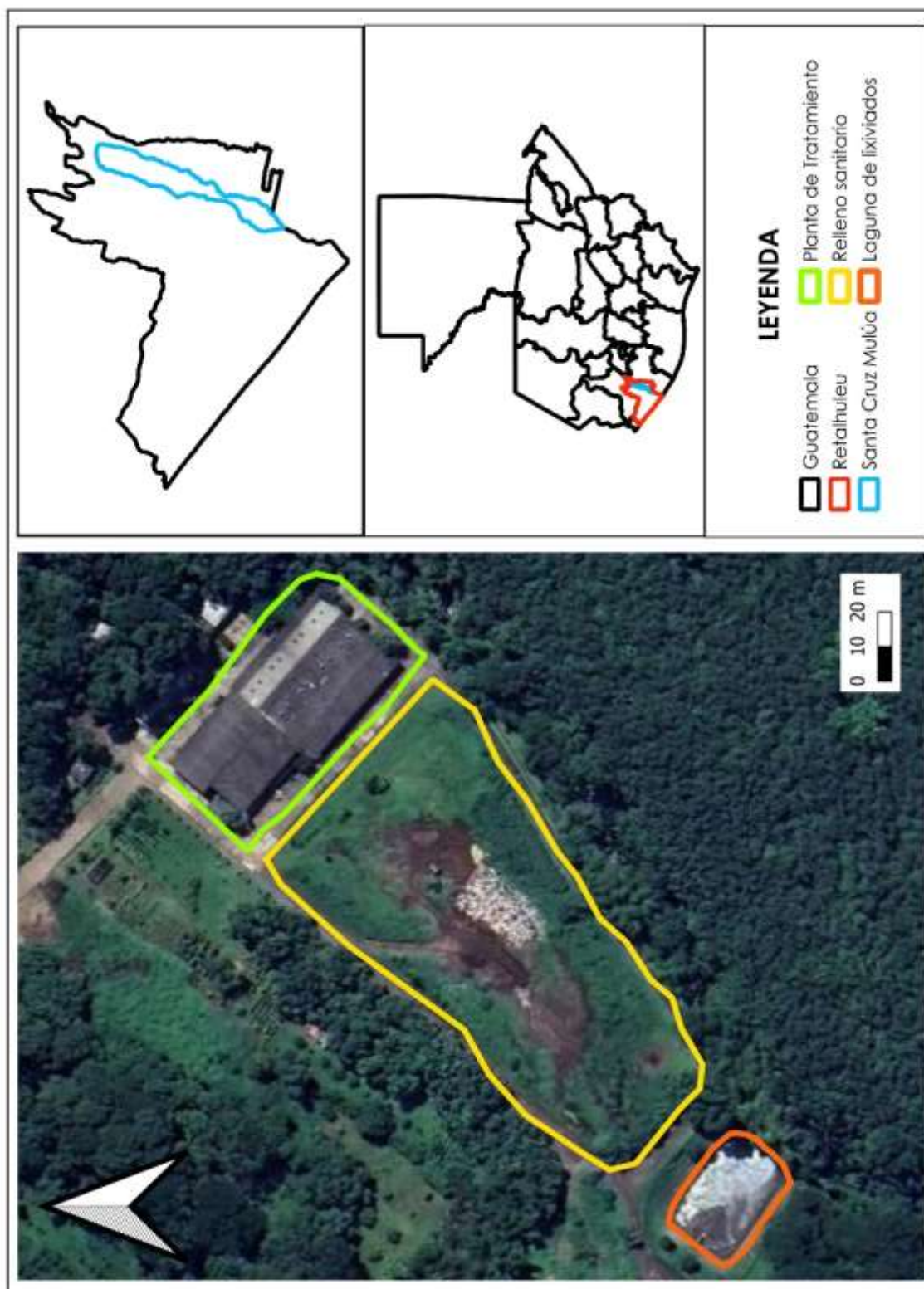
La cantidad de desechos no recuperables que han sido enviados al relleno sanitario de enero a julio del 2,024 es un total de 329.28 ton (329,280 kg), lo que indica que aproximadamente al mes entran 47.04 ton/m (47,040 kg/m) y diariamente 1.57 ton/d (1,570 kg/d).

2.1.3.8 Tratamiento de lixiviados

Ramos, G. (2024, pág. 26) explica que el tratamiento de lixiviados realiza procesos de lagunaje de estabilización. Se trata de la degradación o estabilización de la materia orgánica contenida en los efluentes de la PTRS y del relleno sanitario. El sistema está constituido por un estanque de 1,500 metros cúbicos de capacidad en donde se establece un régimen de biodegradación por la acción de bacterias facultativas y aerobias estrictas que toman el oxígeno disuelto generado por algas microscópicas, por ejemplo, Scenedesmus, Microactinium, Pediastrum que son liberadas por la fotosíntesis, por su metabolismo y la transformación consecuente de la materia orgánica.

Tello, A. (2022, pág. 28) comenta que en época de verano el agua acumulada en la laguna es evaporada por los rayos del sol, generando cero descargas. En invierno (época lluviosa), previo a la descarga el agua es tratada con cloro para después ser descargada al Río Cangrejo en el municipio de San Martín Zapotitlán.

Figura 2: Ubicación general del relleno sanitario



Nota: Elaboración propia, 2024.

2.1.4 Desechos bioinfecciosos

Son todos aquellos que tienen un contacto directo con tejidos o sustancias orgánicas de origen fisiológico capaces de transportar patógenos peligrosos para la salud humana o el medio ambiente. Materiales desechables nobles contaminados por sangre, fluidos orgánicos o cultivos biológicos, tales como vendajes, algodones, paletas, hisopos, recipientes de muestras de sangre, heces y orina, o bandejas de cultivos de microorganismos. (Wastech, 2017, p. 4)

Dentro de las instalaciones de IRTRA, hay clínicas médicas y áreas para realizar masajes, siendo éstas generadoras de desechos bioinfecciosos, para ello, la institución contrata el servicio de “Ecotermo” que es una empresa que proporciona una solución integral para el manejo profesional de desechos industriales y bioinfecciosos a nivel nacional.

Siendo estos los encargados de llegar a recoger los desechos bioinfecciosos generados en IRTRA para encargarse de ellos y que reciban el tratamiento adecuado.

2.1.5 Personal de la planta de tratamiento de desechos sólidos

Para todos los trabajos que se llevan a cabo en la planta de tratamiento de desechos sólidos, se requiere el servicio de 16 colaboradores y un supervisor de planta encargados de clasificación de los residuos y desechos, de transportar los residuos orgánicos a las cámaras de compostaje, de llevar los desechos no recuperables al relleno sanitario y de preparar los desechos que Proverde y Ecotermo recoge.

A. Equipo de protección

Todos los colaboradores de la planta de tratamiento cuenta con equipo de protección personal (E.P.P.) para las actividades de clasificación, los cuales son los siguientes:

- Gabacha plástica.
- Guantes plásticos
- Mascarilla KN95.
- Botas de hule.

B. Control de vacunas

Con base en el Acuerdo Gubernativo 164-2021 “Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes”, establece lo siguiente respecto al control de vacunas;

Artículo 8. Inmunización. El personal de todo ente sujeto al presente Reglamento, que sea parte de la operación de los sistemas regulados, debe estar inmunizado contra la hepatitis B, el tétanos y la rabia; considerándose inmunizada a aquella persona que haya recibido vacunación, en los últimos cinco años conforme el esquema siguiente:

- Al menos un ciclo completo de vacunación contra la hepatitis B.
- Al menos una dosis de la vacuna contra el tétanos.
- Al menos un ciclo completo de vacunación contra la rabia.

Con base al artículo 10. Tarjeta de salud. El personal de todo ente sujeto a este Reglamento debe contar con Tarjeta de Salud vigente, extendida por la autoridad de salud competente. (pág. 11)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.3 Desechos sólidos.

CESTA (2019) define desechos sólidos como cualquier objeto, componente, sustancia, resultante del consumo o uso de un material o de actividades domésticas, que ya no es útil y por lo tanto se tira, se rechaza por que se considera sin valor. Por lo general el desecho se conoce como basura, se bota en los terrenos, se entierra o se quema, sin embargo, esto tiene impactos en la salud, en el ambiente y en nuestra calidad de vida. (pág. 4)

Otra definición dada por Tchobanoglous (2021) dice que los desechos sólidos son todos aquellos desechos que proceden de actividades humanas y de animales que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados. El término, como se usa en este texto, incluye todo, y abarca las masas de comunidades urbanas lo mismo que acumulaciones más homogéneas de desechos agrícolas, industriales y minerales. (pág. 5)

2.2.4 Residuos sólidos

Un material que ya ha hecho su trabajo o cumplido su misión, se desecha en forma de residuo. Por lo tanto, un residuo se convierte en algo inservible y sin valor económico para la mayoría de la gente. Estos residuos pueden eliminarse, destinándose a vertederos o a su enterramiento, o reciclarse para usarse nuevamente. (Sánchez, 2020, p. 2)

Los residuos sólidos se pueden clasificar en dos grandes grupos, los residuos sólidos peligrosos y los no peligrosos. Los peligrosos, como su nombre indica, agrupan aquellos residuos que pueden suponer un peligro para el ciudadano o para el medio ambiente, debido a sus propiedades corrosivas, explosivas o tóxicas. Mientras que los residuos no peligrosos no suponen un peligro para el ciudadano ni para el medio ambiente. (Sánchez, 2020, p. 3)

2.2.5 Clasificación de los desechos sólidos.

Según su biodegradabilidad, los desechos sólidos se pueden clasificar de la siguiente manera, orgánico, inorgánico recuperable e inorgánico.

2.2.5.4 Desechos sólidos orgánicos

Según Eguizábal (2017) define los desechos sólidos más comunes, se generan en mayor cantidad que los otros tipos de desechos, son origen animal y vegetal, entre su variedad pueden encontrarse: cáscaras de frutas, restos de comida, plantas, ramas de árboles, que son desechados principalmente de los domicilios. (pág. 3)

Estos desechos, luego de su biodegradación o putrefacción bacteriana, pueden ser utilizados como abono por sus componentes naturales, son bien recibidos por la naturaleza nuevamente y brindan sus nutrientes al suelo. (Eguizábal León, 2017, p. 3)

2.2.5.5 Desechos sólidos inorgánicos

Eguizábal (2017) define a los desechos sólidos inorgánicos como desechos que ya no pueden mezclarse con la naturaleza luego cumplir su utilidad. Tienen un tiempo de descomposición tardío, debido a esto, su acumulación en el medio ambiente afecta en gran manera aspectos visuales, además de dañar los ecosistemas por el peligro que causan en los animales cuando estos los ingieren o quedan atrapados en ellos. Una de sus ventajas es la facilidad para su caracterización, presentan una gran ventaja en el método de reciclaje. Entre estos se pueden encontrar: metales, vidrio, plástico, caucho, cuero, cartón, papel y hule. (pág. 6)

Tabla 1: Tiempo de degradación de los desechos sólidos inorgánicos

Residuos sólidos inorgánicos	
Material	Tiempo de degradación
Papel	2 a 4 semanas
Cartón	1 a 3 meses
Madera	3 a 4 años
Metal	350 a 500 años
Duroport	500 años
Plástico	100 a 1,000 años
Vidrio	3,000 a 4,000 años

Nota: Elaboración propia, 2024.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) estableció la clasificación de los desechos sólidos inorgánicos de la siguiente manera, en inorgánico reciclable e inorgánico no recuperable, en base al Acuerdo Gubernativo 164-2021 “Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes” y el Acuerdo Ministerial 297-2023 “Guía de Tipificación Iconográfica de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes”

A. Inorgánico reciclable

Residuos sólidos comunes producidos por actividades humanas, descartado por el que lo genera, cuyas características permiten la modificación de sus propiedades, de manera que sea factible su aprovechamiento, a través del reúso o reciclaje. (Guía de tipificación iconográfica de los residuos y desechos sólidos comunes, 2023)

B. Inorgánico no recuperable

Desechos sólidos comunes producidos por actividades humanas, descartado por el que lo genera, que por sus características no permiten ser sometido a procedimientos de reúso, reciclaje, cuyo destino debe ser la disposición final. (Guía de tipificación iconográfica de los residuos y desechos sólidos comunes, 2023)

A la vez, los desechos se pueden clasificar por su peligrosidad, estos se clasifican en: inertes, peligrosos y no peligrosos.

2.2.5.6 Desechos peligrosos

Según Eguizábal (2017) explica que los desechos sólidos generados por hospitales, industrias o plantas nucleares, que dañan al ambiente y a los seres vivos. Son inflamables, corrosivos, radioactivos, tóxicos y explosivos. Se consideran peligrosos porque no es posible la regeneración del medio que dañan, por su alta contaminación. (pág.10)

Entre estos se puede mencionar: plaguicidas, baterías de autos, sustancias contaminadas con metales pesados, cloro e hidrocarburos, aceites quemados, desechos de equipos de rayos X y desechos agroquímicos, además de los desechos hospitalarios. (Eguizábal León, 2017, p. 11)

Para su disposición final estos desechos son almacenados según su peligrosidad, se monitorea su generación térmica y la emanación radiactiva al ambiente. Es necesario el uso de equipo de protección personal avanzado para su manipulación. (Eguizábal León, 2017, p. 12)

El convenio Estocolmo es un sistema legislativo de prevención y manejo seguro de sustancias peligrosas COP para la protección del ambiente y la salud humana; muchos países han rectificado dicho convenio y se han comprometido a cumplir con las medidas para reducir o eliminar dichas sustancias y otras que el convenio establece. Entró en vigor el 17 de mayo del 2004 con 151 países signatarios. (Convenio de estocolmo, 2008, p. 2)

Para cumplir con este Convenio, el Gobierno de Guatemala asignó al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, a través del Departamento para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos, Convenio de Estocolmo, como punto focal técnico y encargado de ejecutar conjuntamente con ONUDI, el primer proyecto, a través del cual se elaboró el Plan Nacional de Contaminantes Orgánicos Persistentes. (Convenio de estocolmo, 2008, p. 3)

A. Desechos no peligrosos

Eguizábal (2017) define que los desechos peligrosos son todos los residuos que no entran en las dos categorías anteriores, como lo son el plástico, el papel o el metal, siempre y cuando no hayan estado en contacto con sustancias peligrosas. (pág. 11)

B. Desechos inertes

Eguizábal (2017) establece que los desechos inertes son los que no sufren una transformación química, física o biológica, ya que no se mezclan con ningún otro componente y no generan ningún tipo de gas o toxicidad al ambiente o seres vivos, entre estos se encuentran: los restos de ripio de una construcción, tierra, ladrillos y blocks. (pág. 12)

2.2.4 Métodos para la disposición de los desechos sólidos

Con base a lo estipulado en el Acuerdo Gubernativo 164-2021; “Reglamento para gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes”, establece que la disposición final de los desechos y sólidos comunes y los productos de su tratamiento debe realizarse por medio del sistema de relleno sanitario. Para ello establecen el método de trinchera y el método de área.

A. Relleno sanitario

Los rellenos sanitarios son un área ubicada en la superficie, en donde se depositan los residuos sólidos luego de recibir algunos tratamientos. La superficie sobre la que se acumulan es preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la

contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera. (Innova Ambiental , 2019, p. 5)

Estas áreas de deposición de residuos, luego de cumplir con el máximo de su capacidad, pueden ser cubiertas y tener diferentes usos. Parques, estadios deportivos, parqueaderos o áreas de recreación, son algunas de las construcciones más comunes realizadas sobre rellenos sanitarios. (Innova Ambiental , 2019, p. 6)

B. Método de trinchera

El método de trinchera en un relleno sanitario implica excavar trincheras, luego llenarlas con desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día. (Disposición correcta de la basura: Relleno sanitario, 2007, p. 3)

C. Método de área

Método que se puede utilizar tanto en terrenos planos como para rellenar depresiones y en tajos o canteras abandonados. La tierra utilizada para cubrir la basura debe ser traída de otros sitios como laderas o montañas. (Disposición correcta de la basura: Relleno sanitario, 2007, p. 3)

La basura se deposita directamente en el suelo, en el caso del terreno plano; o de partes más profundas hacia las más altas, en el caso de las depresiones. La basura se esparce, compactada y recubre diariamente con una capa de 10 a 20 cm, de tierra. (Disposición correcta de la basura: Relleno sanitario, 2007, p. 3)

2.2.5 Legislación ambiental relacionada al manejo de residuos y desechos sólidos

Dentro de la legislación nacional que protege y vela por el medio ambiente en Guatemala se encuentra:

A. Constitución Política de la República de Guatemala [CPRG]

Medio ambiente y equilibrio ecológico; Artículo 97. 17 de noviembre de 1993 (Guatemala). Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades

y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación. (pág. 19)

B. Acuerdo Gubernativo 164-2021 “Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes”

Según el MARN (2021) Artículo 1: detalla que el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, Acuerdo Gubernativo 164-2021 tiene por objeto establecer las normas sanitarias y ambientales que deben aplicarse para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, en función de asegurar la protección de la salud humana y evitar la contaminación del ambiente. El cual será aplicable a los entes sujetos al Reglamento. (pág. 6)

Para el cumplimiento del Reglamento compete, de manera conjunta y en coordinación con las municipalidades del país, al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS-, dentro del ámbito de sus competencias. (Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes , 2021, p. 6)

C. Acuerdo Gubernativo 281-2015 “Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos”

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2015) Artículo 1: en La “Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos” Acuerdo Gubernativo 281-2015 detalla que tiene como propósito fundamental establecer a través de programas y líneas de política, acciones para minimizar de la manera más eficiente, los riesgos a los seres humanos y al ambiente, en especial la reducción de la cantidad o peligrosidad de los desechos sólidos que llegan a los sitios de disposición final a través de una gestión integral que contribuya al bienestar del ambiente y la salud.

