



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Guía de criterios para la formulación del
**Plan de Emergencia
y Contingencia**

ENFOCADO A INCENDIOS EN SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL



VICEMINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO
DIRECCIÓN PARA EL MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
GUATEMALA, 2024

Autoridades

Ph. D. César Bernardo Arévalo De León

Presidente de la República de Guatemala

Ph. D. Karin Larissa Herrera Aguilar

Vicepresidenta de la República de Guatemala

MSc. Ana Patricia Orantes Thomas

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

Dr. MSc. Edwin Josué Castellanos López

Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Ing. José Rodrigo Rodas Ramos

Viceministro de Ambiente

MSc. Jaime Luis Carrera Campos

Viceministro del Agua

Lic. Edwing Antonio Pérez Corzo

Viceministro Administrativo Financiero

Equipo de Formulación y Revisión

Ing. Jorge Oswaldo Grande Carballo

*Director de la Dirección para el
Manejo de Residuos y Desechos Sólidos*

Arq. Melissa Alvarez Barrientos

*Asesora Profesional de la Dirección para el
Manejo de Residuos y Desechos Sólidos*

Sergio Abraham Méndez Castellanos

*Asesor Técnico de la Dirección para el
Manejo de Residuos y Desechos Sólidos*

José Andrés Figueroa García

*Asesor Técnico de la Dirección para el
Manejo de Residuos y Desechos Sólidos*

Ing. José Martín Quintero Jordán

*Asesor Profesional del Departamento de Calidad Ambiental
de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales*

Ing. Mellany Isabel Díaz Santizo

*Asesora del Viceministerio de
Recursos Naturales y Cambio Climático*

Ing. Leonel de Jesús Campos

*Jefe del Departamento de Prevención del Riesgo ante los efectos
del Cambio Climático de la Dirección de Cambio Climático*

Otras instituciones

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED-

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH



Prólogo

La necesidad de salvaguardar los recursos naturales y mejorar la calidad del ambiente para propiciar un desarrollo adecuado de la población guatemalteca y sus generaciones, es uno de los principales objetivos que este Gobierno se ha planteado.

Es innegable que los efectos del cambio climático sobre los proyectos, obras, industrias y actividades deben ser consideradas para el desarrollo del mismo, con el fin de buscar las medidas que permitan prevenirlos y en caso aplique, extinguirlos.

En el caso de los sitios de disposición final de desechos, el incremento de la temperatura durante los últimos años, efecto del cambio climático, fenómeno del niño y como estos representan una amenaza que aumenta el riesgo de incendios, más aún, cuando los sitios no son operados de manera adecuada.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en atención del Artículo 6 del Acuerdo Gubernativo 164-2021, Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos y sus reformas, establece que todo ente debe diseñar planes preventivos para toda obra de infraestructura e instalaciones de acuerdo a las guías técnicas que emita esta institución, por lo cual se elabora la presente guía en atención al cumplimiento del mandato.

MSc. Ana Patricia Orantes

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

Índice

1. Introducción	6
2. Justificación	6
3. Objetivo.....	8
4. Alcance	8
5. Consideraciones.....	8
6. Antecedentes	8
7. Identificación de Impactos Ambientales	11
8. Identificación y evaluación detallada de impactos ambientales	14
8.1 Uso de tabla de registro de impactos	14
8.2 Análisis de Impactos en la Atmósfera	14
8.3 Análisis de Impactos en el Suelo y Agua.....	14
8.4 Análisis de Impactos en Biodiversidad	14
8.5 Análisis de impacto audiovisual	14
8.6 Análisis de impacto sobre el elemento cultural	14
8.7 Análisis de efectos inmediatos y a largo plazo	15
Efectos Inmediatos:.....	15
<i>Calidad del Aire:</i>	15
<i>Calidad del Agua:</i>	15
<i>Suelo y Terreno:</i>	15
Efectos a Largo Plazo:	15
<i>Calidad del Aire:</i>	15
<i>Calidad del Agua:</i>	15
<i>Suelo y Terreno:</i>	15
9. Consideraciones para el desarrollo del plan	16
A. Mitigación o Reducción.....	16
Establecimiento de límites de control y sistemas de seguimiento	16
Sistemas de seguimientos.....	16
B. Preparación ante riesgo de desastres en áreas de disposición final	17
Monitoreo del viento	18
Dispositivos indicadores velocidad del viento	19

9.1 Equipo y herramienta	23
A. Equipo de protección personal	24
B. Respuesta, extinción del Incendio	25
1. Evaluación inicial:.....	25
2. Establecimiento de objetivos:.....	25
3. Organización del comando:.....	25
4. Planificación operativa:.....	25
5. Implementación del plan:.....	25
6. Evaluación continua:.....	25
7. Documentación y registro:.....	25
8. Desmovilización y revisión:.....	25
C. Aplicación de agua	29
<i>El agua en incendios de sitios de disposición final de desechos.....</i>	<i>29</i>
D. Excavación y reacondicionamiento	30
E. Supresión del ingreso de oxígeno.	31
F. Recuperación	33
Glosario	34
Anexos.....	37
Anexo 1. Encuesta para conocer las condiciones de vulnerabilidad de los sitios de disposición final de desechos sólidos ante la ocurrencia de incendios.....	37
Anexo 2. Encuesta para conocer las capacitaciones al personal	37
Anexo 3. Encuesta de las instalaciones y recursos para la atención de incendios.....	38
Anexo 4. Informe de inspección después del incendio en un sitio de disposición final.....	39
Anexo 5. Equipo de protección personal (epp)	40
Anexo 6. Selección de respiradores	43
Anexo 7. Tabla de registro de impactos ambientales	44
Anexo 8. Análisis y evaluación de impactos ambientales en incendios en sitios de disposición final.....	44
Bibliografía	46

Criterios para la formulación del Plan de Emergencia y Contingencia enfocado a incendios en sitios de disposición final

1. Introducción

Los Criterios para la formulación del Plan de Emergencia y Contingencia enfocado a Incendios en Sitios de Disposición Final, está enfocado en la prevención y respuesta ante incendios en Sitios de Disposición Final, constituye un componente fundamental dentro del marco de gestión ambiental y de riesgos. Este plan ha sido diseñado con el propósito de mitigar y responder de manera eficiente a los posibles incidentes de incendio que puedan surgir en estas áreas críticas. No solo cumple con los requisitos normativos para garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública, sino que también se posiciona como una herramienta estratégica para la preservación de los recursos naturales y la minimización de los daños económicos y sociales.

La relevancia de este plan va más allá del cumplimiento normativo, ya que se encuentra en el centro de una gestión ambiental proactiva y responsable. En este contexto, la alineación con las leyes vigentes, incluyendo acuerdos gubernativos y estándares internacionales, se convierte en un pilar fundamental para asegurar que las acciones y estrategias propuestas estén respaldadas por prácticas reconocidas y efectivas. Por lo tanto, el plan debe reflejar un compromiso con la mejora continua y la adaptabilidad frente a un entorno ambiental y legal en constante evolución.

En conjunto, la implementación del Plan de Emergencia y Contingencia no solo obedece a una obligación legal, sino que también demuestra un compromiso ético con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. La adopción de este plan representa un paso crucial hacia una gestión integral de los sitios de disposición final, fomentando prácticas que protegen el entorno y, en última instancia, la calidad de vida de las comunidades cercanas y la sociedad en general.

2. Justificación

Siendo, el Acuerdo Gubernativo No. 137-2016, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental y sus reformas, la normativa que establece los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías para el efecto, facilitando la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales.

En ese sentido, el artículo 3 numeral 85 de dicho cuerpo normativo define a los planes de contingencia como la descripción de las medidas a tomar como contención a situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad y para situaciones de desastre natural. Estos planes de contingencia son esenciales para prevenir y mitigar los impactos ambientales adversos y garantizar una respuesta efectiva ante cualquier eventualidad.

Por su parte el Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades, Acuerdo Ministerial No. 204-2019 y sus reformas, establece en el Sector 11. Saneamiento; Subsector A. gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, específicamente del numeral 9 al 13, los criterios aplicables a proyectos, obras, industrias o actividades relacionados a sitios de disposición final.

Para el desarrollo de los instrumentos ambientales, referido Acuerdo Ministerial establece que se deben contemplar los Términos de Referencia específicos del Departamento para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, los cuales fueron emitidos mediante la Resolución Administrativa 017-2019 en la cual se presentan y organizan acorde a los distintos procesos que se dan en la gestión integral de residuos y desechos.

En los Términos de Referencia específicos, se establece obligatoriedad de formulación de Planes de Emergencia y Contingencia, en donde se requiere presentar las 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 de dicho proyecto, se encuentran en frágiles o que por su naturaleza representen 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 riesgo por sismo, inestabilidad de taludes, hundimientos, explosión, incendios, inundación o cualquier otro evento extremo que sea identificable por el proyecto.

Considerando la generación de metano por desechos sólidos en sitios de disposición final en Guatemala es un hecho, que la presencia de incendios representa un riesgo latente, en especial por la combinación de variables como es el aumento de las temperaturas a causa del cambio climático y presencia de gases y otros productos volátiles e inflamables.

Derivado de lo anterior, la Dirección para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos del Vice despacho de Recursos Naturales y Cambio Climático, desarrolla el presente documento para la elaboración de Criterios para la Formulación del Plan de Emergencia y Contingencia enfoca a Incendios en Sitios de Disposición Final. Con el fin de facilitar el cumplimiento de este requisito en la formulación de instrumentos ambientales para los sitios de disposición final en funcionamiento o en proceso de cierre técnico.

3. Objetivo

Establecer criterios para la formulación del Plan de Emergencia y Contingencia en el apartado de prevención del riesgo por incendios en sitios de disposición final, con el fin de proteger la salud y el medio ambiente de los ciudadanos.

4. Alcance

Dirigido a consultores ambientales, municipalidades, operadores y propietarios de sitios de disposición final de desechos sólidos en Guatemala para la formulación del “Plan de Emergencia y Contingencia enfocado a Incendios en Sitios de Disposición Final” enfocado al tema del riesgo por incendios en sitios de disposición final, contenidos en los instrumentos ambientales relacionados a la Resolución Administrativa 017-2019.

5. Consideraciones

La presente guía es exclusivamente para el riesgo ante incendio en sitios de disposición final en operación o en proceso de cierre, sin embargo, el Plan de Emergencia y Contingencia debe de identificar aquellos otros riesgos identificables por el proyecto (sismo, inestabilidad de taludes, hundimientos, explosión, inundación, entre otros) y ser desarrollado según los requerimientos y necesidades específicas.

La presente guía no avala la operación de sitios de disposición final o cierre de los mismos o apertura de nuevos sitios de disposición final, para ello se debe presentar el instrumento respectivo para su evaluación y aprobación.

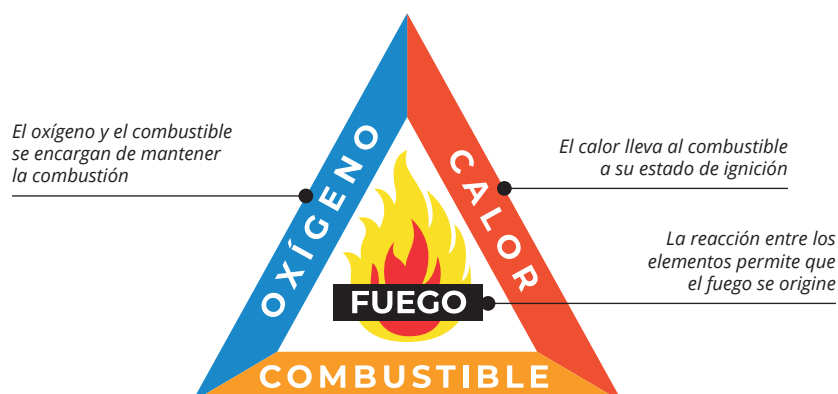
6. Antecedentes

Se debe tener presente que en cualquier sitio de disposición final de desechos sólidos existen grandes cantidades de materiales de diversas características, que pueden propiciar la generación de incendios, que, en la mayoría de las veces, son difíciles de controlar. Los materiales encontrados con mayor potencial de ser combustibles en un incendio, pueden ser clasificados, de manera general en (Sánchez, 2021):

1. *Materiales con alto poder calorífico:* duroport, papel, cartón, plásticos de distintas características, hule, madera, fibras en general y textiles.
2. *Materiales volátiles:* disolventes, lodos aceitosos, pinturas, recipientes conteniendo estos compuestos y combustibles en general.
3. *Materiales susceptibles de explotar:* recipientes con restos de aerosoles y de distintos tipos de gases.
4. *Materiales de origen industrial de alta combustibilidad:* recortes de plásticos y fibras, desechos que contengan materiales susceptibles de entrar en combustión, restos de celulosa, lotes de materiales caducos o fuera de especificaciones que son altamente volátiles.
5. *Materiales orgánicos:* la descomposición de la fracción orgánica presente en los sitios de disposición final, en condiciones anaerobias, produce biogás con un alto contenido de metano, gas combustible que favorece la aparición de incendios.

La práctica de quema es penada por la legislación guatemalteca, sin embargo, en algunas ocasiones son provocados con el fin de liberar áreas de trabajo o como un mecanismo de control de plagas (insectos, roedores y aves carroñeras).

Imagen No. 1. Origen del fuego. Son necesarios 3 elementos para que el fuego pueda originarse: calor, combustible, oxígeno y la reacción química entre ellos. El concepto de prevención del fuego se basa en la privación de cualquiera de los elementos que lo originan (Melisa Fire Group, 2020).



La legislación guatemalteca, en particular los artículos 282 y 283 del Decreto No. 17-73 del Congreso de la República, Código Penal de Guatemala, sanciona con prisión a quien ocasione algún incendio. Por lo tanto, la práctica de quema está sujeta a penalización según las disposiciones de dicha legislación.

Por lo regular, después de un incendio en sitios de disposición se procede a la recolección, ya que se facilita la práctica de recuperación, sobre todo, vidrios, metales y latas, así como el cobre de los cables eléctricos.

Se debe resaltar que los incendios son más recurrentes en proyectos que no han implementado apropiadamente el instrumento ambiental o carecen del mismo y, por consiguiente, la falta de una operación adecuada dificulta la prevención y mitigación o reducción del incendio.