La presente política se enfoca a toda clase de residuo y desecho sólido en general, es una Política Marco que orienta y plantea la necesidad de fortalecer el marco jurídico y normativo en la materia considerando las características en base al origen, composición o peligrosidad de los residuos y desechos sólidos. (MARN, Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, 2015, p. 6)

2.2.6 Identificación y valoración de impactos ambientales

Según la página web llamada ECOQUIMSA (2019) define que los impactos ambientales constituyen una alteración significativa de las acciones humanas, su caracterización se realiza sobre la base de varios aspectos, entre ellos: carácter (positivos, negativos o neutro), perturbación (importante, regular o escasa), importancia (alto, media y baja), ocurrencia (Muy probable, probable, poco probable), extensión (Regional, local o puntual), duración (permanente, media y corta), reversibilidad (reversible o irreversible). (pág. 4)

A. Impacto ambiental

Se define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Un huracán o un sismo pueden provocar impactos ambientales, sin embargo, el instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se orienta a los impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en etapa de proyecto (impactos potenciales), o sea que no han sido iniciadas. De aquí el carácter preventivo del instrumento. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018, p. 2)

B. Impacto ambiental negativo

Los impactos ambientales negativos son aquellas alteraciones en el medioambiente que perjudican tanto el medio natural como la salud humana. Por tanto, las principales consecuencias son la contaminación del planeta (tierra, agua, y aire), la pérdida de biodiversidad y el incremento de enfermedades y problemas de salud. (Astillero, 2019, p. 2)

Los impactos ambientales negativos pueden clasificarse según su efecto en el tiempo y la capacidad de volver a la situación anterior al impacto: (pág. 2)

- Temporales; se trata de un impacto a corto plazo y por tanto el medio puede recupera el estado anterior al impacto. (pág. 2)
- Persistentes; se trata de un impacto a largo plazo con efectos duraderos en el tiempo y en el espacio. (pág. 2)
- Irreversibles; el impacto es de tal magnitud que genera un impacto permanente en el medio. (pág. 3)
- Reversible; el medio natural podría recuperarse o no del todo a corto, medio o largo plazo. (pág. 3)

C. Impacto ambiental positivo

Las actividades que tienen un impacto ambiental positivo son aquellas que benefician al medio ambiente o aquellas cuyo objetivo es corregir los efectos negativos de las actividades humanas. Al igual que en el caso anterior los impactos positivos pueden ser temporales o persistentes y reversibles o irreversibles. (Astillero, 2019, p. 7)

A. Tipos de impactos ambientales

Según la página web Gestión de Recursos Naturales (2023) menciona que existen diferentes tipos de impacto ambiental, entre ellos, los siguientes:

- **Impacto ambiental provocado por el aprovechamiento de recursos naturales:** ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón. (pág. 12)
- **Impacto ambiental provocado por la contaminación:** Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente. (pág. 12)

- **Impacto ambiental provocado por la ocupación del territorio:** Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como tala rasa, compactación del suelo y otras. (pág. 13)

2.2.6.1 Métodos de identificación y valoración de impactos ambientales.

Existen diversas metodologías dentro de las más utilizadas están:

A. Listas de verificación y chequeo.

La lista de chequeo, también llamada hoja de verificación, check list, planilla de inspección y hoja de control, es un formato generalmente impreso utilizado para recolectar datos por medio de la observación de una situación o proceso específico. (Betancourt D. , 2016, p. 5)

Una lista de chequeo o verificación es una herramienta impresa a modo de formato, utilizada para recoger y compilar de forma estructurada datos asociados a un proceso o situación particular definida. Los datos reunidos representan una entrada para el uso de otras herramientas de control de calidad como el diagrama de Pareto o dispersión. (Betancourt D. , 2016, p. 4)

B. Hoja de chequeo con escala de medición

Con ella evaluamos la forma de distribución de probabilidad para construir después una distribución de frecuencia. En este tipo de hoja clasificamos la medición según una serie de categorías o parámetros, además nos permite trazar límites de especificación. (Betancourt D. , 2016, p. 2)

C. Matrices simples de causa-efecto.

La matriz problema – solución está estructurada, fundamentalmente, por tres columnas: La primera de ellas contentiva de una lista de los problemas seleccionados por la comunidad, ordenados de mayor a menor importancia; la segunda, en la que se colocan el conjunto de alternativas propuestas por los participantes durante la realización de los talleres vivenciales, ordenadas y relacionados de acuerdo con cada una de los problemas indicados en la columna

anterior; y la tercera, en la que se relaciona a través de un valor numérico el nivel de factibilidad, en términos de ejecución. (Mendoza, 2019, p. 4)

D. Grafos y diagramas de flujo.

Es un esquema para representar gráficamente un algoritmo. Se basan en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas, es decir, es la representación gráfica de las distintas operaciones que se tienen que realizar para resolver un problema, con indicación expresa el orden lógico en que deben realizarse. (Herrera, 2019, p. 1)

Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de operación. Para hacer comprensibles los diagramas a todas las personas, los símbolos se someten a una normalización; es decir, se hicieron símbolos casi universales, ya que, en un principio cada usuario podría tener sus propios símbolos para representar sus procesos en forma de Diagrama de flujo. (Herrera, 2019, p. 1)

Esto trajo como consecuencia que sólo aquel que conocía sus símbolos, los podía interpretar. La simbología utilizada para la elaboración de diagramas de flujo es variable y debe ajustarse a un patrón definido previamente. El diagrama de flujo representa la forma más tradicional y duradera para especificar los detalles algorítmicos de un proceso. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales. (Herrera, 2019, p. 1)

a. Tipos de diagramas de flujo:

Los diagramas de flujo pueden ser útiles en muchas situaciones, como, por ejemplo, para hacer lo siguiente:

- **Documentar un proceso con diagramas de flujo**

Los diagramas de flujo son magníficos para trazar y documentar algún proyecto o proceso colaborativo.

- **Simplificar y visualizar ideas con un diagrama de flujo**

No todos los miembros del equipo tendrán el tiempo (o los recursos) para leer detenidamente un proceso documentado largo y complicado. Los diagramas de flujo son muy útiles para que cualquiera pueda seguir el flujo de trabajo, entender las tareas y analizar los pasos individuales de manera rápida y sencilla.

- **Organizar al equipo y asignar tareas con efectividad**

Los diagramas de flujo representan visualmente un proceso, facilita la asignación de tareas a los miembros del equipo y organiza el trabajo del equipo de manera que todo fluye mejor.

- **Tomar decisiones y justificarlas con diagramas de flujo**

Las decisiones, con frecuencia, parecen ser mucho menos intimidantes y complicadas cuando están dispuestas en un diagrama de flujo. Los diagramas de flujo también pueden ser útiles para ver las consecuencias de esas decisiones, lo que facilita la anticipación y argumentación de los pasos a seguir.

- **Identificar y evitar cuellos de botella o problemas**

Los diagramas de flujo son muy útiles para descubrir cuellos de botella o inconvenientes antes de que se vuelvan problemas graves. Con el trazado del proceso entero en esta guía visual, puedes seguir cada paso y, a la vez, garantizar que se dediquen el tiempo y los recursos suficientes para cada tarea.

- **Estandarizar los procesos con diagramas de flujo**

Una vez que el diagrama de flujo está listo, puedes reutilizarlo para otros proyectos o procesos similares. A la larga, tanto el equipo como tú ahorraréis tiempo y estrés.

- **Dar seguimiento al progreso de un proyecto**

Como es muy fácil seguir los pasos del diagrama de flujo, siempre es posible detectar en qué etapa del proceso o proyecto se encuentra el equipo en un momento dado. Simplifica muchísimo el seguimiento del progreso y también ofrece un panorama general excelente de las tareas que falta finalizar.

2.2.6.2 Matrices (Leopold)

La Matriz de Leopold, también conocida como Matriz de causa-efecto, es un modelo cualitativo preliminar, una herramienta utilizada para evaluar, clasificar, valorar los impactos ambientales de un proyecto o una acción determinada. Fue desarrollada por el ingeniero Luna Leopold en la década de 1970 como parte del enfoque de sistemas en la gestión de recursos naturales. (Bautista, 2019, p. 2)

Según la fuente anterior, la llamada matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. Realmente es un sistema de información y se preparó para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, como elemento de guía de los informes y de las evaluaciones de impacto ambiental. Fue desarrollada por el ingeniero Luna Leopold en la década de 1970 como parte del enfoque de sistemas en la gestión de recursos naturales. (pág. 3)

El método cualitativo preliminar sirve para valorar las distintas alternativas de un mismo proyecto. El modelo más utilizado es la llamada Matriz de Leopold, que consiste en un cuadro de doble entrada en el que se dispone como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones propuestas que tienen lugar y que pueden causar posibles impactos. (Dellavedova, 2016, p. 14)

Cada celda (producto de la intersección de filas y columnas) se divide en diagonal, haciendo constar en la parte superior la magnitud del impacto (M) y en la parte inferior la intensidad o grado de incidencia del impacto (I). (Dellavedova, 2016, p. 14)

Cada celda de la matriz, resultado de la intersección entre filas y columnas, se divide diagonalmente. En la parte superior se registra la magnitud del impacto (M) y en la parte inferior se indica la intensidad o grado de incidencia del impacto (I). La magnitud del impacto se valora en una escala ascendente del uno al diez, precedida por el signo «+» o «-» para indicar si el impacto es positivo o negativo, respectivamente. La incidencia del impacto también se valora en una escala ascendente del 1 al 10. (Dellavedova, 2016, p. 14)

La suma de los valores que arrojen las filas indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental, mientras que la suma de los valores de las columnas arrojará una valoración relativa del efecto que cada acción producirá al medio. Ambas estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración, pero si el equipo evaluador es multidisciplinario, la manera de operar será bastante objetiva y servirá como estudio preliminar. (Dellavedova, 2016, p. 15)

Tabla 2: Ejemplo de la Matriz de Leopold

Matriz de Leopold																				
Acciones Factores				Acondicionamiento				Alteración de coberturas				Terminación de Labores		Suma		Promedio				
				Tala y drenaje		Quema controlada		Alteración sustrato		Cambio de cobertura		Manejo de Residuos		Positivos	Negativos	Positivos		Negativos		General
				M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M
Características Físicas y Químicas	Tierra	Suelos	M	-3		-4		-3		3		5		9 / 2	-12 / 3	4.500	-4.000	-0.500		
		I		3		4		5		1		6		7 / 2	15 / 3	3.500	5.000	4.400		
	Factores Físicos Singulares	M	-2		-3		-2		-2		2		2 / 1	-15 / 4	2.000	-3.750	-2.600			
		I		6		4		3		7		8		3 / 1	20 / 4	3.000	5.000	3.600		
	Agua	Calidad de Agua Superficial	M	-4		-3		-2		-10		3		6 / 1	-21 / 4	6.000	-5.250	-9.000		
		I		3		6		4		3		2		2 / 1	21 / 4	2.000	5.250	4.600		
	Calidad de Agua Subterránea	M	2		-3		-4		-5		-3		2 / 1	-16 / 4	2.000	-4.000	-2.800			
		I		1		6		4		2		7		1 / 1	15 / 4	1.000	4.750	4.000		
Condiciones Biológicas	Procesos	Erosión	M	-6		-2		-7		2		3		5 / 2	-15 / 3	2.500	-5.000	-2.000		
		I		2		3		5		6		4		10 / 2	15 / 3	5.000	5.000	5.000		
	Flora	Árboles	M	-4		-3		-4		-3		1		1 / 1	-20 / 4	1.000	-5.000	-3.800		
		I		3		4		5		3		4		4 / 1	21 / 4	4.000	3.250	5.000		
	Arbustos	M	-6		-7		1		-3		3		4 / 2	-21 / 3	2.000	-7.000	-3.400			
		I		5		3		3		7		10		13 / 2	21 / 3	6.500	7.000	6.800		
	Fauna	Aves	M	-4		2		-1		-3		4		6 / 2	-13 / 3	3.000	-4.333	-1.400		
		I		3		4		2		7		1		5 / 2	15 / 3	2.500	5.000	4.000		
Especies Terrestres	M	-3		-7		-2		-7		5		5 / 1	-25 / 4	5.000	-6.250	-4.000				
	I		3		4		3		1		2		2 / 1	17 / 4	2.000	4.250	3.800			
Suma	Positivos		2	1	2	4	1	3	5	7	30	37	40	13						
	Negativos		-40	31	-40	45	-25	40	-30	41	-3	7	-156	92						
Promedios	Positivos		2.000	1.000	2.000	4.000	1.000	3.000	2.500	3.300	3.750	4.625								
	Negativos		-5.000	-3.000	-5.000	-3.125	-3.125	-7.143	-3.000	-3.357	-7.000									
	General		-4.222	-2.222	-4.222	-2.867	-3.000	-3.000	-3.000	-3.000	-3.000	-3.000								
			3.556	3.556	3.556	3.556	3.556	3.556	3.556	3.556	3.556	3.556								

Nota: Leopold, 2024.

2.2.7 Relleno sanitario

La página web llamada Innova Ambiental (2018) define a los rellenos sanitarios como un área ubicada en la superficie, en donde se depositan los residuos sólidos luego de recibir algunos tratamientos. La superficie sobre la que se acumulan es preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera. (pág. 15)

Los rellenos sanitarios han venido evolucionando a través del tiempo. Ahora son mucho más eficientes e implementan tecnologías avanzadas. (Ambiental, 2018, p. 15)

Estas áreas de deposición de residuos, luego de cumplir con el máximo de su capacidad, pueden ser cubiertas y tener diferentes usos. Parques, estadios deportivos, parqueaderos o áreas de recreación, son algunas de las construcciones más comunes realizadas sobre rellenos sanitarios. (Ambiental, 2018, p. 16)

Según el Acuerdo Gubernativo 164-2021 (2021, pág. 7) estipula en el Artículo 3 las Definiciones: Relleno sanitario es un conjunto de obras de ingeniería que permiten la disposición final de desechos sólidos, sistemática. Por medio de su acomodo, compactación y recubrimiento sanitario con materiales inertes, así como el control permanente de las emisiones generadas por el sistema.

2.2.7.1 Métodos de relleno sanitario

Citando a Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala en el Acuerdo gubernativo 164-2021, para construir un relleno sanitario es importante seleccionar el terreno que reúna condiciones técnicas adecuadas como son: topografía, nivel al que se encuentran las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir la basura; de acuerdo con las características del terreno, el relleno sanitario puede construirse siguiendo los métodos de área, zanja o una combinación de ambos métodos. (Artículo 37)

2.2.7.2 Método de zanja o trinchera

Según Tello, A. (2022, pág. 38) quien cita al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala en el Acuerdo gubernativo 164-2021, para construir un relleno sanitario es importante seleccionar el terreno que reúna condiciones técnicas adecuadas como son: topografía, nivel al que se encuentran las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir la basura; de acuerdo con las características del terreno, el relleno sanitario puede construirse siguiendo los métodos de área, zanja o una combinación de ambos métodos. (Artículo 37)

2.2.7.3 Método de área

Según la fuente anterior, explica que este método está sujeto en la legislación de Guatemala al cumplimiento de las normas establecidas en el artículo 39:

- A.** La relación de pendiente del área de trabajo ha de ser formada no mayor que tres a uno.
- B.** Durante la formación de las celdas, los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento deben ser dispuestos, cada vez, en capas no mayores a ochenta centímetros de altura.
- C.** Tanto celdas como terrazas a ser formadas deben tener una pendiente mínima de dos por ciento.
- D.** Debe aplicarse material de cobertura a todas las celdas formadas.
- E.** El material de cobertura debe ser aplicado en una capa de no menos de veinte centímetros de espesor.
- F.** Se debe aplicar material de cobertura intermedia en todas las terrazas.
- G.** El material intermedio para las terrazas deben ser aplicado en una cada de 5 centímetros de espesor.

Este se puede utilizar tanto en terrenos planos como para rellenar depresiones y en tajos o canteras abandonados. La tierra utilizada para cubrir la basura debe ser traída de otros sitios como laderas o montañas. La basura se deposita directamente en el suelo, en el caso del terreno plano; o de partes más profundas hacia las más altas, en el caso de las depresiones. (Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes , 2021, p. 31)

2.2.7.4 Especificaciones técnicas que deben cumplir los rellenos sanitarios

Según el Acuerdo Gubernativo 164-2021 (2021, pág. 27) explica el Artículo 37: sobre las normas para sitios para la disposición final; El uso de un sitio para disponer finalmente de desechos sólidos comunes y productos de su tratamiento, está sujeto al cumplimiento de las normas siguientes:

- A.** “El terreno a ser ocupado como sitio para la disposición final no debe estar afecto a inundaciones o deslaves.”
- B.** “El terreno a ser ocupado como sitio para la disposición final debe ser geológica y estructuralmente estable.”
- C.** “El área de llenado prevista debe corresponder a la dirección a favor de los vientos prevalentes.”
- D.** “La vida útil prevista del terreno a ser ocupado como sitio para la disposición final de acuerdo con el volumen máximo de llenado del mismo”
- E.** “Debe contar con acceso vehicular apropiado, de acuerdo con el tipo y tamaño de vehículos atendidos.”
- F.** “Deben instalarse medio físicos que permitan el control permanente sobre el acceso peatonal y vehicular al sitio para la disposición final.”
- G.** “Debe existir caminos que permitan el acceso de los vehículos”
- H.** “Debe disponerse de un espacio mínimo de doscientos cincuenta metros lineales.”
- I.** “La ocupación del terreno no podrá estar ubicado aguas arriba de ninguna fuente de abastecimiento de agua para consumo humano”
- J.** “Deben construirse drenajes superficiales perimetrales, con una pendiente mínima de 2%; que permita la conducción y disposición del agua de lluvia a los alrededores.”

Con base en el Acuerdo Gubernativo 164-2021 (2021, pág. 32) detalla en el Artículo 41. Preparación para la clausura. El período de preparación para la clausura de un sitio para la disposición final de desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento da inicio una vez alcanzado su volumen máximo de llenado. Su duración debe ser determinada de acuerdo con la evolución en el comportamiento de las cuotas de generación de gases, y de las propiedades de estabilidad estructural del polígono de terreno ocupado; sin embargo, nunca podrá ser menor que cinco años. Iniciado este período, la disposición final de desechos sólidos comunes y productos de su tratamiento debe ser cesada de inmediato.

Citando el Acuerdo Gubernativo 164-2021 (2021, pág. 21) establece en el Artículo 38. Normas para la disposición final. Los entes a cargo de la disposición final son responsables del cumplimiento de las normas para la disposición final que se establecen a continuación:

A) Debe existir un sistema permanente de control sobre el ingreso peatonal y vehicular al sitio para la disposición final, de manera que se garantice la ausencia de personal y vehículos no autorizados.

B) Los caminos vehiculares internos que se usan para la entrada y salida al sitio para la disposición final deben mantenerse en condiciones físicas tales que la generación de polvos derivada del paso de vehículos sea mínima. En caso de que tales caminos sean de terracería, deben implementarse medidas de prevención y mitigación por medio de riego o aspersión de agua.

C) Se debe garantizar que todos los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento sean dispuestos el mismo día de su recepción en el sitio para la disposición final.

D) La disposición de los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento puede efectuarse, según las condiciones topográficas e hidrogeológicas del sitio para la disposición final; por medio de los métodos de área o trinchera, para los cuales se establecen normas específicas en los artículos 39 y 40. El método de trinchera no podrá utilizarse en aquellos sitios donde el manto freático se encuentre a una profundidad menor que cuatro metros.