Un incendio puede ser controlado rápidamente cuando se elimina al agente que lo provocó, evitando que se propague la combustión por la presencia del oxígeno del aire.

Cuando no sucede así, la llama evoluciona y en pocos minutos se convierte en un evento que requiere de mayores recursos para su control, la aplicación de prácticas especializadas y la participación de personal debidamente capacitado.

La International Solid Waste Association (ISWA) clasifica los incendios en los sitios de disposición final de desechos en cuatro niveles: nivel 1 de pequeña dimensión, nivel 2 de 200m³, nivel 3 entre 200 y 500m³ y nivel 4 mayores a 500m³ (Sánchez, 2021).

Imagen No. 2. Clasificación de Incendios. La International Solid Waste Association (ISWA).

Nivel 1

Incendios pequeños de desechos que pueden dominarse con recursos propios del sitio dentro de las 24 horas iniciales y extinguirse por completo en 48 horas.

Nivel 2

Aquellos que, en términos generales, involucran cantidades menores a 200 m³ de material. Pueden durar hasta una semana.

Nivel 3

Incendios que pueden prolongarse hasta por dos semanas. Intervienen cantidades de materiales que varían entre 200 y 500 m³.

Nivel 4

Incendios grandes o que se asientan profundamente en los sitios de disposición final de desechos. Su control requiere de más de dos semanas. Se combustionan cantidades de materiales que generalmente rebasan los 500 m³.

Los incendios de nivel 1 ocurren en lugares con poca acumulación de desechos o en zonas con escasos materiales combustibles. Los incendios de nivel 2 y 3 pueden transformarse respectivamente en incendios de nivel 3 o 4, si no se implementa un plan de respuesta inmediato y eficaz, por lo que es fundamental reconocer y categorizar al incendio que se trate antes de accionar y ejecutar el Plan de Contingencia.

En Guatemala, los incendios en vertederos son un problema recurrente que representa una seria amenaza para el medio ambiente, la salud pública y la seguridad de las comunidades circundantes. Estos incendios pueden ocurrir debido a una serie de factores, que van desde condiciones climáticas extremas hasta prácticas inadecuadas de gestión de residuos. La falta de infraestructura adecuada para la disposición final de desechos, junto con la acumulación de materiales inflamables como plásticos y productos químicos, crea un entorno propicio para la ignición espontánea. Además, la falta de supervisión y control efectivo en los vertederos facilita la ocurrencia de actividades ilegales, como la quema de desechos para la recuperación de metales o la eliminación de residuos de manera rápida y económica. Estos incendios no solo generan contaminación atmosférica, liberando gases tóxicos y partículas dañinas en el aire, sino que también contaminan el suelo y el agua, afectando gravemente los ecosistemas locales y la calidad de vida de las personas. A continuación, el registro de incendios en vertederos a nivel nacional.

Tabla No. 1. Incendios en vertederos a nivel nacional 2023-2024.

Municipio	Tipo de Vertedero		Ubicación / Dirección
	Municipal	Privado	
San Cristóbal Verapaz	X		Botadero Municipal
Jalpatagua	X		Jutiapa
San Benito	X		Petén
San Pedro Carchá	X		Botadero Municipal
Rabinal	X		Planta de tratamiento de residuos sólidos
Chiquimula	X		Zona 5 municipio de Chiquimula
Guastatoya	X		Aldea Palo Montonado
Sanarate		X	Llanos de Sansirisay 3
Escuintla	X		Finca La Estrellita
Villa Nueva	X		Kilómetro 22, Carretera al Pacífico
Livingston	X		Aldea El Mirador, Livingston Izabal.
San Benito	X		Km 5 ruta principal a San Antonio, San Benito, Petén
Ayutla	X		Vertedero municipal a orillas del Río Suchiate
San Pablo La Laguna	X		San Pablo La Laguna
Estanzuela	X		Cabecera municipal
Gualán	X		Cabecera municipal
Río Hondo	X		Km CA-9 NORTE
Teculután	X		Caserío El Remolino
Zacapa	X		Camino a aldea Santa Lucia
Chiquimulilla		X	Camino a la Aldea Sinancantan
San Rafael Pie de la Cuesta		X	Caserío Nuevo San Rafael

Fuente: MARN 2023-2024

7. Identificación de Impactos Ambientales

Los incendios en sitios de disposición final de desechos son un problema grave que provocan impactos negativos significativos directos e indirectos en el ambiente, salud pública, economía, cultura, paisaje y calidad de vida de las comunidades cercanas al evento.

Como referencia, se puede mencionar que para el incendio del sitio de disposición final de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA) en febrero del 2021, la CONRED estimó que aproximadamente 1,5 millones de guatemaltecos se vieron afectados indirectamente por las emisiones de humo derivados del incendio (España, 2021).

Los costos para atender los incendios dentro de los sitios de disposición final, generan gastos que por lo general son cubiertos con fondos públicos, los cuales en la mayoría de las ocasiones no son contemplados en los presupuestos de operación, de ahí la importancia de desarrollar en los instrumentos ambientales el Plan de Emergencia y Contingencia (Tabla No. 2).

Tabla No. 2. Costos para mitigación de incendios en sitios de disposición final. En la tabla 1 se describen los costos de Inversión de algunas municipalidades para la atención de incendios en sitios de disposición final de desechos (Valle, 2022).

Año	Municipalidad	Costo
2019	Palencia	Q 87,750
2020-2021	Zunil	Q 177,175
2021	Villa Canales	Q 89,250
2021	Villa Nueva	Q 21,000
2021	Almolonga	Q 214,930

Fuente: Tabla en base a Valle, 2022.

Tabla No. 3. Identificación de posibles Impactos Ambientales. Se presentan los posibles impactos ambientales identificados por la causa de incendios en sitios de disposición final.

Identificación de posibles Impactos Ambientales por Incendios en Sitios de Disposición Final	
Medio Físico Natural	
Atmosférico	• Daños a la vegetación circundante, incluyendo áreas de reforestación, vegetación natural y zonas de recarga hídrica, debido a la exposición directa al calor y la emisión de partículas y gases tóxicos. • Alteraciones del equilibrio ecológico por la pérdida o afectación de hábitats naturales, lo que puede resultar en la disminución de la diversidad biológica y la interrupción de los procesos ecológicos.
Hídrico	• Contaminación del agua como consecuencia de la deposición de cenizas y productos de combustión, lo que puede afectar la calidad del agua superficial y subterránea y comprometer la disponibilidad de recursos hídricos. • Alteraciones en la calidad del agua y suelo debido a la infiltración de productos químicos provenientes del incendio, lo que puede provocar la contaminación de acuíferos y la degradación de la fertilidad del suelo.
Lítico y Edáfico	• Pérdida de la estructura y composición del suelo como resultado del calentamiento extremo y la combustión de materia orgánica, lo que puede conducir a la compactación del suelo y la pérdida de nutrientes esenciales. • Daños a la estructura geológica del terreno debido a la erosión causada por la pérdida de cobertura vegetal y la exposición a agentes atmosféricos, lo que puede aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra y otros fenómenos geodinámicos.
Biótico	• Pérdida de biodiversidad, afectando a la flora y fauna local debido a la destrucción directa de hábitats y la pérdida de recursos alimentarios y refugio. • Alteraciones en los ecosistemas naturales, incluyendo cambios en la estructura de la comunidad, la composición de especies y la dinámica poblacional, lo que puede tener efectos cascada en toda la red trófica y los procesos ecológicos.
Audiovisual (paisaje y ruido)	• Deterioro del paisaje o belleza escénica como resultado de la degradación visual causada por la quema y la presencia de residuos de ceniza y escombros. • Aumento del ruido ambiental debido al incendio y actividades de mitigación, lo que puede afectar negativamente a la fauna silvestre y las comunidades humanas cercanas, así como perturbar los hábitos de vida y el bienestar psicológico de las personas afectadas.
Elementos culturales	• Daños a sitios o elementos culturales cercanos al área afectada, incluyendo patrimonio arqueológico, arquitectónico y artístico, lo que puede provocar la pérdida irreparable de valores culturales e históricos significativos. • Impacto en las actividades culturales de las comunidades adyacentes, como la interrupción de festividades, ceremonias y prácticas tradicionales, lo que puede generar tensiones sociales y afectar el sentido de identidad y pertenencia de las comunidades afectadas.
Medio Antropogénico	
Salud Pública	• Afectación directa a la salud del personal operativo del proyecto, así como de los habitantes de las comunidades circundantes (área de influencia inmediata) en especial los gases liberados principalmente metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles liberados durante el incendio (Waga Energy). • Disminución de la calidad ambiental y la calidad de vida de las comunidades cercanas al sitio de disposición final, debido a la contaminación del aire, agua y suelo provocado por el incendio.
Económico, Cultural y Territorial	• Destrucción de equipo y herramientas utilizadas en la extinción del incendio como maquinaria pesada, vehículos de transporte, equipo de protección personal, entre otros. • Daños o pérdida total de instalaciones de tratamiento de desechos, edificaciones administrativas y otros recursos utilizados en la infraestructura del sitio de disposición final, como cercas, sistemas de drenajes y áreas de almacenamiento de residuos sólidos. • Pérdida de cultivos agrícolas adyacentes al sitio de disposición final. • Pérdidas de animales de granja, ganado u otros recursos pecuarios que puedan estar presentes en áreas cercanas al sitio de disposición final. • Daños a las propiedades cercanas por el esparcimiento de gases y partículas. • Problemas económicos y sociales derivados de la pérdida de medios de subsistencia de las comunidades adyacentes afectadas por el deterioro ambiental. • Disminución de oportunidades de empleos en sectores agrícolas, comerciales y turísticos debido a la afectación del medio ambiente. • Afectación del presupuesto municipal o propietario del proyecto para extinguir el incendio.

“Durante más de seis días, varios bomberos y socorristas del Ejército y de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) han arriesgado su vida y expuesto su salud en su lucha por sofocar el incendio del vertedero ubicado en Bárcenas, Villa Nueva.

Con los ojos hinchados, la piel roja y una gran sofocación, Douglas Antonio Hernández, de Bomberos Sin Fronteras, lleva cuatro días tratando de apagar el fuego y no ha sido fácil. “Lo que nos ha impedido laborar son los gases que produce el humo porque son bastante tóxicos. No deja trabajar mucho tiempo, porque reseca la garganta, hay picazón”, narró.

Además, explicó que el viento les ha dificultado avanzar, porque mientras ellos apagan un área, el viento enciende otra. “Este es un incendio mudo o sordo (que está abajo), por lo que hay que remover la gran cantidad de basura para sofocarlo. Trabajamos con maquinaria pesada, pero antes hay que mojar el área, para que la maquinaria no se descontrola y no se arruine”, detalló.

“Por la intensidad del humo ya no se ve, no hay visibilidad y lo único que se respira es el humo. Aun cuando tengamos mascarillas equipadas, afecta, porque el humo es incontrolable. Se siente bastante la sequedad de la garganta, me siento muy mareado por lo que se ha inhalado... hay muchos gases tóxicos”, manifestó.”

Gramajo, J. (12 de febrero de 2021). Socorristas ponen en riesgo su salud para sofocar el incendio del basurero. Soy 502. <https://www.soy502.com/articulo/drama-bomberos-sofocar-incendio-basurero-100931>

Imagen No. 3. Incendio en el sitio de disposición final AMSA. Imagen Comunicación Social MARN



8. Identificación y evaluación detallada de impactos ambientales

Esta sección tiene como objetivo realizar una exploración exhaustiva de los efectos negativos que los incendios pueden ocasionar en diversos componentes ambientales, tales como atmosférico, hídrico, lítico, edáfico, biótico, elementos audiovisuales y elementos culturales. Es esencial que esta evaluación se realice considerando los umbrales máximos permisibles y las directrices establecidas por la legislación ambiental vigente.

8.1 *Uso de tabla de registro de impactos*

El registro sistemático de los impactos ambientales que pueden ocasionar los incendios. En esta tabla debe mencionar el tipo de impacto, descripción detallada, componentes afectados (atmósfera, suelo, agua, biodiversidad, factores abióticos), nivel de impacto (bajo, medio, alto), y correlación con los umbrales legales y directrices aplicables. Esta herramienta permitirá una evaluación estructurada y comparativa de los daños (Ver anexo 7).

8.2 *Análisis de Impactos en la Atmósfera*

Se deberá profundizar en la especificación de contaminantes emitidos durante los incendios, tales como CO₂, COV, dioxinas, furanos, y partículas PM10 y PM2.5. De manera conjunta, se deberá analizar su contribución al cambio climático, la calidad del aire y posibles efectos en la salud pública, contrastando las concentraciones detectadas con los estándares de calidad del aire establecidos por la legislación nacional e internacional.

8.3 *Análisis de Impactos en el Suelo y Agua*

Identificar y evaluar los cambios en la composición y estructura del suelo, así como la contaminación del agua por lixiviados y otros contaminantes resultantes de la combustión. Este análisis considerará los efectos en la fertilidad del suelo, la infiltración del agua, y la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, alineándose con los criterios de calidad ambiental vigentes.

8.4 *Análisis de Impactos en Biodiversidad*

Realizar un registro detallado de cómo los incendios impactaron en la flora y fauna locales, lo cual incluye la pérdida de hábitat, la disminución de poblaciones de especies y los cambios en la biodiversidad. Esta evaluación se enfatizará la importancia de desarrollar estrategias de restauración y conservación para mitigar los efectos negativos de los incendios en el medio ambiente.

8.5 *Análisis de impacto audiovisual*

Realizar un registro que ilustre cómo los incendios impactan en la belleza paisajística del área donde sucedan los incendios y registro de los decibeles registrados durante los incendios.

8.6 *Análisis de impacto sobre el elemento cultural*

Se llevará a cabo la identificación y evaluación de los registros y daños provocados por los incendios en elementos culturales. Este análisis comprenderá una evaluación integral de los costos asociados a los daños y pérdidas de elementos culturales, en caso de que estos se hayan visto afectados. Además, se investigará la magnitud del impacto en el patrimonio cultural, incluyendo monumentos, sitios arqueológicos, obras de arte y otros aspectos de valor histórico y cultural.