E) La operación en el sitio para la disposición final puede efectuarse, según la cantidad de desechos sólidos comunes y productos de su tratamiento a ser dispuestos; por medios manuales, semimecanizados o totalmente mecanizados. La operación manual no podrá utilizarse cuando la cantidad de materiales a disponer supere las veinticinco toneladas métricas diarias y la operación semimecanizada, no podrá utilizarse cuando supere las cuarenta toneladas métricas diarias.

F) Debe existir recolección y tratamiento permanente de los lixiviados producidos. Los niveles en las unidades de tratamiento y la relación de recirculación empleada deben mantenerse bajo control permanente

G) Deben implementarse las medidas necesarias para asegurar que los gases derivados del proceso de descomposición de los materiales dispuestos en el sitio para la disposición final sean efectivamente captados. En especial, debe asegurarse que la concentración de metano en tales áreas no exceda, en ningún momento, de cinco por ciento.

H) Debe implementarse un plan de monitoreo de la calidad del agua subterránea en el sitio para la disposición final. Éste debe incluir, al menos, la verificación semestral de los valores de arsénico, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, hierro, oxígeno disuelto y plomo; así como la verificación semanal de la presencia del grupo coliforme fecal y el valor del potencial de hidrógeno.

I) Deben procurarse todas las medidas necesarias para el control del material volante en el sitio para la disposición final.

J) Previo al egreso de cualquier vehículo; ya sea recolector, de transferencia o para el transporte de productos del tratamiento; éste debe ser lavado exteriormente, en el área del sitio para la disposición final destinada para el efecto.

2.2.8 Disposición final

La disposición final es el aislamiento o eliminación definitiva de desechos sólidos comunes o de productos generados durante su tratamiento. Además, que debe realizarse por medio del uso de tecnologías que garanticen la ausencia o el estricto control de riesgo sanitario y medio ambiental. (Tello, 2022, p. 35)

Tello, A. (2022, pág. 35) quien cita a Gobierno de Colombia (2002, pág. 3) en donde se explica que la disposición final es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente. El método más utilizado para la disposición final de residuos y desechos sólidos es el relleno sanitario.

2.2.9 Laguna de lixiviados

Se pueden definir los lixiviados como el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. Los lixiviados están formados por el líquido que entra en el relleno desde fuentes externas tales como el drenaje superficial y la lluvia; y en su caso del líquido producido por la descomposición de los residuos. El lixiviado contiene diversos constituyentes derivados de la solubilización de los materiales depositados en el vertedero y de los productos de reacciones químicas y bioquímicas que se producen dentro del vertedero. (Montes, 2011, p. 8)

Los lixiviados se pueden considerar como un tipo muy específico de agua residual los cuales están compuestos por una alta carga orgánica, compuestos orgánicos solubles y constituyentes inorgánicos. Ya que los lixiviados son un tipo tan complejo de agua residual, las tecnologías utilizadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales pueden ser combinadas como trenes de tratamiento para alcanzar de una forma satisfactoria los estándares que apliquen para su descarga. (Montes, 2011, p. 9)

2.2.10 Métodos para la recuperación del área del relleno sanitario

Según Espinoza (2019) explica que la disposición final segura y confiable de un buen manejo ambiental a largo plazo en los rellenos sanitarios, debe ser un componente importante del Manejo Integral de RS's, ya que estos últimos se consideran como los materiales que ya no tienen un uso y que no pueden ser recuperados para los sistemas productivos. (pág. 16)

Según la fuente anterior, el desarrollo e implementación de nuevo métodos para la recuperación y utilización del área, consiste en la selección adecuada de tecnologías y alternativas para satisfacer las cambiantes necesidades locales de manejo de residuos al mismo tiempo que se cumpla con los ordenamientos legales dispuestos por legislación ambiental del país en cuestión. Un mal manejo de residuos produce una decadencia del medio ambiente debido a la contaminación de los recursos. Es de vital importancia las buenas prácticas del manejo ambiental en

rellenos sanitarios para minimizar las implicaciones que conlleva vivir entre la basura. (pág. 16)

A. Agroforestería

Espinoza (2019) explica que la agroforestería es el cultivo deliberado de árboles en la misma unidad de tierra, ya sea en forma de mezcla espacial o en secuencia temporal. Debe existir una interacción significativa entre los elementos arbóreos y no arbóreos del sistema, ya sea en términos ecológicos o económicos. (pág. 17)

B. Barreras vegetales

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso dispuestas con determinado distanciamiento horizontal y sembradas a través de la pendiente, casi siempre en contorno o en curvas de nivel. (Espinoza, 2019, p. 18)

El establecimiento de las barreras vegetales implica una reducción en costos con respecto a las cercas muertas, reduce la presión sobre el bosque por la búsqueda de postes y leña, además ofrece follaje en cantidad y de calidad durante la época seca. (Espinoza, 2019, p. 18)

2.2.11 Medidas de mitigación: prevención y corrección de impactos

Prevenir, paliar o corregir el impacto ambiental significa introducir medidas preventivas o correctoras en la actuación con el fin de: Explotar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio con el fin de alcanzar la mejor calidad ambiental del proyecto. (Dellavedova, 2016, p. 26)

Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas. Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir. (Dellavedova, 2016, p. 26)

Dellavedova (2016) explica que las medidas de mitigación tienden a compensar o revertir los efectos adversos o negativos del proyecto. Se aplican según correspondan en cualquiera de las fases (planificación, constructiva, operativa o de abandono). Dentro de ellas, se encuentran las siguientes: (pág. 26)

Medidas preventivas: evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, materias primas, localización, etc.) (Dellavedova, 2016, p. 26)

Medidas correctoras de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre procesos constructivos, condiciones de funcionamiento, factores del medio como agente transmisor o receptor, etc. (Dellavedova, 2016, p. 26)

Medidas compensatorias de impactos irrecuperables e inevitables, que no evitan la aparición del efecto ni lo anulan o atenúan, pero compensan de alguna manera la alteración del factor. Según la gravedad y el tipo de impacto. (Dellavedova, 2016, p. 26)

Las medidas preventivas se introducen en la fase de planificación (proyecto), mientras que las correctoras y compensatorias en la fase de funcionamiento (constructiva, operativa o de abandono) (Dellavedova, 2016, p. 27)

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Proponer el plan de gestión ambiental de acuerdo a los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para el cierre técnico del relleno sanitario de IRTRA-Retalhuleu.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la vida útil del relleno sanitario en IRTRA.
- Identificar la categoría del proyecto según el Acuerdo Ministerial 204-2019 “Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades”
- Desarrollar los términos de referencia correspondientes al plan de gestión ambiental del proyecto del cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales y recurso humano

A continuación, se muestran los materiales y presupuesto de la investigación.

Tabla 3: Materiales para la elaboración del Instrumento Ambiental

No.	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
1	Cuaderno	1	Unidad	Q 12.00	Q. 12.00
2	Lapiceros	1	Unidad	Q 1.50	Q. 1.50
3	Hojas de papel bond	200	Unidad	Q0.15	Q30.00
4	Cinta métrica	1	Unidad	Q25.00	Q25.00
	TOTAL			Q 38.51	Q 68.50

Nota: Con base en cotizaciones en comercios del área de Retalhuleu; 17 de septiembre, 2024.

Se contaba con computadora propia, para la realización de la investigación.

Recursos humanos

Tabla 4: Recursos humanos para la elaboración del Instrumento Ambiental.

	Costo	Cantidad	Unidad de medida	Costo total
Estudiante de EPS	Q 3,477.82	4	Mes	Q 13,911.28

Nota: Acuerdo Gubernativo 307-2023

4.1.1 Metodología

A. Determinación de la vida útil del relleno sanitario.

Se calculó el volumen disponible del relleno sanitario en metros cúbicos (m³) para conocer el porcentaje de espacio que esta restante para que se llene por completo. Obteniendo los datos del área total, altura máxima, área ocupada y la altura promedio a la que llegan los residuos en el relleno sanitario.

Al obtener el dato de cuantas toneladas habían sido enviadas al relleno sanitario del mes de enero a julio, se dividió la cantidad en siete y ese resultado se dividió en 30 por los días que trae cada mes, así se obtuvo el resultado de cuantas toneladas diarias de desechos son enviadas al relleno sanitario.

Luego se realizó una regla de tres, para conocer cuántas toneladas equivalen a un metro cúbico y al tener el resultado, se hizo la sumatoria para calcular el tiempo restante de vida útil del relleno sanitario.

4.1.2 Identificación de la categoría del proyecto de cierre técnico del relleno sanitario

Se solicitó al departamento de Control Ambiental de la Institución los registros de peso de los residuos y desechos procesados en la planta de tratamiento del presente año y así determinar el promedio en toneladas de desechos no recuperables destinados diariamente al relleno sanitario. Esta información fue utilizada para determinar la categoría del proyecto, según el Acuerdo Ministerial 204-2019 Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades.

Una vez identificada la categoría del proyecto, se procedió a descargar los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para “cierre técnico definitivo de sitios de disposición final (relleno sanitario)”, en la página web marn.gob.gt. Los términos de referencia fueron identificados en el listado taxativo por las toneladas que son enviadas al relleno sanitario.

4.1.3 Ejecución de los términos de referencia.

A. Recopilación de información general del proyecto

Se indicó el nombre del profesional que participó en la elaboración del Plan de Gestión Ambiental. Así mismo, se identificó toda la normativa existente y vigente que se relaciona y aplica al proyecto y que debe de cumplirse.

B. Descripción del proyecto

Se determinó el área del proyecto, presentando el plano de ubicación y localización del relleno sanitario de IRTRA. Así mismo, se realizó una justificación técnica del proyecto en donde se describió la situación de la disposición final de los desechos que son generados diariamente y que son llevados a la planta de tratamiento.

Se realizó un flujograma de actividades en donde se detalló secuencialmente las actividades del cierre técnico del relleno sanitario.

Se describieron todas las acciones y requerimientos necesarios para la clausura del cierre el relleno sanitario tanto en la etapa de construcción (infraestructura a desarrollar) así como en la etapa de operación. Se determinaron las cantidades de residuos y desechos sólidos en kilogramos al día, se definió el uso y consumo de agua, se indicó el manejo que se les daría a las aguas residuales de tipo ordinario y/o especial, el manejo de las aguas pluviales, el manejo de emisiones gaseosas y la fuente de abastecimiento de energía o combustible y el uso que se le dará con base en el Acuerdo Gubernativo 164-2021, artículo 38.

C. Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales.

Se identificaron, caracterizaron y valorizaron los impactos ambientales/sociales que sean producto de la fase de cierre y mantenimiento, considerando los elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos.

Para ello, se evaluaron los impactos por medio de una matriz de Leopold, se realizó un cuadro de doble entrada en el que se dispondrán como filas todos los factores ambientales que pueden llegar a ser afectados y en columnas todas las acciones propuestas que tienen lugar y que podrían llegar a causar posibles impactos negativos.

Se realizaron cuadrículas que representan los impactos, se evaluó individualmente del uno al diez, en el que diez corresponderá a la alteración máxima provocada por

el factor ambiental, mientras que el uno será una alteración mínima, utilizando una escala de importancia.

Para cada intersección en la matriz, es decir, para cada combinación de acción y factor ambiental, se estimó la magnitud del impacto. Se asignó un valor numérico que va de -10 a +10, donde:

- Valores negativos: representan impactos adversos.
- Valores positivos: representan impactos beneficiosos.
- Cero: indica que no hay impacto apreciable.

También se valoró la importancia del impacto, en una escala que va de 1 a 10, donde:

- Valores bajos (cerca de 1) indican baja importancia.
- Valores altos (cerca de 10) indican alta importancia.

El valor final del impacto para cada acción-factor es un par de números, que representan:

- Magnitud (entre -10 y +10)
- Importancia (entre 1 y 10)

Una vez evaluados todos los impactos en la matriz, se obtuvo una visión global del proyecto, en donde:

- Se destacaron los impactos más significativos.
- Se realizó la suma de los impactos adversos y positivos.
- La matriz de Leopold ayudó a diseñar medidas de mitigación o cambios en el proyecto para reducir impactos adversos.

Tabla 5: Escala de importancia

ESCALA DE IMPORTANCIA		
Calificación	Referencia	Explicación
10	Muy importante	Tiene incidencia de gran impacto.
7-9	Importante	Impacto significativo, pero después de otros
4-6	Moderadamente importante	Podría causar impacto
1-3	Sin importancia	Causa poco impacto
0	Sin ninguna importancia	Sin efectos medibles, sin relevancia

Nota: Dellavedora, 2024.

D. Identificación de las medidas de mitigación.

Se presentaron las medidas de mitigación para cada impacto ambiental y/o social identificado, incluyendo las variables o sistemas ambientales afectados, fuentes generadoras del impacto ambiental, impactos ambientales, medidas de mitigación propuestas, el responsable de la implementación de la medida de mitigación. Las medidas de mitigación se basaron en los resultados obtenidos y la valoración de los impactos ambientales de la matriz de Leopold.

E. Realización del plan de contingencia

Se presentaron medidas a tomar como contingencia en situaciones de emergencia durante la fase de abandono, en situaciones de desastre natural, en caso se encuentren en áreas frágiles o que presenten peligro para el ambiente.

F. Diseño del plan de monitoreo.

Se presentó el monitoreo ambiental que se implementará en la fase de abandono del proyecto, que incluirá: variables y/o sistemas ambientales, impacto ambiental, medidas de mitigación y/o de contingencia, indicador de monitoreo, métodos o tipo de análisis.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Determinación de la vida restante del relleno sanitario

Se determinó el volumen en metros cúbicos (m^3) que está restante por llenar y se obtuvieron los datos de la cantidad de desechos no recuperables que son enviados al relleno sanitario en lo que va del año 2,024 por parte del Departamento de Control Ambiental.

La cantidad de desechos no recuperables que fueron enviados al relleno sanitario de enero a julio es de 328.29 toneladas (329,280 kg), que por mes equivale a 47.04 toneladas (47,040 kg) lo que quiere decir que diariamente son enviados 1.57 toneladas (1570 kg) de desechos, datos que se obtuvieron por medio del departamento de Control Ambiental.

El área del relleno medida fue de $578 m^2$ y se multiplicó por la altura establecida en el diseño original del relleno, dando como resultado un volumen total de 1,849 metros cúbicos disponibles.

Se hizo la conversión que 2.40 metros cúbicos es equivalente a 1 tonelada, para ello se realizó una regla de tres para conocer cuántos metros cúbicos equivalen a 1.57 toneladas de desechos no recuperables que son enviados al relleno sanitario como disposición final, los resultados fueron los siguientes:

Volumen del relleno sin llenar: $578 m^2 * 3.20m = 1,849.m^3$

$1 TON = 2.40 m^3$

$1.57 TON = X m^3$

$1.57 TON * 2.40 m^3 = 3.76 m^3$

Se determinó que 1.57 toneladas es equivalente a 3.76 metros cúbicos. Para conocer el tiempo restante que le queda de vida útil al relleno sanitario, se realizó la siguiente ecuación y los resultados fueron los siguientes:

$$\frac{1,849 \text{ m}^3}{1.7 \text{ m}^3 / \text{días}} = 499.73 \text{ días}$$

$$\frac{499.73 \text{ días}}{365 \text{ días/año}} = 1.36 \text{ años}$$

Esto quiere decir, que la vida útil del relleno sanitario es de un año, cuatro meses y once días.

5.2 Identificación de la categoría del proyecto

Después de consultar la página del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), se descargó el Acuerdo Ministerial 204-2019: “Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades” y conociendo que la cantidad de desechos no recuperables que son enviados al relleno sanitario es de 1.57 TON/día (1,570 kg) del año 2,024 se identificó la categoría del proyecto en el Sector 11. SANEAMIENTO, Sector 11. SANEAMIENTO; Subsector A. Gestión de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en la actividad económica 10: “Tratamiento y eliminación de desechos no peligrosos” categorizándolo como un B2 que comprende las que se consideran como de moderado a bajo impacto ambiental potencial o riesgo ambiental.

En el marco de las competencias del departamento está realizar acciones enfocadas a la modernización de la gestión de los residuos y desechos sólidos, como resultados a través de la Resolución 017-2019 se presentan los procesos que se da en la gestión integral de residuos y desechos, para ello se consultaron los “Términos de Referencia del Sector 11. Saneamiento; Subsector A: Gestión Integral de Residuos Sólidos Comunes”, y se descargaron los DIGARN-DEMARDS 10: Cierre técnico definitivo de sitios de disposición final (relleno sanitario).

5.3 Términos de referencia de “Cierre técnico definitivo de sitios de disposición final (relleno sanitario)”

Al momento de tener categorizado el proyecto, en la página web del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, marn.gob.gt, se descargaron los términos de referencia DIGARN DEMARDS 10, los cuales se observan en el anexo 2, pág. 49.

5.4 Propuesta del instrumento ambiental del cierre técnico de sitios de disposición final (rellenos sanitarios)

El cierre técnico definitivo de los sitios de disposición final (relleno sanitario) se ejecuta cuando dicho sitio ha llegado a toda su capacidad disponible y no es posible seguir depositando más desechos sólidos en el sitio, es por ello que se procede a definir los pasos y actividades de mantenimiento para el cierre definitivo por medio de diferentes operaciones, teniendo en cuenta que los sitios utilizados como relleno sanitario, posterior a su cierre, solo podrán ser destinados para actividades recreativas o forestales, prohibiéndose así la construcción de edificaciones en general.

Para ello, se propone el instrumento ambiental del cierre técnico del relleno sanitario, el cual, está próximo a llegar a su capacidad máxima de recepción de desechos. Como parte de los términos de referencia, se realizó una justificación técnica en donde se describieron las circunstancias observadas por las que se consideró el cierre del sitio, así como la descripción de la situación actual del relleno sanitario, así mismo se especifica la cantidad, en porcentaje, de lo que es enviado al relleno sanitario.

Se describieron diferentes acciones y requerimientos en la etapa de construcción (infraestructura a desarrollar) necesarios para la clausura del sitio final, por ejemplo, identificación con un cartel donde se indica la clausura del relleno, la compactación de los desechos con una retroexcavadora y material arcilloso para su recubrimiento, su cobertura final, proponiendo gramilla y como barreras perimetrales naturales la siembra de arbustos o árboles dentro del sitio. Se propuso un sistema de captación

de gases dentro del sitio de disposición final con monitores portátiles que indican el nivel de ciertos gases que pueden encontrarse presentes, también la propuesta de análisis a las aguas residuales para conocer la calidad de agua que está siendo tratada dentro de las instalaciones, así como parte del cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 “Reglamento de las descargas y reusos de aguas residuales y de la disposición de lodos”.

Se describió la maquinaria a utilizar, que en este caso sería una retroexcavadora, un camión de volteo, palas, piochas, azadones y caretillas.

Para la mano de obra se estimaron 23 trabajadores para el cierre del relleno sanitario, operador de retroexcavadora, el piloto del camión de volteo del material, encargado del monitoreo de los gases, el jardinero encargado de limpieza y mantenimiento y los colaboradores de la Planta de Tratamiento.