8.7 Análisis de efectos inmediatos y a largo plazo

Los incendios en sitios de disposición final representan una amenaza significativa para el medio ambiente y la salud pública. Para comprender plenamente los impactos ambientales de estos eventos, es crucial realizar un análisis exhaustivo que aborde tanto los efectos inmediatos como los impactos a largo plazo. Esta sección proporciona un marco estructurado para llevar a cabo un análisis detallado de los efectos ambientales de los incendios en sitios de disposición final.

Efectos Inmediatos:

Calidad del Aire:

- *Los incendios en sitios de disposición final liberan una variedad de gases tóxicos y partículas que pueden tener un impacto significativo en la calidad del aire. Identificar los principales contaminantes emitidos durante el incendio, como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y las partículas suspendidas.*
- *Evaluar el impacto del humo y los gases nocivos en la calidad del aire circundante y en la salud humana, especialmente en las comunidades cercanas al sitio de disposición final.*

Calidad del Agua:

- *Determinar si el incendio ha provocado la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido a la generación de lixiviados tóxicos. Analizar cómo la contaminación del agua puede afectar la biodiversidad acuática y los ecosistemas circundantes.*

Suelo y Terreno:

- *Evaluar el impacto del incendio en la biodiversidad del suelo y la pérdida de vegetación. Considerar la erosión del suelo causada por la combustión y la exposición a agentes atmosféricos.*

Efectos a Largo Plazo:

Calidad del Aire:

- *Examinar la persistencia de la contaminación del aire después de que el incendio se haya extinguido y evaluar los posibles efectos crónicos en la salud humana.*
- *Identificar medidas de mitigación para reducir la contaminación del aire a largo plazo y proteger la salud pública.*

Calidad del Agua:

- *Analizar la contaminación residual del agua y su impacto en la cadena alimentaria y la salud humana. Evaluar las estrategias de restauración para recuperar los ecosistemas acuáticos afectados.*

Suelo y Terreno:

- *Considerar la degradación del suelo a largo plazo y los esfuerzos necesarios para restaurar la vegetación y la biodiversidad.*
- *Evaluar el tiempo y los recursos necesarios para la recuperación del área afectada y la prevención de futuros incendios.*

En la sección de anexos en el Anexo 8. Se encuentra el formato el cual esta diseñado para guiar el proceso de análisis y evaluación de los efectos ambientales de los incendios en sitios de disposición final. Utilícelo como herramienta estructurada para recopilar información relevante y llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los impactos ambientales de los incendios.

9. Consideraciones para el desarrollo del plan

Los sitios de disposición final de desechos presentan una alta vulnerabilidad a los incendios derivado de la amplia gama de materiales que son dispuestos en el lugar, así como las inclemencias del clima. El riesgo puede ser aumentado cuando se presentan mayores vulnerabilidades como el manejo inadecuado de los proyectos o en su efecto, cuando son provocados los incendios.

Es por ello, que se requiere elaborar un plan desde un enfoque de gestión del incendio para la reducción del riesgo ante desastres que considere las etapas de prevención, reducción o mitigación, respuesta y recuperación. Este plan debe estar dirigido a las autoridades responsables de la gestión de residuos y desechos sólidos y la protección ambiental. De manera que se sugiere hacerlo de manera preventiva, ya que la vulnerabilidad de los sitios de disposición final es constante y los riesgos pueden materializarse en cualquier momento. Además, se debe revisar este plan de manera semestral para asegurar su efectividad y realizar ajustes según sea necesario.

A. Mitigación o Reducción

En términos de eficiencia, la prevención representa la etapa más eficiente en términos económicos, en especial por que influye en las acciones para mitigar o reducir la causa, el impacto y las consecuencias provocados por los incendios en sitios de disposición final.

La principal medida de mitigación de incendios en sitio de disposición final de desechos es la adecuada infraestructura y operación que permitirá prevenir o reducir la causa, el impacto y las consecuencias de un incendio.

Para ello, se debe atender como mínimo, lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 164-2021, Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, que tiene como 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 ambiental.

Por otro lado, es indispensable poseer un plan de gestión de emergencias que establezcan límites de control definidos y sistemas de seguimiento eficientes, fundamentados en un análisis exhaustivo de los antecedentes históricos del sitio de disposición final y otros sitios de disposición final, para poder mejorar las prácticas de gestión de riesgos de incendios. Estas medidas deben estar diseñadas para garantizar una vigilancia continua y proactiva del entorno ambiental en los sitios de disposición final.

Establecimiento de límites de control y sistemas de seguimiento

Los límites de control se deben definir con precisión, estableciendo umbrales específicos para parámetros críticos que podrían indicar un aumento del riesgo del incendio. Estos límites se deben basar en datos empíricos y científicos, así como en la evaluación de riesgos detallada de cada sitio de disposición final según sus características.

Sistemas de seguimientos

- *Sensores de detección temprana de incendios:* en caso que el sitio de disposición final pueda instalar este tipo de sensores, esto les permitirá una detección inmediata de cualquier inicio de incendio, facilitando una respuesta rápida y eficiente para contener y extinguir el fuego en sus etapas iniciales.

- *Cámaras de vigilancia:* Estas deben estar instaladas en puntos estratégicos que permitan una visibilidad clara de las áreas del sitio de disposición final. Sin embargo, estas deben contar con su mantenimiento correspondiente para su correcto funcionamiento y un encargado de monitoreo que sea el responsable de indicar si observa algún incidente dentro del sitios de disposición final, incluyendo inicios de incendios.
- *Monitoreo regular de la calidad del aire y agua:* en este deben llevar a cabo un monitoreo continuo de la calidad de aire y agua dentro del sitios de disposición final, como a sus alrededores. Esto debe incluir la medición de contaminantes atmosféricos y parámetros físico-químicos del agua para detectar cualquier cambio significativo que pueda indicar la presencia de un incendio o sus efectos posteriores.
- *Implementación de protocolos de seguimientos continuo:* Se deberán establecer protocolos detallados para el seguimiento continuo de las condiciones ambientales que podrían aumentar el riesgo de incendio. Esto debe incluir la evaluación regular de factores como la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, así como la acumulación de gases inflamables, para identificar cualquier condición que propicie la propagación del incendio.

De manejo conjunta, realizar una encuesta dirigida al personal que opera dentro del sitio de disposición, de manera que permita conocer sus condiciones de vulnerabilidad ante la ocurrencia de incendios, con el fin de fortalecer sus capacidades y orientar las acciones para logar un mejor control de ellos (Ver Anexo 1).

Aunado a ello, las medidas de mitigación podrán verse mejoradas con base a casos análogos, así como el análisis de incendios propios del proyecto que permitan fortalecer las acciones de prevención, mitigación, preparación y respuesta.

B. Preparación ante riesgo de desastres en áreas de disposición final

Como se planteó al inicio del presente documento, es fundamental contar con un plan de prevención y control de incendios en los sitios de disposición final de desechos, el cual debe incluir por lo menos las características del sitio, los recursos con los que se cuenta para el control y la extinción de incendios, los niveles de alerta de incendio, la estructura del mando en el incidente, las responsabilidades y las medidas de respuesta al incendio, los métodos de extinción de incendios, las estrategias para la reducción de riesgos de incendio y los equipos de protección para el personal. Todo el personal del sitio debe conocer el plan y estar capacitado según sus funciones para su implementación.