Así mismo, se determinó la cantidad de residuos y desechos en kilogramos al día, el sistema de clasificación por el que pasan todos los residuos y desechos sólidos al momento de llegar a la planta: pilas de clasificación, todo lo orgánico va directo a las cámaras de compostaje, todo los desechos no recuperables (pañales desechables, papeles de baño, cartón o servilletas mojadas, platos y cubiertos plásticos, entre otros) son enviados al relleno sanitario, y los desechos recuperables se envían a proveer como disposición final.

Se identifican los impactos ambientales o alteraciones que podrían ser generados en el entorno ambiental, económico, social, entre ellos, se identificó la emanación de olores, generación de gases y lixiviados, derrumbamiento y hundimiento del terreno, generación de aguas residuales ordinarias y/o especiales, población de vectores/roedores al momento que se inicie la etapa de construcción (Infraestructura a desarrollar) y como respuesta a los impactos ambientales identificados, se proponen caracterización de aguas residuales (2 veces al año), aplicación de abono orgánico de manera continua en las zonas donde se realizaron siembras, control y medición de ruido, mantenimiento preventivo de vehículos a utilizar, humedecer constantemente el área en donde se estará trabajando, reforestaciones y

capacitaciones a los colaboradores del cierre con respecto a la realización correcta de sus actividades.

Como parte del instrumento, se estableció el plan de mantenimiento, plan de monitoreo, plan de control de plagas, plan de reforestación, plan de rehabilitación del área y el plan de emergencia y contingencia.

Así mismo, se requiere dar seguimiento, vigilancia y control de actividades y operaciones del cierre técnico del relleno sanitario para establecer los comportamientos y parámetros a través de un registro, por ello se realizó el programa de monitoreo, seguimiento e implementación del plan de gestión ambiental, de los planes y programas de manejo.

La propuesta del plan de gestión ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario se observa en el anexo 1, pág. 56.

VI. CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado, se concluye que el relleno sanitario ha alcanzado aproximadamente el 90% de su capacidad total de disposición de residuos, teniendo así un año, cuatro meses y once días de vida útil. Este hallazgo permite establecer que el sitio se encuentra en la fase final, lo cual hace urgente la implementación de un plan de cierre técnico que garantice la seguridad ambiental y la salud pública.

Tras una evaluación conforme al Acuerdo Ministerial 204-2019, el proyecto de cierre técnico del relleno sanitario se clasifica dentro de una categoría B2 que requiere de un estudio de impacto ambiental, debido a la naturaleza de las actividades involucradas y los posibles efectos en el entorno. Esta categorización es fundamental para definir las acciones que deben llevarse a cabo, así como las medidas de mitigación necesarias.

Se propuso un plan de gestión ambiental (PGA) alineado con los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), orientado al cierre técnico del relleno sanitario de IRTRA-Retalhuleu. Este plan contempla medidas específicas de mitigación, control y monitoreo ambiental, así como acciones para la rehabilitación del sitio, con el fin de minimizar los impactos negativos sobre el entorno natural y la salud de la población.

La propuesta responde de manera integral a las exigencias normativas y constituye una herramienta clave para asegurar una clausura segura, sostenible y conforme al marco legal vigente.

El plan de cierre también incluye la recuperación ambiental del área mediante la implementación de una cobertura vegetal con especies nativas. Esta vegetación no solo contribuirá a la reforestación y restauración del paisaje, sino que también favorecerá la estabilización del terreno, mejorando la estética y funcionalidad del sitio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Garantizar que el cierre técnico del relleno sanitario propuesto se lleve a cabo en cumplimiento con la normativa ambiental vigente, con el fin de gestionar adecuadamente los posibles impactos sobre el suelo, el agua, el aire y la salud pública. Para ello, se ha diseñado un proceso de clausura conforme a la legislación actual, que asegura que el sitio no representará riesgos ambientales o sanitarios en el futuro.
2. Mantener y monitorear el sistema de captación de lixiviados para asegurar que funcione eficientemente y que los lixiviados sean tratados adecuadamente antes de su disposición final.
3. Monitoreo continuo de gases, para evitar explosiones, incendios y emisiones de gases de efecto invernadero.
4. Implementar el plan de monitoreo continuo establecido para evaluar la calidad del agua subterránea, la estabilidad del terreno, la emisión de gases y el control de lixiviados.
5. Ejecutar las medidas de seguridad, como cercas perimetrales y señalización adecuada, para evitar el acceso no autorizado al sitio clausurado.
6. Desarrollar el plan de mantenimiento de la infraestructura post-cierre, como los sistemas de captación de gases y lixiviados, la cobertura final y los drenajes.

VIII. REFERENCIAS

- Ambiental, I. (2018). *¿Cómo funciona un relleno sanitario?*
<https://innova.com.pe/como-funciona-un-relleno-sanitario/>
- Astillero, A. G. (6 de mayo de 2019). *Ecología Verde*.
<https://www.ecologiaverde.com/que-es-impacto-ambiental-negativo-y-positivo-con-ejemplos-1512.html>
- Bautista, J. (2019). *Green Progress*.
<https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-de-leopold-evaluando-los-impactos-ambientales/>
- Betancourt, D. (2 de agosto de 2016). *Ingenio Empresa*.
<https://www.ingenioempresa.com/lista-de-chequeo/>
- Betancourt, D. (2016). *Listas de chequeo*. <https://www.ingenioempresa.com/lista-de-chequeo/>
- CESTA. (Abril de 2019). *Los desechos sólidos*. <https://cesta-foe.org.sv/wp-content/uploads/2013/12/Folleto-Desechos-2.pdf>
- Constitución Política de la República de Guatemala*. (17 de noviembre de 1993). Asamblea Nacional Constituyente.
<https://www.cijc.org/es/NuestrasConstituciones/GUATEMALA-Constitucion.pdf>
- Dellavedova, M. G. (2016). *Guía metodológica para elaborar un EIA*.
<https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf>
- ECOQUIMSA. (2019). *Valorización de Impactos Ambientales*.
<https://www.ecoquimsa.com.gt/noticias/importancia-de-la-identificacin-y-valorizacin-de-impactos-ambientales-de-un-proyecto>
- Eguizábal León, A. R. (2017). *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en colonia Los Naranjales, zona 4, municipio de Escuintla. [Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala]*.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6078/1/Ana%20Rebeca%20Eguiz%C3%A1bal%20Le%C3%B3n.pdf>
- Espinoza, J. C. (2019). *Propuesta de Mejoramiento Ambiental mediante Sistemas Agroforestales para el Relleno Sanitario de zona 3 de la Ciudad de Guatemala*.
http://biblioteca.fjt9ol.{n'k,mñ.jn89oluj'}.ñ,mpj'09usac.edu.gt/tesis/02/02_5099.pdf

- Gestión de Recursos Naturales (2023). *Impactos Ambientales*. <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html#:~:text=Impacto%20Ambiental%20Directo%20o%20Indirecto,est%C3%A1n%20ocurriendo%20en%20el%20presente.>
- Herrera, A. (2019). *Diagramas de flujo*. <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf>
- INERCO. (2017). *Valoración de Impactos Ambientales*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47226678/Componente_digital-libre.pdf?1468446762=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVALORACION_DE_IMPACTOS_AMBIENTALES.pdf&Expires=1713295207&Signature=ZBIRy0HeFA3x~bAVOOqFeT7XG9TwLt6p64E2~RzOsaS6SY2~4
- MARN. (2015). *Política Nacional para la Gestión de los Residuos y Desechos Sólidos*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/#:~:text=El%20Reglamento%20para%20la%20Gesti%C3%B3n,protecci%C3%B3n%20de%20la%20salud%20humana>
- MARN. (2015). *Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/#:~:text=El%20Reglamento%20para%20la%20Gesti%C3%B3n,protecci%C3%B3n%20de%20la%20salud%20humana>
- MARN. (2021). *Reglamento para la Gestión de Residuos y Desechos Sólidos Comunes*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/#:~:text=El%20Reglamento%20para%20la%20Gesti%C3%B3n,protecci%C3%B3n%20de%20la%20salud%20humana>
- MARN. (2022). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/#:~:text=El%20Reglamento%20para%20la%20Gesti%C3%B3n,protecci%C3%B3n%20de%20la%20salud%20humana>
- MARN. (2022). *Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos*.

<https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/#:~:text=El%20Reglamento%20para%20la%20Gesti%C3%B3n,protecci%C3%B3n%20de%20la%20salud%20humana>

MARN. (s/f). *Términos de Referencia.*
file:///C:/Users/Alejandra/Downloads/15756_cierre-de-vertedero-a-cielo-abierto.pdf

Mendoza, J. G. (2019). *Modelos para evaluar el deterioro agroecológico y ambiental: matrices causa - efecto y problema - solución.*
https://cursos.clavijero.edu.mx/cursos/093_prca/modulo2/contenidos/documentos/tema2.3-INSTRUMENTOS-Y-MATRICES-PARA-EVALUAR.pdf

Montes, W. M. (noviembre de 2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.*
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf>

¿Qué es un diagrama de causa y efecto? [Blog] <https://www.wowcx.com/que-es-un-diagrama-de-causa-y-efecto/#:~:text=Un%20diagrama%20de%20causa%20Defecto,causales%20entre%20las%20distintas%20hip%C3%B3tesis>.

Quich, G. V. (2017). *Sistematización de manejo de desechos y residuos sólidos en la Planta de tratamiento de desechos sólidos en IRTRA.*
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8838/1/Tesis%20Guillermo%20Venancio.pdf>

Quiñónez, S. (2022). *Descripción de la Gestión Integral de Desechos.*

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (13 de agosto de 2018). *Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental.*
<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>

Tchobanoglous, G. (2021). *Desechos sólidos, principios de ingeniería y administración.*
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61672030/GEORGE_TCHOBANOUGLOUS_10-33_21-11_pag_5020200103-89433-19z8tyg-libre.pdf?1578080943=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDESECHOS_SOLIDOS_PRINCIPIOS_DE_INGENIERIA.pdf&Expires=1713288224&Signature

Tello, A. (2022). *Implementación de un sistema de control de la clasificación de residuos y desechos sólidos generados en los puestos de trabajo de Hostales del ITRA, Retalhuleu.*

Vo. Bo. Lcda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CUNSUROC.

IX. ANEXOS

9.1 Términos de referencia para el cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA.



DIGARN-DEMARD-10
Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades
Sector 11, Saneamiento, Subsector A:
Gestión integral de residuos y desechos sólidos comunes

TÉRMINOS DE REFERENCIA CIERRE TÉCNICO DEFINITIVO DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL (RELLENO SANITARIO) PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

El cierre técnico definitivo de sitio de disposición final (relleno sanitario) se efectúa cuando toda la capacidad disponible o permitida ha sido completada y no es posible depositar más desechos sólidos en el sitio, por lo que procede definir los pasos a adoptar y elementos de mantenimiento de cierre definitivo, a través de una serie de operaciones de ingeniería para aislar el área del relleno sanitario o el conjunto de células del entorno y uso posterior.

Los sitios utilizados para la disposición final, posterior a su cierre, solo podrán ser destinados para actividades recreativas o forestales, prohibiéndose la construcción de edificaciones en general y donde la presencia de personas no sea de forma permanente.

No	TEMA	DESCRIPCIÓN
1.	INDICE	Presentar el listado de los temas y subtemas desarrollados. Presentar índices de cuadros, figuras, mapas, anexos, acrónimos y otros; señalando número de página.
2.	INTRODUCCIÓN	Contextualizar el alcance del proyecto dando una explicación de sus partes principales incluyendo: a) Descripción del proyecto, localización y área de influencia; b) Objetivos del Plan de Gestión Ambiental; c) Justificación técnica del proyecto; d) Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales; e) Evaluación de impactos; f) Medidas de mitigación propuestas y duración en la implementación; g) Planes y programas de manejo específicos de los diferentes procesos y acciones; h) Monitoreo ambiental y seguimiento; i) Cronograma de ejecución de las acciones de los planes propuestos y responsable de ejecutarlas.
3.	INFORMACIÓN GENERAL	
3.1.	Información sobre el profesional o equipo que elaboró el PGA	Indicar el nombre del profesional o equipo de profesionales participantes en la elaboración del Plan de Gestión Ambiental. Se requiere al menos la participación de un profesional especializado con experiencia en el tema de residuos y desechos sólidos.
3.2.	Normativa vigente y relacionada con el proyecto a cumplir	Identificar toda la normativa existente y vigente, que se relaciona con el proyecto y que deberá cumplirse.

4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
4.1	Área del proyecto y área de influencia	Presentar plano de ubicación y localización a una escala visible donde se identifique el área a cubrir en coordenadas geográficas Datum WGS84. Señalar las áreas de influencia directas (AID) e indirectas (AIJ) en las que la operación del relleno sanitario tuvo impactos positivos y negativos estableciendo área de influencia directa, colindancias inmediatas al perímetro del proyecto y área de influencia indirecta. Identificar claramente calles, avenidas, caminos de acceso, colindancias y la proximidad a las edificaciones, aeropuertos, poblaciones, fallas geológicas y fuentes de abastecimiento de agua más cercanas.
4.2	Justificación técnica del proyecto	Se requiere describir las circunstancias observadas que consideraron el cierre técnico definitivo del sitio de disposición final (relleno sanitario), así también sustentar y forma parte del proyecto la siguiente documentación técnica: a) Estudios y/o informes - Estudio de estabilidad de suelos, - Estudio de hidrogeológico (superficial y subterráneo), - Estudio hidrológico, - Estudio geotécnico, - Estudio geológico, - Estudio topográfico, - Informe de infiltración o permeabilidad del suelo, - Estudio de generación de biogás, - Estudio de generación de lixiviado. b) Situación de la disposición final Se requiere describir la solución de la disposición final de los desechos generados por el municipio al momento del cierre técnico definitivo.
4.3	Flujograma de actividades	Presentar un diagrama de flujo donde se muestre secuencialmente las actividades de cierre técnico del relleno sanitario.
4.4	Etapas de construcción (Infraestructura a desarrollar)	Detallar toda la infraestructura y el área que ocupará la misma, expresada en sistema métrico decimal. Adjuntar los planos relativos a la topografía final del sitio: Describir las acciones y requerimientos necesarios para la clausura del sitio de disposición final. a) Valla y/o cartel identificando el sitio e indicando la suspensión del vertido; b) Estabilización y compactación del sitio de disposición final; c) Diseño de la capa final del sitio de disposición final; d) Cobertura vegetal del sitio de disposición final;



		e) Barrera perimetral natural y artificial; f) Vías de circulación (internas y externas); g) Sistema de drenaje de aguas superficiales; h) Sistema de captación y monitoreo de lixiviados; i) Sistema de captación y monitoreo de gases; j) Bodega de utensilios o herramientas para las acciones de mantenimiento y monitoreo; k) Diseño de la infraestructura relacionada al nuevo uso.
4.5	Etapas de operación	Se requiere una descripción clara y precisa de las diferentes actividades y procesos a realizar durante la operación del proyecto principalmente deberá suministrarse la siguiente información: a) Mantenimiento de la barrera perimetral natural y artificial; b) Mantenimiento del sitio de disposición final: cobertura final, cobertura vegetal, asentamiento y adecuación de celdas; c) Mantenimiento de las vías de circulación y áreas verdes; d) Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales; e) Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados; f) Mantenimiento del sistema de captación de gases; g) Monitoreo de lixiviados, gases, aire, aguas superficiales y subterráneas; h) Monitoreo de estabilización de celdas y/o trincheras; i) Mantenimiento de la infraestructura relacionada al nuevo uso.
4.6	Maquinaria, equipo y vehículos a utilizar	Describir la cantidad y características de la maquinaria, equipo y vehículos requeridos para las actividades de cierre técnico de relleno sanitario. Detallar el tipo y programa de mantenimiento y monitoreo preventivo y correctivo a aplicar.
4.7	Mano de obra	Indicar la cantidad de puestos de trabajo y número de trabajadores a considerar para el desarrollo de la actividad de cierre técnico.
4.8	Materiales e insumos a utilizar	Presentar un listado completo de los materiales e insumos a utilizar indicando cantidades por día y mes, así como la forma de distribución y almacenamiento.
4.9	Gestión integral de los residuos y desechos sólidos	Determinar la cantidad de residuos y desechos comunes, especiales y peligrosos en kilogramos al día (considerar el Acuerdo Ministerial 7-2019), manejo interno, sistemas de clasificación (considerar el Acuerdo Ministerial 6-2019), almacenamiento, identificación de sitios para su tratamiento y/o disposición final. Incluir medidas para la reducción y reúso de los residuos y desechos sólidos, incluyendo cantidad de residuos valorizados para procesos de reciclaje.
4.10	Uso y consumo de agua	Definir la cantidad a usar (m ³ /día o mes), como caudal promedio, máximo diario y horario, la fuente de abastecimiento, las condiciones de la fuente. Considerar el consumo de agua para el mantenimiento de las áreas verdes y cobertura vegetal del sitio de disposición final.

4.11	Manejo de las aguas residuales de tipo ordinario y/o de tipo especial	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de las aguas residuales a generarse, así como la información relacionada con la recolección de las mismas (alcantarillado del proyecto), forma de tratamiento e identificación de punto(s) de descarga. Explicar el manejo de las aguas residuales de conformidad al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 238-2006 y sus reformas.
4.12	Manejo de las aguas pluviales	Descripción del manejo de las aguas pluviales en el proyecto, identificando los puntos de descarga.
4.13	Manejo de emisiones gaseosas	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de las emisiones al aire de Gases de Efecto Invernadero (GEI), generadas por fuentes fijas y/o no estacionarias y su tratamiento.
4.14	Energía eléctrica	Definir la cantidad a usar (MWh/año) de energía consumida al año, o el equivalente de combustible por año, la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará.
4.15	Otros	En caso necesario, indicar otros servicios que se vayan a utilizar por parte del proyecto.
5.	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	En los siguientes subtemas se requiere identificar y describir los impactos ambientales o alteraciones que podrían ser generadas en el entorno ambiental, económico, social, etc., con motivo de la ejecución de las operaciones de la actividad. La caracterización y valoración de los impactos ambientales deberá establecerse en los diferentes procesos del proyecto. El desarrollo de la identificación, caracterización y valorización de impactos ambientales debe ser en ambas vías, tanto el impacto que pueda tener el proyecto al ambiente en sus diferentes sistemas como el ambiente al proyecto a través de amenazas naturales.
5.1	Medio Físico natural	Se requiere identificar, caracterizar y valorar los impactos específicos derivados del proyecto con respecto a la calidad del aire, ruido, olores, agua (subterránea y/o superficial) y suelo tanto en el área de influencia, procesos y etapas del proyecto.
5.2	Medio biótico (flora y fauna)	Se requiere identificar, caracterizar y valorar los impactos específicos derivados del proyecto con respecto a vegetación, especies y proliferación de fauna nociva, en el área de influencia directa como indirecta de los diferentes procesos a ejecutar por el proyecto atendiendo las etapas.
5.3	Socioeconómico, cultural y territorial	Se requiere identificar, caracterizar y valorar los impactos específicos derivados del proyecto con respecto a infraestructura y servicios, población, características culturales y actividades económicas, tanto en el área de influencia directa como indirecta de los diferentes procesos a ejecutar por el proyecto atendiendo las etapas de construcción, operación y abandono.

5.4	Calidad del paisaje	Se requiere identificar, caracterizar y valorar los impactos específicos derivados del proyecto con respecto a intrusión en el paisaje o modificación del mismo, tanto en el área de influencia directa como indirecta de los diferentes procesos a ejecutar por el proyecto atendiendo las etapas de construcción, operación y abandono.
5.5	Amenazas naturales	Identificar qué tipo de amenazas es sujeto de vulnerabilidad al proyecto. Las amenazas naturales serán desarrolladas según las particularidades de la ubicación geográfica, de las condiciones climáticas y de los factores geológicos y tectónicos. Los fenómenos a considerar podrían ser de origen hidrometeoro lógico (huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, etc.), geológico (terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, etc.) y mixtos (erosión, avalanchas, etc.).
6	EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y SÍNTESIS	Elaborar un resumen, indicando todos los impactos ambientales que producirá el proyecto, en el área de estudio y en el área de influencia, en sus diferentes etapas de desarrollo. Explicar claramente el resultado de la valoración e importancia del impacto ambiental, incluyendo aquellos impactos que generan efectos acumulativos. Hacer una comparación de la calificación de los impactos ambientales, en particular el balance entre los impactos negativos y positivos; y resumir cuáles son los impactos más importantes que producirá el proyecto.
6.1	Valoración de impactos ambientales identificados	Aplicar una metodología convencional de evaluación de impactos que confronte las actividades impactantes del proyecto con las variables ambientales. (Suelo, agua, biodiversidad, etc.).
7.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Proponer las actividades y acciones a cumplir para cada medida de mitigación establecida acorde a la variable ambiental con impactos identificados. Se deberá elaborar una tabla según fase del proyecto en la cual se presente por cada variable ambiental aire, suelo, agua, biodiversidad, paisaje, riesgos a amenazas naturales, etc., que apliquen al proyecto, la tabla contendrá: a) Acción del proyecto que genera el impacto; b) Variable ambiental impactada; c) Impacto ambiental propiamente dicho; d) Regulación ambiental relacionada; e) Medidas ambientales establecidas; f) Tiempo de ejecución de las medidas; g) Costo de las medidas; h) Responsable de la aplicación de las medidas; i) Descripción de los compromisos ambientales.

8.	PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO ESPECIFICOS	Se requiere el detalle de los diferentes planes o programas que se enumera. Estableciendo las acciones a desarrollar para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales causados por el proyecto. En función al proyecto si fuera necesario especificar otro plan o programa deberá describirse.
8.1	Plan de mantenimiento	Se debe elaborar y operar un plan de mantenimiento para todas las instalaciones, por un periodo de al menos 10 años. Este periodo puede ser reducido cuando se demuestre que ya no existe riesgo para la salud y el ambiente. El programa debe incluir el mantenimiento de la cobertura final de clausura, para reparar grietas y hundimientos provocados por la degradación de los desechos sólidos urbanos y de manejo especial, así como los daños ocasionados por erosión (escurrencimientos pluviales y viento).
8.2	Plan de Monitoreo	Detallar las acciones específicas de control de calidad, mantenimiento y monitoreo ambiental de biogás, lixiviados y calidad de agua superficial y subterránea. El Plan de Monitoreo se realizará con el fin de comprobar que se mantendrán los parámetros deseados o propuestos de cada uno de sus factores a través de un registro de muestras y resultados.
8.3	Manual de control de plagas	Describir las actividades de prevención, control y eliminación de plagas.
8.4	Plan de reforestación	Establecer las medidas y acciones a considerar para garantizar o procurar que la reforestación de áreas verdes y sitio de disposición final se lleven según lo proyectado. Establecer por lo menos consideraciones de cuidado por especie, procedimientos, tiempos, responsables e insumos.
8.5	Plan de rehabilitación del área	Establecer un plan de zonificación para el nuevo uso a realizar en el área, identificando áreas de riesgo, así como las recomendaciones pertinentes para su aprovechamiento recreativo o forestal.
8.6	Planes de emergencia y contingencia	Presentar medidas a tomar como contingencia o contención en situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto y/o situaciones de desastres naturales, en el caso que dicho proyecto, se encuentre en áreas frágiles o que por su naturaleza represente peligro para el medio ambiente o poblados cercanos, así como los que sean susceptibles a las amenazas naturales. Dentro de los planes se pueden enunciar contra riesgo por sismo, explosión, incendio, inundación o cualquier otra eventualidad que sea identificable por el proyecto. Dentro de los planes de contingencia contemplar la operación del sistema de emergencia de tratamiento de lixiviados ante fenómenos meteorológicos.

9	MONITOREO, SEGUIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DEL PGA Y DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO	Se requiere dar seguimiento, vigilancia y control de las actividades y operaciones de cierre técnico definitivo del relleno sanitario para establecer su comportamiento y parámetros a través de un registro de muestras y resultados. Se debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, así como la identificación de hundimientos diferenciales. Este deberá representarse en un cuadro resumen donde se identifique: a) Variable ambiental evaluada o factor ambiental al que se le dará seguimiento; b) Las medidas de control, seguimiento y vigilancia ambiental; c) Indicador de monitoreo; d) Puntos y frecuencia de monitoreo; e) Métodos y/o tipos de análisis; f) Responsables. Se requiere que el mismo sea proyectado por un tiempo de 10 a 25 años, según la magnitud del sitio de disposición final.
9.1	Cronograma de implementación y evaluación	Elaborar un cronograma en donde se indica los periodos que se utilizarán para implementar cada medida de mitigación y para su evaluación.
10	MONTO GLOBAL DE LA INVERSIÓN	Se requiere establecer el monto que comprenderá el proyecto. La inversión deberá incluir: a) Costos de inversión b) Costos de operación y mantenimiento

NOTA:

- ✓ Las especificaciones técnicas contenidas en este documento obedecen a proyectos relacionados con la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, según Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades, Acuerdo Ministerial número 204-2019 publicado el 6 de agosto de 2019.
- ✓ Se requiere adjuntar los requisitos, acorde a lo solicitado por la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.

9.2 Propuesta del plan de gestión ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA, Retalhuleu.



Propuesta del Plan de Gestión Ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA.



ÍNDICE GENERAL

2. INTRODUCCIÓN	1
3. INFORMACIÓN GENERAL	2
3.1 Información sobre el profesional o equipo que elaboró el PGA	2
3.2 Normativa vigente y relacionada con el proyecto a cumplir	2
Artículo 97: Descarga de Aguas Residuales	2
Artículo 103. Disposición de los Desechos Sólidos	2
3.2.2 El Acuerdo Gubernativo 137-2016	2
Categorías de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades	2
Artículo 18.- Listado taxativo	2
Artículo 19.- Categorización ambiental	3
Artículo 20.- Localización del proyecto, obra, industria o actividad	4
Artículo 25.- Evaluación ambiental para la categoría B2	4
Artículo 36. Sistema de disposición final de desechos sólidos comunes	4
Artículo 38. Normas para la disposición final	4
Artículo 41. Preparación para la clausura	7
Artículo 42. Normas durante el período de preparación para la clausura	7
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
4.1 Área del proyecto y área de influencia	9
4.1.2 Plano de ubicación	9
4.1.3 Plano de localización	10
4.1.4 Área de influencia directa (AID) y área de influencia indirecta (AII)	11
4.2 Justificación técnica del proyecto	11
4.3 Flujograma de actividades	12
4.4 Etapa de construcción (infraestructura a desarrollar)	14
4.5 Etapa de operación	16
4.6 Maquinaria, equipo y vehículos a utilizar	19
4.7 Mano de obra	19
4.8 Gestión integral de los residuos y desechos sólidos	19
4.9 Manejo de las aguas residuales de tipo ordinario y/o de tipo especial	21
4.10 Manejo de las aguas pluviales	21
4.11 Manejo de emisiones gaseosas	21

4.12	Energía eléctrica.....	22
5.	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	21
6.	EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y SÍNTESIS.....	25
6.1	Valoración de los impactos ambientales identificados.....	25
7.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	27
8.	PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO ESPECÍFICOS	30
8.1	Plan de mantenimiento	30
8.2	Plan de monitoreo	30
8.3	Manual de control de plagas.....	31
8.4	Plan de reforestación	32
8.5	Plan de rehabilitación del área	33
8.6	Plan de emergencia y contingencia.....	34
9.	MONITOREO, SEGUIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DEL PGA Y DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO	36
9.1	Cronograma de implementación y evaluación.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Plano de ubicación de vertedero IRTRA.....	9
2.	Plano de localización de vertedero de IRTRA.....	10
3.	Área de influencia directa e indirecta.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales	22
2.	Valoración de los impactos ambientales	24
3.	Medidas de mitigación	29
4.	Riesgos y/o amenazas del cierre técnico del relleno sanitario	34
5.	Monitoreo, seguimiento e implementación del PG y de los planes y programas de manejo	36

2. INTRODUCCIÓN

El relleno sanitario próximo a su clausura está ubicado en el departamento de Retalhuleu, dentro del municipio de San Martín Zapotitlán, específicamente en las instalaciones del IRTRA. Este relleno tiene una capacidad total de 48,000 metros cúbicos y ocupa un área de 3,200 metros cuadrados. Fue diseñado con una vida útil estimada de 15 a 20 años, y para el año 2024 ha alcanzado el 90% de su capacidad.

Para su cierre, se plantean diversas acciones que incluyen la jardinerización del área. Esta medida contempla la plantación de especies vegetales con sistemas radiculares cortos, así como la instalación de barreras perimetrales destinadas a minimizar los olores generados en el lugar.

La ejecución de las tareas requerirá el uso de maquinaria, como retroexcavadoras y camiones, además de herramientas manuales. El proyecto contará con un equipo de 23 trabajadores con roles específicos, entre ellos operadores de maquinaria, responsables del monitoreo de gases, y jardineros encargados del mantenimiento del área rehabilitada. Los desechos serán clasificados en tres categorías: orgánicos, no recuperables y recuperables.

Entre los principales impactos ambientales identificados se encuentran la emisión de olores, generación de gases, producción de lixiviados y posibles hundimientos en el terreno. Para mitigar estos efectos, se proponen medidas como la caracterización de aguas residuales, control de ruido, reforestación, y capacitaciones para el personal involucrado.

En la evaluación de los impactos ambientales negativos se destacan aspectos como la generación de aguas residuales, alteraciones en la calidad del agua, modificaciones en las características físicas y químicas del suelo, y el ruido producido durante la etapa de operaciones. Estas consideraciones serán clave para garantizar un cierre seguro y sostenible del relleno sanitario.

3. INFORMACIÓN GENERAL

3.1 Información sobre el profesional o equipo que elaboró el PGA

- Alejandra Heunize Aguilar Vides.

3.2 Normativa vigente y relacionada con el proyecto a cumplir

Con base al Código de Salud, Decreto 90 – 97 se establece lo siguiente:

Artículo 97: Descarga de Aguas Residuales

Queda prohibido la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el uso de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente -CONAMA- y la autorización del Consejo Municipal de la jurisdicción o jurisdicciones municipales afectadas. Dicho dictamen debe ser emitido en un plazo que no exceda a lo que establezca el reglamento respectivo. Se prohíbe, asimismo, la descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos, riachuelos y lagunas o cuerpos de agua, ya sean estos superficiales o subterráneos.

Artículo 103. Disposición de los Desechos Sólidos

Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

3.2.2 El Acuerdo Gubernativo 137-2016 establece lo siguiente:

Categorías de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades

Artículo 18.- Listado taxativo.

Se establece la categoría a la que pertenecen los proyectos, obras, industrias o actividades en el listado taxativo. Para los proyectos, obras, industrias o actividades que no se encuentren normados en el listado taxativo, el MARN determinará a

través de la DIGARN o las delegaciones departamentales cuando corresponda, la categoría a la cual debe pertenecer, fundamentando su categorización en criterio técnico.

Artículo 19.- Categorización ambiental.

Los proyectos, obras, industrias o actividades se clasifican de forma taxativa en tres diferentes categorías básicas A, B, y C tomando en cuenta los factores o condiciones que resultan pertinentes en función de sus características, naturaleza, impactos ambientales potenciales o riesgo ambiental.

a) Categoría A. Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades consideradas como las de más alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental de entre todo el Listado Taxativo. Los megaproyectos de desarrollo se consideran como parte de esta categoría.

b) Categoría B. Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades consideradas como las de moderado impacto ambiental potencial o riesgo ambiental de entre todo el Listado Taxativo y que no corresponden a las categorías A y C. Se divide en dos: la B1, que comprende las que se consideran como de moderado a alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental; y la B2, que comprende las que se consideran como de moderado a bajo impacto ambiental potencial o riesgo ambiental.

c) Categoría C. Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades, consideradas como de bajo impacto y riesgo ambiental, que se desarrollarán de forma permanente o aquellas que se materializarán en un solo acto, esta categoría deberá de ser presentada únicamente para su registro en los listados, de conformidad con el procedimiento que establezca el presente reglamento. Esta categoría no procede para proyectos, obras, industrias o actividades ubicadas en áreas protegidas.

Artículo 20.- Localización del proyecto, obra, industria o actividad.

Las áreas de localización se agruparán en tres categorías básicas: áreas ambientalmente frágiles, áreas con planificación territorial y áreas sin planificación territorial.

Artículo 25.- Evaluación ambiental para la categoría B2.

El procedimiento de evaluación de todos los proyectos, obras, industrias o actividades, clasificados dentro de esta categoría o en razón de su naturaleza de moderado a bajo impacto ambiental, será el siguiente:

- a) La DIGARN o la delegación departamental según corresponda, procederán a realizar la revisión de la información aportada, constatando que efectivamente se trate de una actividad enlistada como categoría B2 y que cumple con los requerimientos establecidos para este tipo de categoría.
- b) El análisis del instrumento ambiental se efectuará como máximo dentro de un plazo de 15 días, el que podrá ser prorrogado de acuerdo a las circunstancias propias del expediente tales como opiniones de otras entidades que son vinculantes referidas en el artículo 29 y 30 del presente reglamento, o bien por solicitud de ampliación de información al proponente.
- c) Cuando se trate de una denuncia penal por consignar documentación falsa dentro del expediente, el proceso se interrumpirá hasta que cese la causa que lo originó.

Con base en lo estipulado en el Acuerdo Gubernativo 164-2021 “Reglamento para la Gestión de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, establecen los procedimientos para la preparación para la clausura del sitio de disposición final:

Artículo 36. Sistema de disposición final de desechos sólidos comunes. La disposición final de los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento debe realizarse por medio del sistema de relleno sanitario.

Artículo 38. Normas para la disposición final. Los entes a cargo de la disposición final son responsables del cumplimiento de las normas para la disposición final que se establecen a continuación:

a) Debe existir un sistema permanente de control sobre el ingreso peatonal y vehicular al sitio para la disposición final, de manera que se garantice la ausencia de personal y vehículos no autorizados.

b) Los caminos vehiculares internos que se usan para la entrada y salida al sitio para la disposición final deben mantenerse en condiciones físicas tales que la generación de polvos derivada del paso de vehículos sea mínima. En caso de que tales caminos sean de terracería, deben implementarse medidas de prevención y mitigación por medio de riego o aspersión de agua.

c) Se debe garantizar que todos los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento sean dispuestos el mismo día de su recepción en el sitio para la disposición final.

d) La disposición de los desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento puede efectuarse, según las condiciones topográficas e hidrogeológicas del sitio para la disposición final; por medio de los métodos de área o trinchera, para los cuales se establecen normas específicas en los artículos 39 y 40. El método de trinchera no podrá utilizarse en aquellos sitios donde el manto freático se encuentre a una profundidad menor que cuatro metros.

e) La operación en el sitio para la disposición final puede efectuarse, según la cantidad de desechos sólidos comunes y productos de su tratamiento a ser dispuestos; por medios manuales, semimecanizados o totalmente mecanizados. La operación manual no podrá utilizarse cuando la cantidad de materiales a disponer supere las veinticinco toneladas métricas diarias y la operación semi mecanizada, no podrá utilizarse cuando supere las cuarenta toneladas métricas diarias.

f) Debe existir recolección y tratamiento permanente de los lixiviados producidos. Los niveles en las unidades de tratamiento y la relación de recirculación empleada deben mantenerse bajo control permanente.

g) El efluente del sistema de recolección y tratamiento de lixiviados no debe exceder los límites siguientes:

g.1) Arsénico, cien microgramos por litro.

- g.2) Cadmio, cien microgramos por litro.
 - g.3) Cloruros, cincuenta miligramos por litro.
 - g.4) Demanda bioquímica de oxígeno, cien miligramos por litro.
 - g.5) Demanda química de oxígeno, doscientos miligramos por litro.
 - g.6) Fósforo total, diez miligramos por litro.
 - g.7) Grupo coliforme fecal, un mil unidades formadoras de colonias por cien mililitros.
 - g.8) Hierro, cinco miligramos por litro; Mercurio, diez microgramos por litro.
 - g.9) Nitrógeno total, veinte miligramos por litro.
 - g.10) Plomo, cuatrocientos microgramos por litro.
 - g.11) Potencial de hidrógeno, entre seis y nueve unidades de pH.
 - g.12) Sólidos suspendidos totales, cien miligramos por litro.
 - g.13) Sulfatos, SO_4^{2-} , treinta miligramos por litro.
 - g.14) Temperatura, cuarenta grados Celsius.
 - h) Deben implementarse las medidas necesarias para asegurar que los gases derivados del proceso de descomposición de los materiales dispuestos en el sitio para la disposición final sean efectivamente captados. En especial, debe asegurarse que la concentración de metano en tales áreas no exceda, en ningún momento, de cinco por ciento.
 - i) Debe implementarse un plan de monitoreo de la calidad del agua subterránea en el sitio para la disposición final. Éste debe incluir, al menos, la verificación semestral de los valores de arsénico, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, hierro, oxígeno disuelto y plomo; así como la verificación semanal de la presencia del grupo coliforme fecal y el valor del potencial de hidrógeno.
-

j) Deben procurarse todas las medidas necesarias para el control del material volante en el sitio para la disposición final.

k) Previo al egreso de cualquier vehículo; ya sea recolector, de transferencia o para el transporte de productos del tratamiento; éste debe ser lavado exteriormente, en el área del sitio para la disposición final destinada para el efecto.