La preparación busca con antelación, la planificación y capacitación para abordar el riesgo de desastres en sitios de disposición final de desechos sólidos que no pueden ser mitigados. Para los incendios en sitios de disposición final deben considerarse una serie de actividades de preparación que permitan dar una respuesta más efectiva al momento de poderse desarrollar un incendio (Sánchez, 2021):

1. *Designar un comandante del incidente y la estructura de mando, junto con el establecimiento de una estructura de sistema de comando de incidentes (SCI).*
2. *Protocolo para la movilización de recursos para la extinción del incendio.*
3. *Capacitar al personal que opera en el sitio de disposición final de desechos para la extinción de incendios (Dirigirse a las escuelas y academias de CBM, CVB o ASONBOMD).*
4. *Contar con un directorio actualizado de las instituciones de respuesta como el de Cuerpo de Bomberos Municipal o Voluntario y de Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED- y Asociación de bomberos departamentales de Guatemala -ASONBOMD-.*

5. *Plano de ubicación de las áreas del sitio de disposición final que permita conocer la ubicación de los desechos que podrían incrementar las condiciones de un posible incendio, como lo son los materiales de origen industrial de alta combustibilidad o las áreas con posibilidad de contar con mayor generación de metano por su tiempo de disposición.*
6. *Bitácora de capacitación y control de capacitaciones*
7. *Plano cartográfico del sitio con la ubicación de accesos, instalaciones propias, lugares de acopio de material reciclable, infraestructura colindante, vialidades externas y caminos internos.*
8. *Plano topográfico del predio con la dirección de vientos predominantes, en el que se indicará la ubicación aproximada de la zona afectada por el incendio y el sitio probable donde inició.*
9. *La elaboración de un plano topográfico detallado del predio, para la prevención y mitigación de incendios en sitio de disposición final. Este plano Debe incluir información precisa sobre la topografía del área, así como la dirección de los vientos reinantes y dominantes.*
10. *Contar con material terroso y con suministro de agua (incluso agua residual tratada o lixiviado tratado).*
11. *Diseñar un plan de comunicación, particularmente hacia la población que puede resultar mayormente afectada.*
12. *Realizar un plan de evacuación de los asentamientos residenciales cercanos.*
13. *Monitorear las emisiones de gases y el curso que puede tomar el incendio.*
14. *Implementar un sistema de monitoreo constante de las emisiones de gases en caso de disponer de chimeneas o quemadores, permitiendo evaluar la eficacia de los dispositivos de control de emisiones, así como detectar y corregir posibles anomalías.*
15. *Establecer un sistema de medición de vientos para conocer la dirección y velocidad del viento a través de mangas o cono de viento el cual puede ir acompañado por un anemómetro (para medir la velocidad exacta del viento) o una bandera de viento (para una indicación visual adicional).*
16. *Capacitar al personal de los sitios de disposición final en la interpretación de la forma de las mangas de viento para conocer la velocidad del viento.*
17. *En caso que el sitio de disposición final tenga la disponibilidad económica, deberá instalar en las plataformas un anemómetro.*
18. *Contar con personal paramédico o equipo de emergencia o ambulancia.*
19. *Poseer suficiente material de cobertura, hidrantes y extintores acorde al material que se desea extinguir.*

Monitoreo del viento

Otras de las acciones de respuesta y control ante eventos de este tipo, es el monitoreo tanto de la dirección como velocidad del viento. Al monitorear la dirección del viento en tiempo real, se podrá conocer la orientación a la que se está extendiendo el incendio; y al consultar el pronóstico en la dirección del viento se podrá anticipar medidas de mitigación a la zona propensa a extenderse el incendio. Por otro lado, la velocidad del viento podrá ser buen indicador para estimar la rapidez con la que el incendio se puede estar extendiendo. Es importante asegurarse de consultar los datos tanto de dirección como de velocidad del viento que estén más cercanos a nivel del suelo, idealmente hasta 10-20 metros de altura.

Actualmente la Sección de Climatología del INSIVUMEH cuenta una red de 62 estaciones convencionales; las cuales recopila y reporta diariamente datos de las distintas variables meteorológicas. Todas estas estaciones meteorológicas como mínimo reportan datos de precipitación, dirección de viento, velocidad de viento y nubosidad. Las estaciones más completas reportan hasta 10 variables meteorológicas, siempre incluyendo la dirección y velocidad de viento.



Imagen No. 4. Mapa de estaciones meteorológicas de la red convencional del INSIVUMEH.
Reportan diariamente al menos variables de precipitación, nubosidad y velocidad y dirección del viento.

Es recomendable contar con conocimiento previo de las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio de disposición final de desechos a cargo, así como tener claro el mecanismo para acceder rápidamente a los datos requeridos. Para solicitar información de las variables climáticas que se miden en la red de estaciones convencionales del INSIVUMEH, se puede enviar un correo a seccion.climatologia@insivumeh.gob.gt

Dispositivos indicadores velocidad del viento

Como se mencionó al inicio de este documento, uno de los principales elementos para la combustión es la presencia de aire, es por ello que es de suma importancia contar con la información sobre sus patrones recurrentes en el proyecto.

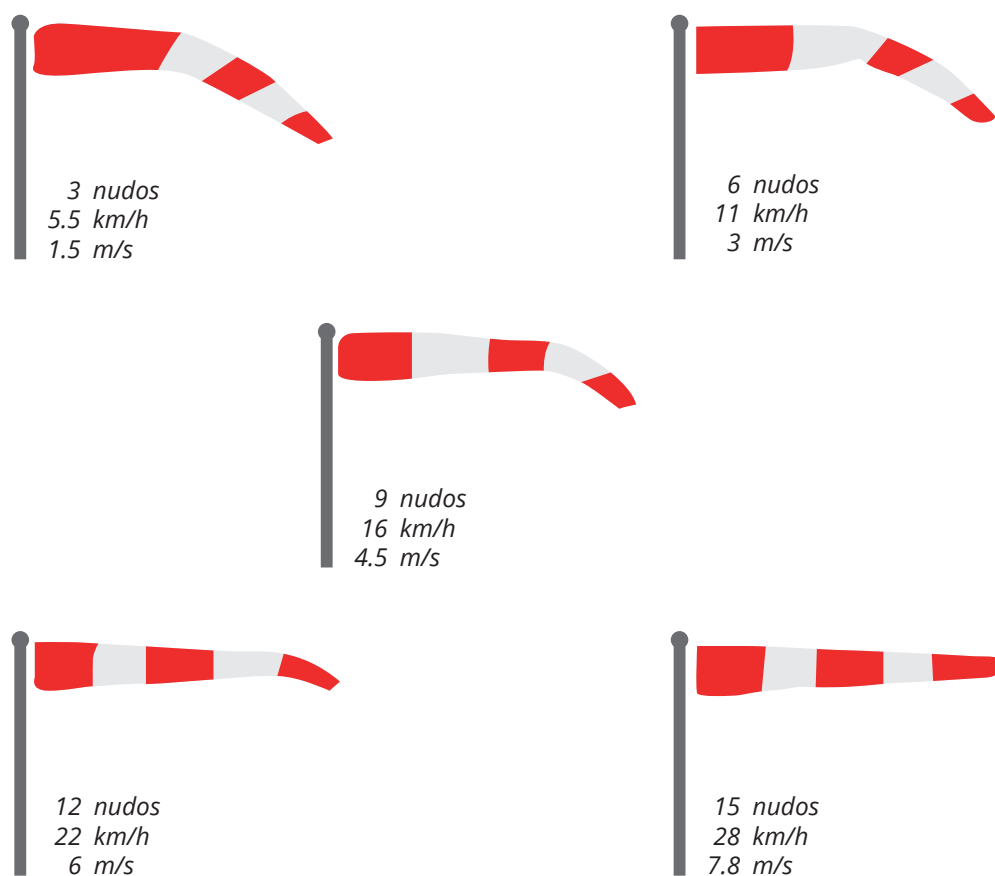
Para mitigar o prevenir incendios en sitios de disposición final, se puede hacer uso de mangas o cono de viento, los cuales tienen como objetivo brindar información precisa sobre la velocidad y dirección del viento en el sitio de disposición final de desechos sólidos para facilitar la gestión y prevención de incendios en base a Holland Aviation.

Se deben identificar puntos estratégicos dentro del sitio de disposición final como los siguientes:

- Entradas y salidas principales
- Áreas de acumulación de gases
- Puntos de descarga de residuos y desechos sólidos
- Zonas de almacenamiento de materiales inflamables (en caso que tengas zonas destinadas específicamente para estos materiales)
- Zonas de acceso de maquinaria pesada

De manera se colocarán los dispositivos indicadores de viento asegurándose de seleccionar áreas que brinden una representación precisa de las condiciones del viento en todo el sitio y que estos estén bien sujetos y visibles.

Imagen No. 5. Manga de viento.



Cuenta con un diseño en dos colores que se compone de cinco tramos alternos de rojo y blanco. Su forma se va estrechando hacia el extremo que se orienta hacia el viento. Cada uno de estos tramos representa 3 nudos, o lo que es lo mismo 5,5 kilómetros por hora. Imagen (Protecnic S.A.S., 2018)

Los conos de viento, pueden comprarse ya fabricadas o pueden ser fabricadas a medida, dependiendo de las necesidades específicas del sitio y las condiciones climáticas locales. A continuación, los detalles para fabricar mangas de viento que proporcionen mediciones precisas de la velocidad y dirección del viento:

- *Materiales:* Las mangas de viento se pueden hacer con materiales duraderos y resistentes a la intemperie, como nylon o poliéster. Estos materiales deben ser ligeros para permitir que la manga se mueva fácilmente con el viento.
- *Longitud y diámetro:* La longitud de la manga de viento puede variar, pero se recomienda que tenga al menos de 3 a 5 veces la longitud del diámetro del extremo de la manga. Esto ayuda a garantizar una respuesta sensible al viento y una indicación clara de su dirección y velocidad.
- *Color y visibilidad:* Es importante que la manga de viento sea de un color brillante y altamente visible, como rojo, naranja o amarillo, para que sea fácilmente reconocible desde diferentes puntos dentro del sitio de disposición final.
- *Refuerzos:* Para garantizar la durabilidad y estabilidad de la manga de viento, se pueden agregar refuerzos en los bordes y costuras, así como anillos metálicos en el extremo abierto para mantener la forma del cono y evitar que se colapse.
- *Marcas de referencia:* Para medir la velocidad del viento, se pueden agregar marcas de referencia en la manga de viento a intervalos regulares. Estas marcas pueden estar en forma de franjas de diferentes colores o etiquetas numeradas, lo que permite una estimación visual de la velocidad del viento en función de cuánto se infla la manga.
- *Montaje:* La manga de viento debe estar montada en un mástil o poste resistente que permita que la manga se mueva libremente con el viento y que esté elevada a una altura adecuada para una buena visibilidad y medición precisa.
- *Al fabricar una manga de viento, es importante seguir las especificaciones técnicas y estándares de calidad para garantizar su eficacia y fiabilidad en la medición del viento en el sitio de disposición final. Si de no poder fabricar una manga de viento por su cuenta, siempre puede considerar la compra de mangas de viento comerciales que cumplan con sus necesidades específicas (Flight Light inc.).*
- *Por otra parte, la instalación del cono de viento en sitios de disposición final puede variar por factores, como la topografía del terreno, presencia de obstáculos cercanos entre otros que impidan el correcto funcionamiento.*

Sin embargo, se deben tomar las consideraciones generales para su instalación:

- *Visibilidad:* El cono de viento debe colocarse a una altura que permita una buena visibilidad desde diferentes puntos dentro del sitio, especialmente desde áreas de entrada y salida, zonas de trabajo y áreas críticas de operación.
- *Distancia al suelo:* Es importante que el cono de viento esté suficientemente elevado para que no sea obstruido por obstáculos cercanos, como edificios, árboles o montículos de residuos. Se recomienda que el extremo del cono este al menos 3 metros sobre el nivel de la superficie más cercana.
- *Accesibilidad:* Aunque la altura del cono de viento debe optimizarse para la visibilidad y la efectividad, también debe ser accesible para la instalación, mantenimiento y sustitución cuando sea necesario. Esto puede influir en la altura final de la instalación.
- *Distancia a otra estructura:* El cono de viento debe colocarse a una distancia segura de otra estructura o equipo dentro del sitio de disposición final para evitar interferencias en su funcionamiento. Se recomienda dejar un espacio libre alrededor del cono de viento al menos al doble de su longitud.

- *Se debe designar a personal capacitado para monitorear regularmente cada 1 hora de ser posible los dispositivos indicadores de viento, lo que permitirá analizar los datos recopilados para identificar patrones de viento recurrentes y comprender las condiciones del viento para prevenir y controlar incendios.*
- *La información recolectada podrá ser utilizada para evaluar el riesgo de propagación de incendios en diferentes áreas del sitio en función de la dirección y velocidad del viento, lo que permitirá realizar ajustes necesarios para mejorar la gestión y prevención de incendios en el sitio de disposición final de desechos sólidos.*
- *Los datos obtenidos también podrán ser utilizados para planificar y ajustar las operaciones diarias en el sitio de disposición final, especialmente aquellas relacionadas con la manipulación y disposición de residuos.*

En caso de no contar con las herramientas necesarias en el sitio de disposición final, el INSIVUMEH como ente rector de la información climática en el país emite boletines meteorológicos y climáticos periódicamente. En ellos se divulgan información sobre variables meteorológicas como la precipitación, temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, entre otras, tanto de condiciones observadas como de condiciones previstas para las próximas horas o días. También se emiten boletines climáticos, que abarcan un período de tiempo de uno o más meses. Estos boletines informan sobre las condiciones o eventos climáticos que se esperan en un período específico.