Artículo 41. Preparación para la clausura. El período de preparación para la clausura de un sitio para la disposición final de desechos sólidos comunes y los productos de su tratamiento da inicio una vez alcanzado su volumen máximo de llenado. Su duración debe ser determinada de acuerdo con la evolución en el comportamiento de las cuotas de generación de gases, y de las propiedades de estabilidad estructural del polígono de terreno ocupado; sin embargo, nunca podrá ser menor que cinco años. Iniciado este período, la disposición final de desechos sólidos comunes y productos de su tratamiento debe ser cesada de inmediato.

Artículo 42. Normas durante el período de preparación para la clausura. Durante el período de preparación para la clausura de un sitio para la disposición final, el ente a cargo de la disposición final respectivo es responsable, sin que esto limite o restrinja el cumplimiento de las normas establecidas en los artículos 38, 39 y 40, del cumplimiento de las normas que se establecen a continuación:

a) Debe aplicarse material de cobertura final para el relleno sanitario terminado. Este material debe ser suelo arcilloso, resistente a la erosión, con un coeficiente de permeabilidad no mayor que cinco nanómetros por segundo, y ser aplicado en una capa de no menos de cincuenta centímetros de espesor; o bien, un metro de espesor, si se van a sembrar árboles de talla mediana o grande.

b) Debe nivelarse todas las depresiones causadas por asentamientos diferenciales, usando material de cobertura final.

c) Debe mantenerse en funcionamiento todas las medidas instaladas para el control y la contención de plagas y vectores.

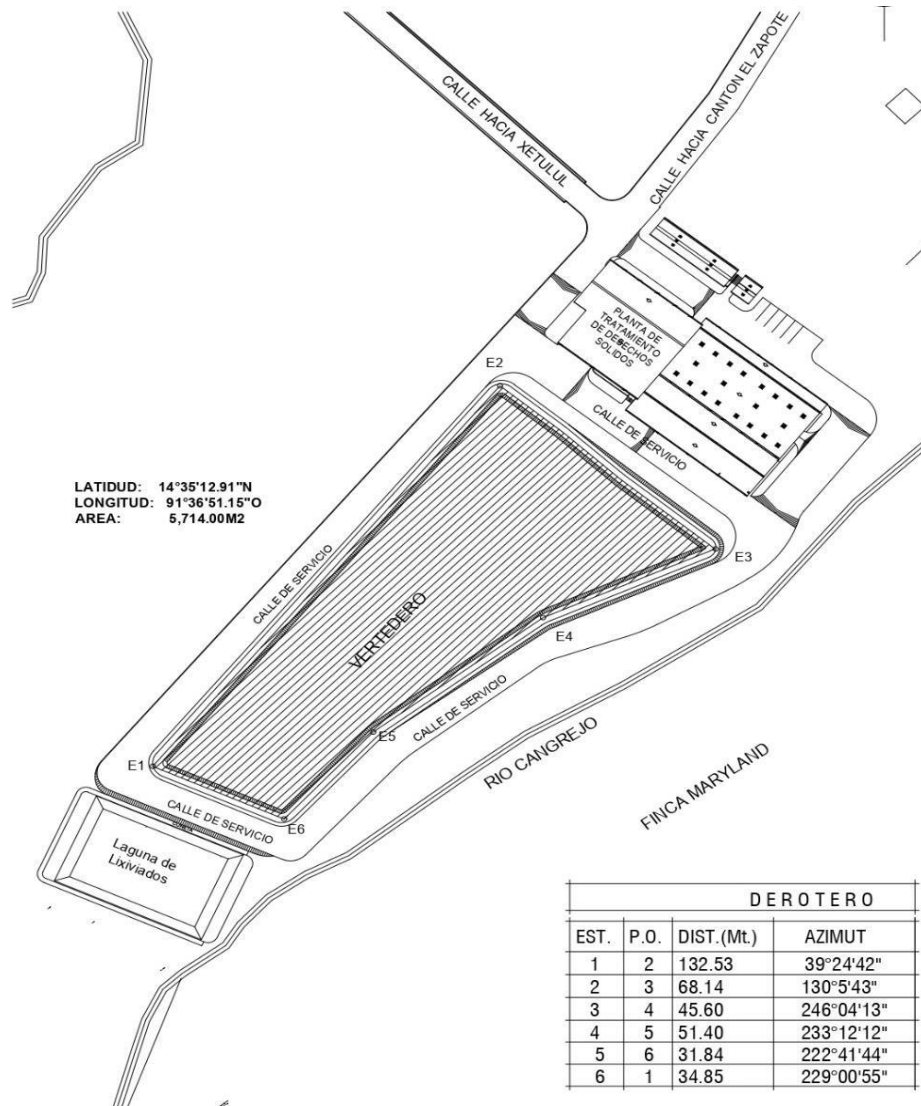
d) Debe realizarse mediciones de las cuotas de generación de gases con una frecuencia mensual.

e) Debe realizarse un estudio anual de estabilidad de suelos para el polígono de terreno ocupado por el sitio para la disposición final, que permitan determinar la evolución de la estabilidad estructural del mismo. Debe utilizarse un punto de muestreo por cada diez mil metros cuadrados de superficie, en el caso que el polígono sea menor a esta área debe utilizarse al menos un punto de muestreo; recogiendo sub-muestras a cada dos metros de profundidad, hasta alcanzar el nivel original de inicio de llenado del sitio.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Área del proyecto y área de influencia

4.1.1 Plano de ubicación



PLANO DE UBICACIÓN DE RELLENO SANITARIO EN IRTRA

*NATURALEZA FINCA NUEVA: RÚSTICA ☒ URBANA ☐
 *UBICACIÓN: MUNICIPIO: SAN MARTIN ZAPOTITLAN DEPTO.: RETALHULEU
 *ÁREA: 5,714.00 m²
 NOMBRE FINCA NUEVA (SI LO TUVIERA):
 DIRECCIÓN FINCA NUEVA (SI LO TUVIERA):
 *OTORGANTE (S):
 *ADQUIRIENTE (S):

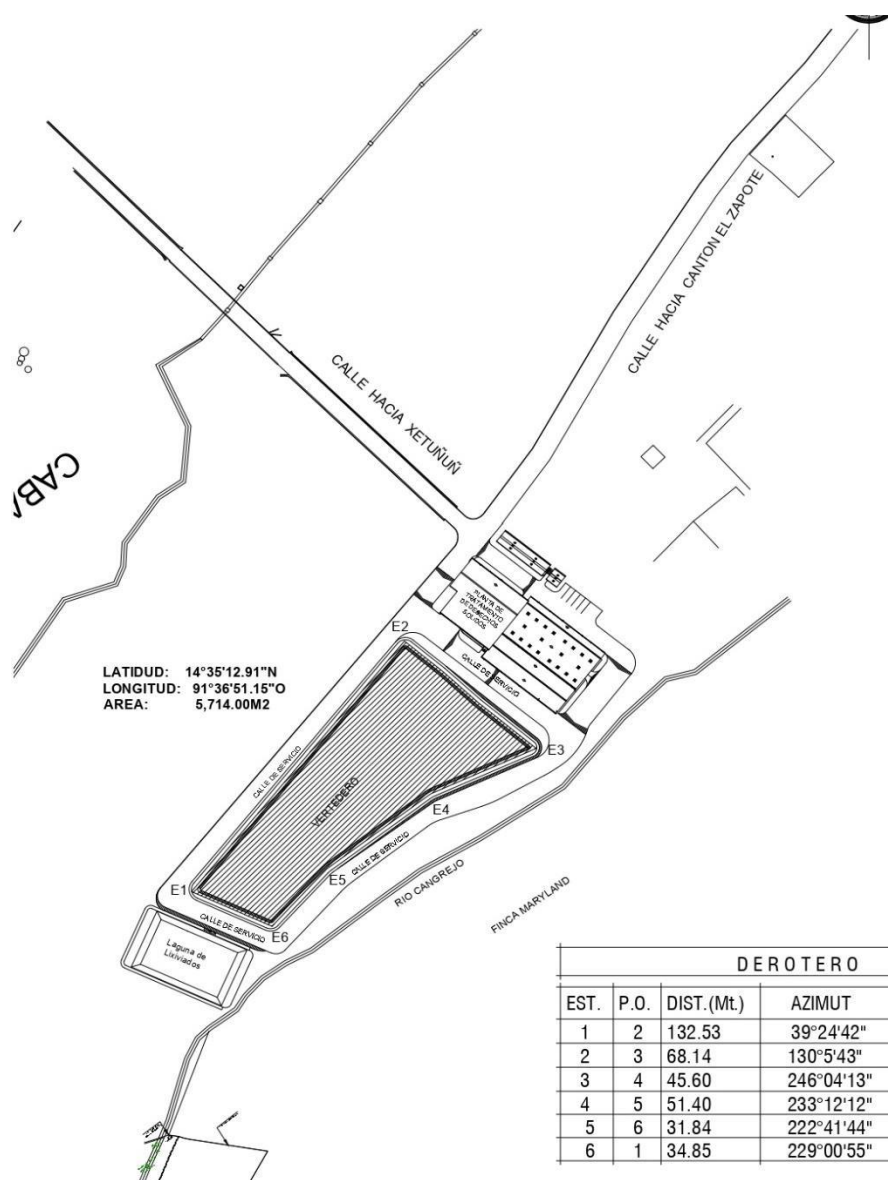
ESCALA: 1/1250
 FECHA: RETALHULEU, 10-11-2024

Nombre y firma
 Autorizado: Inscrito o reconocible de su elaboración

Ilustración 1: Plano de ubicación de vertedero IRTRA

Nota: Santos, 2024.

4.1.2 Plano de localización



PLANO DE LOCALIZACIÓN DE RELLENO SANITARIO

*NATURALEZA FINCA NUEVA: RÚSTICA ☒ URBANA ☐
 *UBICACIÓN: MUNICIPIO: SAN MARTIN ZAPOTITLAN DEPTO.: RETALHULEU
 *ÁREA: 5,714.00 m²
 NOMBRE FINCA NUEVA (SI LO TUVIERA):
 DIRECCIÓN FINCA NUEVA (SI LO TUVIERA):
 *OTORGANTE (S):
 *ADQUIRIENTE (S):

ESCALA: 1 /2000

FECHA: RETALHULEU, 10-11-2024

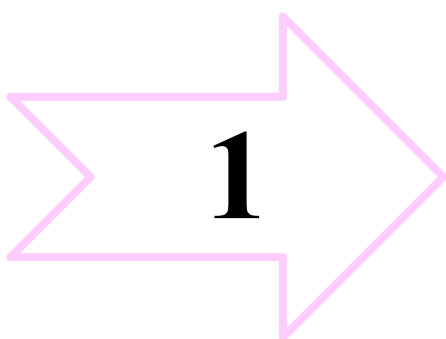
Nombre y firma
 Autorizado: Inscrito o reconocido por el autor

Ilustración 2: Plano de localización de relleno sanitario de IRTRA

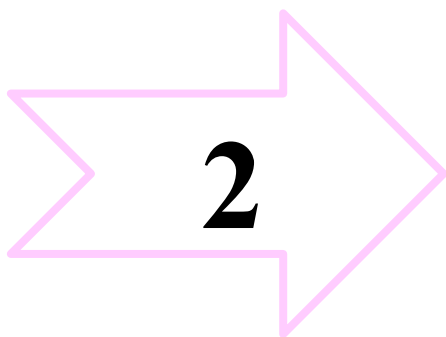
Nota: Santos, 2024.

El nuevo relleno sanitario estará equipado con tecnologías modernas que cumplen con normativas ambientales, como sistemas de impermeabilización para prevenir la contaminación del suelo y los mantos acuíferos y el sistema de captación de lixiviados para el tratamiento adecuado. Además, se considera su ubicación estratégica, garantizando accesibilidad para los servicios de recolección y minimizando las molestias a las comunidades cercanas.

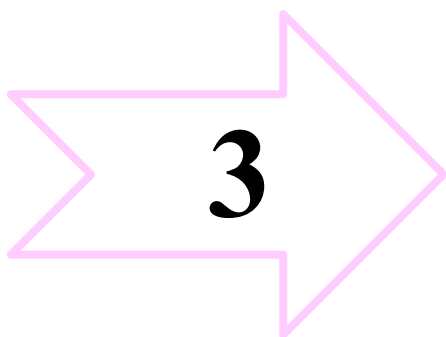
4.3 Flujograma de actividades



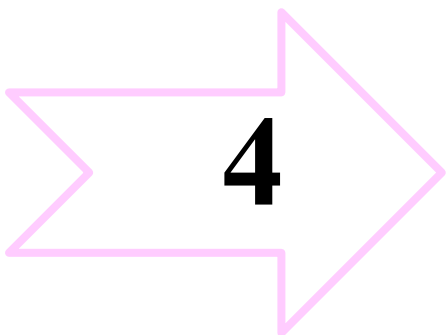
Se detendrá la recepción de todos los desechos no recuperables que su disposición final sea el relleno sanitario.



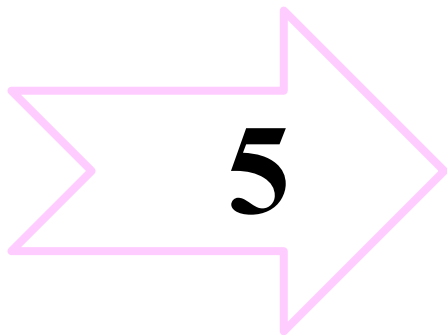
Se colocará una cinta en los alrededores del área del relleno para prohibir el paso de personal no autorizado.



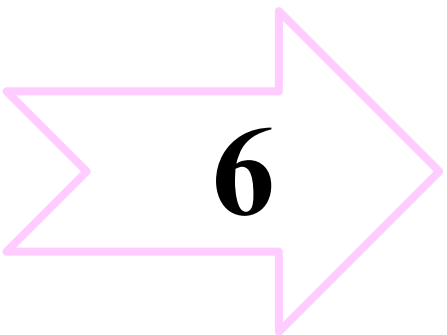
Se posicionará un letrero de 80 cm de largo x 100 cm de ancho, con la finalidad que sea legible para el personal, en la entrada del relleno sanitario en donde prohíba la entrada a personal no autorizado y la recepción de desechos.

**4**

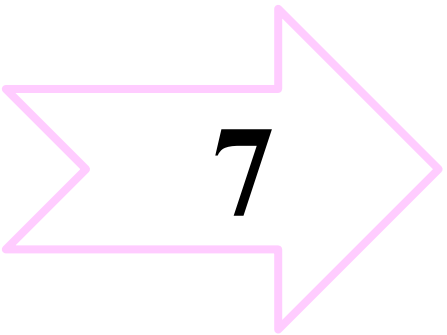
Se aplicará material de cobertura final para el relleno sanitario terminado. Este material debe ser suelo arcilloso, resistente a la erosión, con un coeficiente de permeabilidad no mayor que cinco nanómetros por segundo, y ser aplicado en una capa de no menos de cincuenta centímetros de espesor; o bien, un metro de espesor, si se van a sembrar árboles de talla mediana o grande

**5**

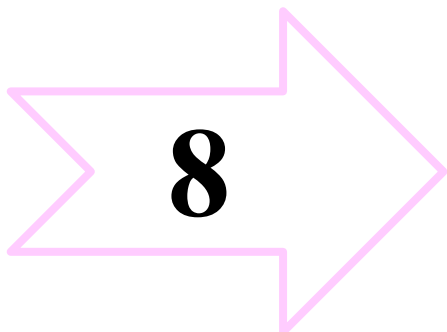
Nivelar todas las depresiones causadas por asentamientos diferenciales, usando material de cobertura final.

**6**

Mantener en funcionamiento todas las medidas instaladas para el control y la contención de plagas y vectores.

**7**

Realizar mediciones de las cuotas de generación de gases con una frecuencia mensual.



Llevar a cabo un estudio anual de estabilidad de suelos para el polígono de terreno ocupado por el sitio para la disposición final, que permitan determinar la evolución de la estabilidad estructural del mismo. Debe utilizarse un punto de muestreo por cada diez mil metros cuadrados de superficie, en el caso que el polígono sea menor a esta área debe utilizarse al menos un punto de muestreo; recogiendo sub-muestras a cada dos metros de profundidad, hasta alcanzar el nivel original de inicio de llenado del sitio.

Nota: Elaboración propia, 2024.

4.4 Etapas de construcción (infraestructura a desarrollar)

a) Valla y/o cartel identificando el sitio e indicando la suspensión del vertido

En la entrada del relleno sanitario se colocará un letrero en donde se indicará la suspensión de dicho proyecto, así como la prohibición de la entrada de personal no autorizado.



Ilustración 4: Diseño del cartel para indicar la suspensión del proyecto

Nota: Wikipedia, 2024.

b) Estabilización y compactación del sitio de disposición final

Se aplicará material de cobertura final para el relleno sanitario terminado. Este material será suelo arcilloso, resistente a la erosión, con un coeficiente de permeabilidad no mayor que cinco nanómetros por segundo.

c) Diseño de la capa final del sitio de disposición final

El diseño de la capa del suelo arcilloso será aplicado en una capa de no menos de cincuenta centímetros de espesor, o bien un metro de espesor para la siembra de limón, guanaba, almendros y jengibre, especies que su sistema radicular no pasa del metro.

d) Cobertura vegetal del sitio de disposición final

Al finalizar la estabilización y compactación del relleno sanitario, se cubrirá de gramilla y siembra de limón, guanaba, almendros y jengibre como parte de la cobertura del sitio de disposición final.

e) Barrera perimetral natural y artificial

Se implementará una barrera natural de palmas de botella en todos los alrededores del relleno sanitario para minimizar posibles olores que puedan surgir por la descomposición de los desechos no recuperables, por ejemplo, las bolsas que van manchadas de comida utilizada en los restaurantes.

f) Vías de circulación (internas y externas)

El relleno sanitario cuenta con vías de circulación externas que conducen hacia el, así como los caminos internos que hay dentro de la planta de tratamiento de desechos sólidos que llevan hacia el relleno sanitario.

g) Sistema de drenaje de aguas superficiales

Realizar inspecciones regulares del sistema de drenaje, en este caso, existen cunetas para la captación del agua de lluvia en los alrededores del relleno sanitario.

h) Sistema de captación y monitoreo de lixiviados

El relleno sanitario cuenta con un sistema de drenajes tipo francés que recolecta los lixiviados y los transporta hacia la laguna de lixiviados en donde reciben el tratamiento adecuado.

i) Sistema de captación y monitoreo de gases

Se cotiza en una empresa privada que se encarga de vender monitores portátiles medidores de gases, para asegurar que en el relleno sanitario no se están emitiendo gases que puedan poner en riesgo la salud humana, así como la de los colaboradores, midiéndolos diariamente.

j) Bodega de utensilios o herramientas para las acciones de mantenimiento y monitoreo

Se utiliza la bodega de la planta de tratamiento para el almacenamiento de todos los materiales que se utilizarán para la etapa de la infraestructura.

k) Diseño de la infraestructura relacionada al nuevo uso

Al momento del cierre técnico del relleno sanitario actual, se planea la apertura de una nueva infraestructura que está diseñada específicamente para funcionar como un relleno sanitario, un sitio de disposición final de residuos sólidos que cumple con estrictas normas técnicas y ambientales para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y en la salud pública.

4.5 Etapa de operación

a) Mantenimiento de la barrera perimetral natural y artificial

Se debe realizar la poda una vez cada 15 días de árboles y arbustos para evitar que interfieran con las instalaciones, la visibilidad o el acceso al relleno, las plantas que mueran, estén dañadas o enfermas deben ser reemplazadas de inmediato para mantener la densidad y efectividad de la barrera.

Se asignará un jardinero que estará directamente asignado al mantenimiento del relleno sanitario, ya que es importante monitorear regularmente la vegetación para detectar plagas o enfermedades que puedan afectar la salud de las plantas.

- b) Mantenimiento del sitio de disposición final: cobertura final, cobertura vegetal, asentamiento y adecuación de celdas

Como parte del mantenimiento del sitio se realizará la poda cada 15 días de los árboles y arbustos, riego diario en las etapas de iniciales de siembre, fertilización y reposición de plantas. Así mismo, cubrir los desechos ya compactados con una capa no menor a 50 centímetros y no mayor a un metro de espesor.

- c) Mantenimiento de las vías de circulación y áreas verdes

Limpieza dos veces a la semana de las vías y áreas verdes para evitar acumulación de residuos o crecimiento descontrolado de vegetación y hojarasca que se encuentre en el camino y Calendario de mantenimiento preventivo para las vías (reparaciones menores, control de polvo) y las áreas verdes (poda, riego, fertilización).

- d) Mantenimiento del sistema de drenajes de aguas superficiales

Limpiar los canales de drenaje, cunetas y rejillas de cualquier acumulación de sedimentos, residuos, hojas u otros materiales que puedan obstruir el flujo del agua.

Control y monitoreo en los análisis de agua realizados cada seis meses, dos veces al año, para la medición de parámetros como temperatura, pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nutrientes (nitratos, fosfatos), metales pesados.

- e) Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados

En las áreas donde los lixiviados son almacenados temporalmente, se debe mantener un control de la erosión para evitar que el agua de lluvia desborde las áreas de almacenamiento o arrastre los lixiviados hacia otras partes del sitio.

Supervisión continua en la laguna para asegurar que los lixiviados están llegando y que estos son tratados previamente al caer en un cuerpo de agua.

f) Mantenimiento del sistema de captación de gases

La persona encargada monitoreará con el medidor de gas portátil el nivel de gases que puedan estarse generando en el relleno sanitario para llevar un control de estos mismos.

g) Monitoreo de lixiviados, gases, aire, aguas superficiales y subterráneas

Se monitorean los gases con un medidor portátil, como el metano, para evitar acumulaciones peligrosas que puedan desestabilizar el sistema o representar riesgos de explosión.

h) Monitoreo de estabilización de celdas y/o trincheras

Los técnicos realizan inspecciones periódicas para identificar grietas, deformaciones, o cualquier signo de fallo estructural, así como verificar continuamente el funcionamiento de los sistemas de drenaje, para evitar que el agua se acumule en áreas críticas.

i) Mantenimiento de la infraestructura relacionada al nuevo uso

Riego continuo para mantener la cobertura vegetal, es necesario implementar un plan de riego que sea eficiente, especialmente en áreas que requieren mayor atención, como praderas o jardines.

El arbolado y las plantas mayores deben ser podados de manera regular para asegurar su crecimiento saludable y evitar riesgos de caída. Esto incluye la reposición de plantas que se deterioren o mueran para mantener la estética y funcionalidad del espacio.

4.6 Maquinaria, equipo y vehículos a utilizar

El equipo por utilizar será el siguiente:

- Retroexcavadora para la compactación y acondicionamiento de los desechos en el relleno sanitario. (1)
- Camión para el transporte del material arcilloso para la compactación de los desechos. (1)
- Palas (2)
- Piochas (2)
- Azadones (3)
- Carretillas (3)

4.7 Mano de obra

Para los trabajos del cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA, se necesita de:

- Operador de la retroexcavadora (1)
- Piloto del camión de volteo del material arcilloso (1)
- Encargado del monitoreo de gases en el relleno sanitario (1)
- Jardinero encargado de limpieza y mantenimiento del área verde (2)
- Colaboradores de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos (18)

4.8 Gestión integral de los residuos y desechos sólidos

La cantidad de residuos y desechos sólidos que son clasificados diariamente en la planta de tratamiento de desechos sólidos

Dentro de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos se realiza la clasificación de los residuos y desechos que son generados dentro de las instalaciones de todo IRTRA. Dentro de las clasificaciones se tiene que el 47% es para la elaboración de compost, 18% es reciclable, 21% relleno sanitario y el 14% para co-procesamiento.

Para el año 2,024 la cantidad de desechos no recuperables que han sido enviados al relleno sanitario es de 329.28 TON (329,280 kg), lo que estima que son 47.04 Ton (47,040 kg) por mes y 1.57 Ton/día (1,570 kg).

Las etapas del proceso de clasificación de los desechos son las siguientes:

- Caseta de selección y clasificación

Los colaboradores de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos son los encargados de recibir las bolsas con los desechos de las diferentes unidades ejecutoras, donde son colocadas en pilas para su clasificación. En esta etapa, los colaboradores clasifican en orgánico, inorgánico no recuperable e inorgánico recuperable.

- 4 pares de cámaras en 2 etapas

Al momento de finalizar las clasificaciones en las pilas, todos los desechos orgánicos son llevados a las cámaras de compostaje en donde son depositados y cuando estas llegan a su límite máximo de capacidad, son cerradas durante tres meses esperando que pase la fase 1, al finalizar los tres meses, son colocados en la fase 2 de las cámaras de compostaje, esperando que pasen otros 3 meses, para luego ser transportadas al área de maduración.

- Área de maduración

Al momento que todo el material orgánico termina su tiempo en la fase 2, es sacado y colocado en el área de maduración, en la cual pasan dos meses al aire libre. Al terminar los dos meses, pasan a ser triturados para ser utilizados como compost en las áreas de jardinería del IRTRA.

- Relleno sanitario

Al relleno sanitario van dirigidos todos los desechos no recuperables, que en este caso son pañales desechables, papel y cartón mojado, cartón que tenga impresiones, pajillas, platos plásticos manchados de comida, servillas mojadas, recipientes para aderezos, entre otros.

- Estanque de lixiviados

Es el área de agua de estanque en reposo de las actividades que se realizan dentro de la planta de tratamiento, la limpieza de las pilas de clasificación, limpieza de la

compactadora, los lixiviados que se generan en las cámaras de compostaje. Posteriormente al lavado de todo lo utilizado las aguas sucias tardan en llegar a la laguna en un aproximado de una hora, donde son tratadas antes de ser puestas en un cuerpo de agua.

4.9 Manejo de las aguas residuales de tipo ordinario y/o de tipo especial

Tratamiento biológico, utilizando procesos aeróbicos o anaeróbicos para degradar la materia orgánica y tratamiento térmico o evaporación para reducir el volumen de lixiviados y concentrar los contaminantes, seguido de la disposición adecuada de los residuos resultantes.

Una vez tratados, los lixiviados pueden ser descargados a cuerpos de agua si cumplen con las normativas de calidad ambiental, según el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

4.10 Manejo de las aguas pluviales

Los canales perimetrales que se construyen alrededor del relleno para recoger las aguas pluviales y conducir las fuera de las áreas activas de disposición de residuos. Estos canales deben estar revestidos (con concreto, piedra o geomembranas) para evitar su erosión y asegurar un flujo adecuado del agua.

Zanjas de captación que se ubican en las áreas más propensas a la acumulación de agua. Su objetivo es captar el agua en áreas de tránsito o en los taludes y dirigirla a los canales de desvío.

4.11 Manejo de emisiones gaseosas

Durante la operación de las celdas de residuos, se utilizan capas de suelo compactado para sellar parcialmente las celdas, reduciendo la liberación directa de gases.

Cuando una celda ha alcanzado su capacidad máxima, se aplica una cobertura final que incluye una capa impermeable (suelo arcilloso) y una capa de suelo con vegetación para prevenir la emisión de gases a la atmósfera. Con el fin de que estas

coberturas ayuden a controlar la infiltración de agua de lluvia, y que disminuya la formación de lixiviados y la presión de gases.

4.12 Energía eléctrica

El manejo de los residuos y el mantenimiento del relleno sanitario requieren equipos como compactadoras, excavadoras, herramientas para el mantenimiento del área verde y otros vehículos, que a menudo necesitan puntos de recarga de combustible, que, en este caso, el punto de recarga de combustible se encuentra dentro del Parque de Diversiones Xetulul.

5. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Factores		Aspectos Físicos y Biológicos															Aspectos Socioeconómicos		
		Agua				Aire			Paisaje	Suelo				Biota					
		Actividades	Agua residual	Agua Superficial	Agua subterránea	Calidad del agua	Ruido	Gases y Olores	Calidad del Aire	Valor escénico	Degradacion del suelo	Características Físicas	Características Químicas	Geomorfología	Alteración de Ecosistemas	Alteración Fauna Local	Alteración Flora Local	Generación de Empleo	Salud y Seguridad ocupacional
Fase de Cierre	Compactación de residuos	0 0	0 0	0 0	0 0	3 -3	5 -7	6 -8	7 -5	1 -3	6 -8	10 -10	5 -5	0 0	3 -3	3 -4	8 7	8 9	5 4
	Emanación de Olores	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	10 -10	10 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 -6	6 -7	6 -7	0 0	6 -9	3 -3
	Generación gases	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	10 -10	10 -10	0 0	0 0	0 0	2 -2	0 0	2 -4	2 -4	2 -4	0 0	6 10	6 -7
	Generación de aguas residuales, ordinarias y especiales	10 -10	7 -9	6 -9	10 -10	0 0	5 -7	0 0	4 -5	5 -5	4 -4	4 -4	0 0	8 -8	5 -6	5 -6	0 0	2 -4	1 -3
	Generación de Lixiviados	8 -10	7 -9	8 -10	10 -10	0 0	2 -3	3 -5	4 -5	6 -7	8 -10	3 -10	0 0	4 -10	5 -9	2 -5	0 0	2 -4	1 -3
	Mantenimiento de canales y drenajes de agua pluvial	10 10	10 10	1 1	7 8	1 -3	6 8	1 1	0 0	0 0	0 0	2 5	0 0	0 0	0 0	0 0	4 6	4 8	4 8
	Habilitación de bodega para el almacenamiento de herramientas y material	10 -8	7 -9	4 -5	8 -10	3 -5	1 -3	0 0	0 0	1 -3	1 -3	0 0	1 -1	0 0	0 0	0 0	2 4	4 6	5 5
	Transporte y compactación de tierra	0 0	2 -4	3 -5	0 0	2 -2	2 -2	6 -10	0 0	0 0	2 -2	0 0	3 -5	0 0	0 0	0 0	2 5	1 -1	0 0
	Recubrimiento con material arcilloso y sustrato para reforestación	0 0	2 -1	2 -2	0 0	1 -2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	5 2	7 8	4 7	6 8	2 5	6 7	2 8
	Derrumbamientos y hundimiento del terreno	0 0	1 -3	0 0	1 -1	1 -2	0 0	2 -4	1 -2	3 -5	3 -4	0 0	5 -5	1 -1	1 -1	0 0	0 0	2 -4	2 -3
	Mantenimiento e infraestructura	2 -1	1 -1	0 0	1 -1	2 -3	0 0	2 -1	0 0	2 -4	1 -2	0 0	4 -6	2 2	3 4	3 4	2 5	6 6	4 6
	Caseta de vigilancia y control de acceso	0 0	0 0	0 0	0 0	1 -3	0 0	1 -1	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 3	1 1	1 2
	Confinación del espacio	0 0	0 0	0 0	0 0	2 -2	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	3 5	3 8	4 4
	Letrero Informativo	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	Programa de control de vectores/roedores	0 0	0 0	0 0	0 0	1 -1	3 -5	4 -8	0 0	0 0	0 0	2 -4	0 0	3 -4	3 -4	3 -4	1 3	1 3	2 4
	Control de Incendios	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 3	2 2	1 1
	Mantenimiento de la cobertura final	2 5	4 6	0 0	0 0	0 0	3 4	2 6	4 6	0 0	0 0	0 0	0 0	3 4	2 5	4 8	1 4	1 2	1 2

Fase de Monitoreo	Medición de Emisiones Contaminantes	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	1
	Niveles de Olores	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	3
	Mantenimiento e Infraestructura	0	3	0	4	2	3	4	4	3	4	4	3	2	4	4	1	2	1
	Monitoreo de la cobertura final	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	4	2	4	1	1	2
	Evaluación del Estado del Recubrimiento	0	2	0	2	0	3	3	5	0	3	4	0	2	2	3	1	1	1
	Mantenimiento de Señales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
	Programa de Vectores/reodores	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	2	2	1	3	1

Nota: Elaboración propia, 2024.

Tabla 1: Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales

Matriz de Leopold Modificada para “Cierre Técnico de Relleno Sanitario – IRTRA – Sep2024”

(Sector 11. Saneamiento; Subsector A. Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes

Actividad No. 10 del Listado Taxativo 402 – 2021

Factores		Aspectos Físicos y Biológicos															Aspectos Socioeconómicos			
		Agua				Aire			Paisaje	Suelo				Biota						
		Actividad	Agua residual	Agua Superficial	Agua subterránea	Calidad del agua	Ruido	Gases y Olores	Calidad del Aire	Valor escénico	Degradación del suelo	Características Físicas	Características Químicas	Geomorfología	Alteración de Ecosistemas	Alteración Fauna Local	Alteración Flora Local	Generación de Empleo	Salud y Seguridad ocupacional	
Fase de Cierre	Compactación de residuos	0	0	0	0	-9	-35	-48	-35	-3	-48	-100	-25	0	-9	-12	56	72	20	-176
	Emanación de Olores	0	0	0	0	0	-100	-100	0	0	0	0	0	-18	-42	-42	0	-54	-9	-366
	Generación gases	0	0	0	0	0	-100	-100	0	0	0	-4	0	-8	-8	-8	0	60	-42	-120
	Generación de aguas residuales, ordinarias y especiales	-100	-63	-54	-100	0	-35	0	-20	-25	-16	-16	0	-64	-30	-30	0	-8	-3	-564
	Generación de Lixiviados	-80	-63	-80	-100	0	-6	-15	-20	-42	-80	-30	0	-40	-45	-10	0	-8	-3	-432
	Mantenimiento de canales y drenajes de agua pluvial	100	100	1	56	-3	48	1	0	0	0	10	0	0	0	0	24	32	32	401
	Habilitación de bodega para el almacenamiento de herramientas y material	-80	-63	-20	-80	-15	-3	0	0	-3	-3	0	-1	0	0	0	8	24	25	-211
	Transporte y compactación de tierra	0	-8	-15	0	-4	-4	-60	0	0	-4	0	-15	0	0	0	10	-1	0	-101
	Recubrimiento con material arcilloso y sustrato para reforestación	0	-2	-4	0	-2	0	0	0	0	0	0	10	56	28	48	10	42	16	202
	Derrumbamientos y hundimientos del terreno	0	-3	0	-1	-2	0	-8	-2	-15	-12	0	-25	-1	-1	0	0	-8	-6	-84
	Mantenimiento e infraestructura	-2	-1	0	-1	-6	0	-2	0	-8	-2	0	-24	4	12	12	10	36	24	52
	Caseta de vigilancia y control de acceso	0	0	0	0	-3	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	6	1	2	6
	Confinación del espacio	0	0	0	0	-4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	15	24	16	93
	Letrero Informativo	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Programa de control de vectores/roedores	0	0	0	0	-1	-15	-32	0	0	0	-8	0	-12	-12	-12	3	3	8	-78
	Control de Incendios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	8
	Mantenimiento de la cobertura final	10	24	0	0	0	12	12	24	0	0	0	0	12	10	32	4	2	5	147

Fase de Monitoreo	Medición de Emisiones	0	0	0	0	0	21	32	0	0	0	0	0	0	12	8	1	10	2	86
	Niveles de Olores	0	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0	0	0	12	6	1	12	9	70
	Mantenimiento e Infraestructura	0	21	0	32	4	21	32	20	21	32	36	6	10	32	36	1	16	5	325
	Estado de la cobertura final	0	0	0	0	0	0	0	12	5	3	8	0	8	16	32	1	5	6	96
	Evaluación del Estado del	0	10	0	6	0	15	21	40	0	6	16	0	6	6	12	1	3	2	144
	Mantenimiento de Señales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	6	19
	Poblaciones de Vectores/reodores	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	18	8	10	1	30	1	113
		-152	-48	-172	-188	-45	-167	-252	69	-70	-124	-88	-74	-28	-11	82	156	309	117	

Nota: Elaboración propia, 2024.

Tabla 2: Valoración de los impactos ambientales

Escala de Valores		Factores	Actividad
	>= -100	Agua residual	Compactación de residuos
	< -100	Agua subterránea	Generación gases
	>= 100	Calidad del agua	Emanación de Olores
	< 100	Gases y Olores	Generación de aguas residuales ordinarias y especiales
		Calidad del Aire	Generación de Lixiviados
		Características Físicas	Habilitación de los servicios básicos para el personal (agua, baños, Transporte y compactación de tierra

Nota: Elaboración propia, 2024.

6. EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y SÍNTESIS

La valoración de impactos del cierre técnico del relleno sanitario en IRTRA, identifica como principales efectos negativos lageneración de agua residual y alteración en las características físicas del suelo. Entre los impactos positivos destacan la mejora en el valor escénico y la generación de empleos. Las medidas de mitigación incluyen análisis de aguas residuales dos veces al año, aplicación de abono en las especies sembradas en el vertedero, control y medición de ruido y capacitaciones constantes a los empleados. En conclusión, el cierre técnico es viable, siempre que se implementen las medidas de mitigación propuestas.

6.1 Valoración de los impactos ambientales identificados

6.1.1 Suelo

Erosión facilitada por la pérdida de cobertura y la lluvia, durante la compactación y cobertura de los desechos sólidos

La topografía del terreno se verá afectada por la nivelación del terreno al momento que todos los desechos sean compactados y cubiertos por tierra.

6.1.2 Agua

Durante el cierre, el agua de lluvia puede infiltrarse en los residuos, generando lixiviados que pueden contaminar las aguas subterráneas si no se gestionan adecuadamente.

El agua de lluvia que se acumula en la superficie del relleno puede generar escorrentía, erosionar la cobertura final y contribuir a la formación de lixiviados.

6.1.3 Atmósfera

Durante la etapa de cierre del proyecto, eventualmente se generará contaminación del aire por el levantamiento de polvo y otras partículas debido al uso de las maquinarias.

Aspecto sonoro por la generación de ruidos se impactará en la etapa de cierre, debido al uso de maquinarias y camiones para el transporte de materiales.

Liberación de gases (CO, O₂C, entre otros) por el uso de transporte con motores de combustión, para el traslado de materiales de construcción y tierra.

Generación de polvo y partículas en suspensión por el movimiento y traslado de materiales y tierra para compactación de los desechos.

6.1.4 Biota

Se jardinizará el sitio de disposición final y se sembrarán distintas especies en puntos del terreno. La recuperación de la biota puede llevar tiempo y requerir seguimiento constante para asegurar el éxito de las medidas de rehabilitación.

6.1.5 Paisaje

La visibilidad natural del paisaje se verá afectado al momento de cubrir la compactación de los desechos con tierra.

6.1.6 Generación de empleo

Facilitará empleo para la fase de cierre y fase de monitoreo del proyecto, requiriendo mano de obra calificada.

7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Medio	Componente ambiental	Actividad evaluada (fuente generadora de impactos)	Impactos ambientales relevantes	Cita de la regulación ambiental relacionada	Medidas de mitigación	Tiempo de ejecución de medidas (construcción y operación)		Costo de aplicación de las medidas (anual)	Responsable de la aplicación de las medidas	Indicador de desempeño de la medida	Síntesis del compromiso ambiental
Físico	Aguas superficiales	Generación de aguas residuales ordinarias y especiales.	Deterioro de la calidad de agua	Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos.	Caracterización de aguas residuales (2 veces al año)	Etapas de cierre (desde el inicio de operaciones)		Q2,400.00	Laboratorio externo	Se llevará el registro de los análisis de aguas residuales.	Reducir el volumen de residuos líquidos que se disponen, así como, cumplir con la regulación vigente de aguas residuales.
		Desde inicio de operaciones		Q2,400.00							
		Generación de lixiviados.		Artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala.							
				Artículo 97, Decreto 90-97							
Físico	Suelo	Características físicas	Preparación del terreno para su clausura.	Artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala.	Aplicación de abono orgánico de manera controlada y adecuada en las zonas donde se realizaron siembras de especies como limón, guanaba, almendros y palmas de botella.	Desde inicio de operaciones	Q1,000.00		Supervisor de jardinería	Listado de las especies que fueron sembradas en el área.	Mejora del aspecto visual del paisaje en el relleno sanitario

Físico	Atmósfera	Ruido	Ruido por el uso de maquinaria para la fase de cierre del proyecto.	Actualmente no se han aprobado reglamentos de emisiones gaseosas en el país. Sin embargo, la ley marco que rige los temas ambientales en Guatemala es la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86)	Control y medición del ruido, que estos no sobre pasen los 70 decibeles.	Mientras dure la etapa de cierre	Q400.00	Supervisor de construcción.	Registro de la medición del ruido	Minimizar la cantidad de gases dañinos al ambiente, generados por las actividades del proyecto.
		Gases y olores	Posible emisión de gases de combustión a la atmósfera y del relleno sanitario		Humedecer constantemente el área en la que se está trabajando.	Desde inicio de operaciones	Q14,600.00	Gerente de mantenimiento	Constancia de mantenimientos realizados.	
		Calidad del aire	Levantamiento de polvo y partículas de materiales de construcción en las áreas circundantes.		Mantenimiento preventivo de la retroexcavadora para asegurar combustión efectiva.	Desde inicio de operaciones	Q16,200.00	Gerente de mantenimiento	Constancia de mantenimientos realizados.	
Ecológico	Flora	Jardinización	Artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala.	Artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala. Artículo 97, Decreto 90-97	IRTRA tiene una política de respeto por los recursos naturales, por tal razón se sembrarán distintos tipos de plantas, por ejemplo, limón, guanaba, almendros y palmas de botella en distintas áreas del sitio de disposición final	Desde inicio de operaciones	Q1,000.00	Supervisor de jardinería	Constancia de las especies sembradas en la parte jardinizado del relleno sanitario en IRTRA.	Prevenir la pérdida de tierra y proteger la cobertura final del relleno sanitario, minimizando el riesgo de deslizamientos.

Socioeconómicos					Equipo de protección personal	Etapa de cierre y monitoreo	Q2,000.00		Registro de supervisión de equipos de seguridad	Resguardar la salud e integridad física de los empleados del proyecto.
	Salud y Seguridad de empleados	Actividades derivadas de las operaciones de todos los departamentos del proyecto.	No aplica	Acuerdo Gubernativo 229-2014	Capacitaciones a empleados con respecto a la realización correcta y segura de las actividades correspondientes a sus puestos de trabajo.	Desde inicio de operaciones	Q15,000.00	Jefe de Seguridad e Higiene	Registro de entrega capacitaciones impartidas.	
	Económico	Empleos	Generación de empleos estables para personas cercanos al proyecto.	No aplica	Este es un impacto positivo que no requiere el implemento de una medida de mitigación.	Desde inicio de operaciones	Sin costo anual	IRTRA	No aplica	Contribuir con el desarrollo económico y social del país.

Nota: Elaboración propia, 2024.

Tabla 3: Medidas de mitigación

8. PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO ESPECÍFICOS

Las actividades por realizar en la etapa de monitoreo tienen como finalidad mantener el sitio en las condiciones reestablecidas durante la clausura, vigilar y en su caso realizar acciones que garanticen la estabilización física y biológica del sitio. Algunas de las actividades son las siguientes:

8.1 Plan de mantenimiento

- Asegurar que las áreas verdes se mantengan adecuadamente para evitar incendios y garantizar una barrera visual.
- Retiro de hojarasca que pueda acumularse alrededor del perímetro.
- Relleno de baches y reparación de daños en los caminos de acceso y circulación interna, especialmente después de temporadas de lluvias.
- Riego continuo en las vías internas para minimizar la dispersión de partículas al momento que vehículos y maquinaria pasen por espacio que no están pavimentados.
- Poda regular, control de maleza y mantenimiento de la gramilla en áreas no operativas, mejorando la estética del sitio.

8.2 Plan de monitoreo

- Realizar análisis periódicos, cada seis meses, de aguas subterráneas y superficiales para detectar posibles contaminaciones por lixiviados.
 - Controlar las emisiones de gases (metano, CO₂, sulfuro de hidrógeno) a través de monitores que midan el nivel de estos, asegurando que los niveles de emisión estén dentro de los límites permitidos.
 - Verificar la estabilidad de las celdas y la calidad del suelo en torno al relleno para prevenir deslizamientos o filtraciones de agua.
-

8.3 Manual de control de plagas

Pasos para el manejo integrado de plagas:

1. Identificación de plagas

Es necesario saber identificar correctamente la causa del daño, si es por plagas, por daños mecánicos, necesidades hídricas o por factores climáticos. Una vez identificado que el daño es por plagas, es importante conocer específicamente la especie de plaga, ya que cada especie tiene ciclos de vida y comportamientos específicos que determinan su control.

2. Biología de las plagas

Es importante conocer hábitos, ciclo de vida y necesidades de las plagas, ya que podría suceder que el momento en que nos percatamos de la presencia de una plaga puede ser demasiado tarde para controlarla efectivamente, pero hay otras etapas en el ciclo de vida en la cual la plaga es más susceptible a acciones preventivas.

3. Monitoreo constante para registros

Las acciones preventivas deben ser llevadas a cabo en el momento correcto para que sean efectivas. Por esta razón se debe monitorear el cultivo antes que las plagas sean un problema. Se debe establecer un método de monitoreo apropiado para el cultivo y las posibles plagas, así como un registro en donde se pueda anotar la fecha, presencia o ausencia, distribución y si las poblaciones están aumentando o disminuyendo.

4. Método de control

En algunos casos, cierto número de insectos pueden ser tolerados, por lo que es posible que no sea necesario tomar ninguna medida, de lo contrario se llega a un punto en el cual se debe tomar acción, es cuando el costo del daño es mayor que el costo del control, este se conoce como umbral económico. La tolerancia a la plaga también varía si nuestro cultivo se encuentra en riesgo de salud (un virus, por ejemplo), entonces se tendría una tolerancia baja.

Hay algunos métodos que pueden ser aplicados según el caso de plaga detectada, por ejemplo: el control cultural, control físico mecánico, control biológico y control químico.

5. Evaluación de resultados

Verificar, por medio de monitoreos, si el control aplicado ha sido efectivo y se ha obtenido los resultados deseados. Registrar el método utilizado y su efecto en la población de la plaga, así como aspectos a mejorar o efectos no deseados.

8.4 Plan de reforestación

Seleccionar las especies que sean resistentes a las condiciones climáticas y capaces de estabilizar el suelo, por ejemplo:

- Especies de crecimiento moderado a rápido que puedan generar sombra y captura de carbono. Ejemplos incluyen acacias, pinos o especies de eucalipto
- Plantas de bajo porte que ayuden a cubrir el suelo rápidamente y evitar la erosión. Ejemplos incluyen matorrales, gramíneas o especies herbáceas.
- Especies con sistemas radiculares profundos que estabilicen las laderas y pendientes, como vetiver, leguminosas de cobertura y gramíneas.

Se debe tener en cuenta que es un área que no cuenta con abundante tierra, por ello se deben sembrar especies con poco sistema radicular que al menos necesiten un metro de tierra, por ejemplo: limón (60 cm a 1m de raíz) guanaba (60 cm a 80 cm de raíz), almendros (75 cm a 1m de raíz), jengibre (30 cm a 40 cm de raíz).

Antes de la reforestación, es necesario preparar el suelo para mejorar sus condiciones y aumentar la probabilidad de éxito de las plantas:

- En algunos casos, puede ser necesario mejorar el suelo con nutrientes o fertilizantes orgánicos para asegurar que las plantas recién sembradas reciban los nutrientes necesarios.
 - Eliminar la vegetación indeseada (malezas) que pueda competir por recursos con las especies plantadas.
-

- En áreas secas o en las primeras etapas de crecimiento de las plantas, puede ser necesario implementar sistemas de riego temporal, como riego por goteo, para asegurar el establecimiento de la vegetación.

Una vez realizada la plantación, se debe implementar un plan de mantenimiento para asegurar el éxito de la reforestación.

- Establecer sistemas de riego temporal, especialmente en las etapas iniciales, hasta que las plantas se adapten al ambiente.
- Monitorear las especies plantadas para identificar posibles plagas o enfermedades y aplicar medidas de control.
- Realizar podas de formación para asegurar que los árboles crezcan adecuadamente y mantener las áreas libres de malezas o plantas competidoras.
- En caso de que algunas especies no prosperen, realizar reemplazos puntuales para mantener la cobertura vegetal.

8.5 Plan de rehabilitación del área

Como plan de rehabilitación es la jardinización del sitio de disposición final, al momento que se notifique que el relleno sanitario esta clausurado y los desechos no recuperables hayan sido compactados y cubiertos con material arcilloso, se procederá a la colocación de gramilla y reforestar el área.

El aprovechamiento forestal de un relleno sanitario como parte de su rehabilitación post-cierre implica convertir el área en un espacio verde que promueva la restauración ecológica y el uso sostenible de la tierra. Este enfoque no solo mejora la estética y la biodiversidad del área, sino que también contribuye a la mitigación de impactos ambientales a largo plazo. A continuación, se presentan algunas recomendaciones pertinentes para el aprovechamiento forestal de un relleno sanitario:

- Utilizar especies vegetales nativas y adaptadas al clima local, priorizando aquellas que se adapten a las condiciones del suelo del relleno y que requieran bajo mantenimiento. Es importante elegir plantas que ayuden a mejorar la calidad del suelo y favorezcan la estabilidad del terreno, por ejemplo: especies maderables como el guarumo, laurel, guachipilín, chonte, y madre cacao y especies ornamentales como rosa, girasol, violetas y azucenas.
- Establecer cobertura vegetal rápidamente en las áreas con mayor riesgo de erosión mediante la siembra de plantas herbáceas y arbustivas que cubran el suelo y reduzcan la acción del viento y del agua.

8.6 Plan de emergencia y contingencia

En el siguiente cuadro se resumen los distintos riesgos y amenazas, así como su justificación, en caso de que apliquen o no al proyecto.

Tabla 4: Riesgos y/o amenazas del cierre técnico del relleno sanitario

Riesgo y/o amenaza	Aplica al proyecto	Justificación
Amenazas naturales: Huracanes	Sí	El relleno sanitario se ubica en un área con un riesgo medio de sufrir consecuencias en caso de ocurrir un huracán.
Amenaza de inundación	No	El área en la que se encuentra el relleno sanitario tiene una amenaza baja de inundación.
Amenaza sísmica	Sí	En general todo el país posee un alto índice de vulnerabilidad de sismo.
Riesgo de fugas, incendios y explosiones	Sí	Debido a todos los desechos que se encuentran compactados en el relleno sanitario y la hojarasca de alrededor.
Riesgo de derrames de sustancias tóxicas	Sí	Debido a que se manejarán agroquímicos para el mantenimiento de

		la jardinización del relleno sanitario.
Movimiento de masa	No	El relleno sanitario no presenta condiciones de riesgo de deslaves debido a los mantenimientos de jardinizaci3n.
Riesgo de desertificaci3n	No	El riesgo de desertificaci3n es bastante bajo, debido al tipo de suelo y las condiciones climáticas predominantes.

Nota: Elaboraci3n propia, 2024.

9. MONITOREO, SEGUIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DEL PGA Y DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE MANEJO

Tabla 5: Monitoreo, seguimiento e implementación del PG y de los planes y programas de manejo

Factor ambiental al que se dará seguimiento	Medidas y vigilancia ambiental	Indicador de monitoreo	Puntos y frecuencia de monitoreo	Métodos y tipos de análisis	Responsables
Aguas subterránea, pluviales y residuales	Caracterización de aguas residuales (2 veces al año)	Se llevará el registro de los análisis de aguas residuales.	En los caudales establecidos y con frecuencia de dos veces al año	Un laboratorio externo será el encargado de relizar los análisis semestrales	Laboratorio externo
Atmósfera (calidad de aire, gases y olores)	Control y medición del ruido, que estos no sobre pasen los 70 decibeles.	Registro de la medición del ruido	En el relleno sanitario, mientras dure la etapa de construcción	Medidores portátiles de gases	Supervisor de Construcción
	Humedecer constantemente el área en la que se está trabajando.	Constancia de mantenimientos realizados.	En el relleno sanitario, mientras dure la etapa de construcción	Registros de los mantenimientos realizados	Gerente de mantenimiento
Paisaje	IRTRA tiene una política de respeto por los recursos naturales, por tal razón se sembrarán distintos tipos de plantas en distintas áreas del sitio de disposición final	Constancia de las especies sembradas en la parte jardinizada del relleno sanitario en IRTRA.	Monitoreo continuo en el relleno sanitario para control de las especies sembradas.	Registros de las especies que fueron reforestadas.	Supervisor de Jardinería
Suelo (degradación del suelo, características químicas y físicas)	Aplicación de abono orgánico de manera controlada y adecuada en las zonas donde se realizaron siembras.	Listado de las especies que fueron sembradas en el área.	En el relleno sanitario, realizar el monitoreo 2 veces por semana	Monitoreo y registro en el relleno sanitario para asegurar que no hayan derrumbamientos o hundimientos	Supervisor de Jardinería
Flora y Fauna	IRTRA tiene una política de respeto por los recursos naturales, por tal razón se sembrarán distintos tipos de plantas en distintas áreas del sitio de disposición final	Constancia de las especies sembradas en la parte jardinizada del relleno sanitario en IRTRA.	En el relleno sanitario, realizar monitoreos 2 veces por semana y riego diario.	Listado de especies reforestadas.	Supervisor de jardinería
Socioeconómicos (generación de empleo, calidad de vida)	Este es un impacto positivo que no requiere el implemento de una medida de mitigación.	No aplica	No aplica	Registro de las personas que fueron contratadas para el cierre del sitio de disposición final	IRTRA

Nota: Elaboración propia, 2024.

9.1 Cronograma de implementación y evaluación

Cronograma de implementación y evaluación							
Actividades	Mes						
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Caracterización de aguas residuales (2 veces al año)							
Aplicación de abono orgánico de manera controlada y adecuada en las zonas donde se realizaron siembras de especies como limón, guanaba, almendros y palmas de botella.							
Control y medición del ruido, que estos no sobre pasen los 70 decibeles.							
Mantenimiento preventivo de la retroexcavadora para asegurar combustión efectiva.							
Humedecer constantemente el área en la que se está trabajando.							

Capacitaciones a empleados con respecto a la realización correcta y segura de las actividades correspondientes a sus puestos de trabajo.				
--	--	--	--	--

Nota: Elaboración propia, 2024.

Tabla 6: Cronograma de implementación y evaluación



Mazatenango Suchitepéquez, 05 de marzo de 2025

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de la investigación inferencial titulado: **"Propuesta del Plan de Gestión Ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario de IRTRA RETALHULEU"**, presentado por la estudiante **Alejandra Heunize Aguilar Vides** con carné número **201807811**, y **CUI 3386961991001**, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de ingeniería en Gestión ambiental Local -EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Sin otro particular,

Atentamente
"ID Y ENSEÑAD A TODOS"
MSc Celso González Morales
Supervisor EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC



KAREN PÉREZ

Mazatenango Suchitepéquez, 24 de abril de 2025

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Sur Occidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación: **"PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DE IRTRA-RETALHULEU"**, presentado por el estudiante **Alejandra Heunize Aguilar Vides**, quien se identifica con Documento Personal de Identificación DPI y Código Único de Identificación CUI número **3386 96199 1001**.

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignado y habiendo verificado la incorporación de las observaciones a la investigación, procedo a dar el visto bueno al documento para que continúe con el proceso respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Allan Fernando Castro Czech
Revisor de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC



Karen RLC
24.04.2025.



Mazatenango 30 de mayo, 2025

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado ***"Propuesta del Plan de Gestión Ambiental para el cierre técnico del relleno sanitario de IRTRA- Retalhuleu"***, de la estudiante **Alejandra Heunize Aguilar Vides**, carné **201807811**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular.


MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I- 94-2025

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el ocho de septiembre de dos mil veinticinco—————

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DE IRTA-RETALHULEU”** de la estudiante: **Alejandra Heunize Aguilar Vides**, Carné: **201807811**. CUI: **3386 96199 1001** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Director



/gris