Guatemala, debido a su ubicación geográfica, se caracteriza por presentar 2 épocas climáticas marcadas: la época lluviosa y la época seca. Cada época presenta diferentes comportamientos climáticos que afectan al país. Por ejemplo, en la época lluviosa, pueden predominar los vientos más suaves, mientras que, durante la época seca, pueden prevalecer los vientos más fuertes y secos. Comprender estos patrones de viento estacionales es crucial para prever cómo puede propagarse un incendio. También, existen patrones atmosféricos que afectan directamente al país, como lo es el fenómeno de El Niño, que en fase caliente afecta al país en una disminución de las lluvias y aumento de temperatura, dando lugar a períodos más secos que pueden aumentar significativamente el riesgo de incendios, mientras en la fase fría de El Niño, el riesgo puede disminuir al haber más probabilidad de lluvias. Estos eventos son informados en los boletines que INSIVUMEH emite todos los meses y pueden ser consultados en la página web: <https://insivumeh.gob.gt/?p=13162>



9.1 Equipo y herramienta

Para la atención de un incendio en sitios de disposición final de desechos, se debe de contar o identificar los proveedores para el alquiler de los siguientes equipos y herramientas necesarias. Estos recursos pueden variar según las capacidades y condiciones del sitio de disposición final y sitios aislados:

1. *Contar o identificar el alquiler de por lo menos un tractor de orugas con hoja topadora, cabina hermética, ripper y cuchilla con extensión tipo reja, para el movimiento de los desechos. La potencia y el peso de este tractor deben ser similares a un modelo D-8 Caterpillar (305 HP de potencia y 35 toneladas de peso).*
2. *Contar o identificar el alquiler de un cargador frontal de carriles de 160 HP de potencia al volante, 22 toneladas de peso y cucharón de 4.20 m³ o, en su caso, una retroexcavadora de cucharón grande (1 yd³).*
3. *Una flotilla de al menos 3 vehículos tipo volteo de 14 m³ de capacidad.*
4. *Vehículos contra incendios (Motobombas).*
5. *Equipo de control de espuma.*
6. *Contar con una pipa de agua de 10 m³ de capacidad para el riego en la zona de trabajo (preferentemente con agua tratada), para evitar la emisión de polvos.*
7. *Brújula portátil.*
8. *GPS de precisión.*
9. *Cinta métrica de al menos 50 metros de extensión.*



Imagen No. 6. Tractor D-8 Caterpillar. Fuente (MarketBook, 2024)

Cabe resaltar que estas son algunas sugerencias de equipo y herramientas que pueden ser útiles para la gestión de incendios en sitios de disposición final, adaptadas a diferentes niveles de presupuesto. La selección final de equipos dependerá de la evaluación de riesgos específicos y las necesidades del sitio en cuestión.

A. Equipo de protección personal

Para enfrentar incendios en sitios de disposición final, es crucial que el personal encargado esté debidamente provisto con equipos de protección personal adecuados para garantizar su salud y seguridad mientras trabajan en condiciones de riesgo.

Como parte del proceso certificación de bomberos al personal operativo del sitio, la entidad que los certifique podrá confirmar la información descrita a continuación o en su efecto, mejorar las características de las mismas con base a criterios técnicos sustentados:

1. *Trajes de protección “resistentes al fuego” los cuales es primordial estar certificados bajo la Norma NFPA 1971.*
2. *Chaleco de seguridad (algodón) de color fluorescente para personal.*
3. *Casco de fibra de Vidrio para bombero con NFPA 1971.*
4. *Gafas protectoras “tipo googles” que cuenten con norma NFPA 1977, además estas deben contar con sistema de ventilación y filtración de perímetro completo para minimizar el empañamiento de lentes y con filtro de partículas, polvo y residuos en el aire.*
5. *Botas de seguridad resistentes al calor, al agua y a productos químicos para proteger los pies de quemaduras, lesiones por objetos afilados y otros riesgos en el entorno del incendio.*
6. *Equipo de protección Respiratoria, estas pueden ser ERA o mascara full-face o half fase, con filtro para humo/gases orgánicos y corrosivos, según sea necesidad del escenario que se presente (Ver anexo 6).*
7. *Equipo de respiración autónoma que cuente cilindro de aire comprimido, máscara facial, válvula reguladora, manómetro; según la norma NFPA 1981.*
8. *Guantes de material resistente al fuego, longitud carbonizada inferior o igual a 100 mm y una post-incandescencia no superior a 2 segundos, protección contra quemaduras y abrasiones, resistencia al calor y corrosión y compatibilidad con otros elementos del traje según la norma NFPA 1971.*
9. *Linternas de cabeza o luces de mano para mejorar la visibilidad en entornos con humo o poca luz.*
10. *Radios (Walkie Talkie) para mantener la coordinación y la comunicación entre los miembros del equipo durante las operaciones de extinción de incendios (Anexo 3).*



B. Respuesta, extinción del incendio

Durante el periodo inicial de un incendio en un vertedero, es crucial seguir los 8 pasos del Sistema de Comando de Incidentes (SCI) para una respuesta efectiva y segura. Estos pasos ayudan a coordinar las acciones y garantizar la seguridad del personal y la comunidad. A continuación, se describen cómo aplicar los 8 pasos del SCI en este contexto:

1. Evaluación inicial:

- *Evalúa la situación:* identifica la ubicación, tamaño y tipo de incendio en el vertedero.
- *Determina los recursos disponibles y las necesidades inmediatas.*

2. Establecimiento de objetivos:

- *Define los objetivos específicos para controlar y extinguir el incendio.*
- *Prioriza la seguridad del personal y la protección de la comunidad.*

3. Organización del comando:

- *Designa un líder o jefe de incidente.*
- *Crea un equipo de respuesta con roles claramente definidos.*

4. Planificación operativa:

- *Desarrolla un plan de acción basado en la evaluación inicial.*
- *Asigna tareas específicas a los equipos de bomberos y otros recursos.*

5. Implementación del plan:

- *Ejecuta las acciones planificadas para controlar el incendio.*
- *Utiliza equipos de protección personal adecuados, como guantes resistentes al fuego según la norma NFPA 1971.*

6. Evaluación continua:

- *Monitorea el progreso y ajusta el plan según sea necesario.*
- *Mantén la comunicación constante entre los equipos.*

7. Documentación y registro:

- *Registra todas las acciones tomadas y los cambios en la situación.*
- *Documenta cualquier lesión o incidente.*

8. Desmovilización y revisión:

- *Una vez controlado el incendio, desmoviliza los recursos y evalúa el manejo del incidente.*
- *Realiza una revisión para aprender lecciones y mejorar la respuesta en futuros eventos.*
- *Las primeras medidas que deben tomarse ante la presencia de un incendio en sitios de disposición final deben ser:*

1. *Notificar al jefe de incidentes.*
2. *Notificar la emergencia a través de una alerta tipo sirena.*
3. *Detectar y categorizar al incendio.*
4. *Contactar al Cuerpo de Bomberos Municipal o Voluntario y la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED- y Asociación Nacional de Bomberos Municipales Departamentales -ASONBOMD-.*
5. *En caso de ser un incendio de nivel 3 o 4, aplicar un plan de comunicación, particularmente hacia la población que puede resultar mayormente afectada.*
6. *Implementar el plan de evacuación de los asentamientos residenciales cercanos, en caso de que sea necesario.*
7. *Determinar si el incendio es superficial o subterráneo.*

Luego de tomar las medidas ante la presencia de un incendio en el sitio de disposición final, se debe realizar una suspensión total del sistema de recolección de residuos y desechos sólidos a nivel municipal o mancomunado, dependiendo del caso. Si la suspensión del sistema de recolección de residuos es únicamente a nivel municipal, es crucial establecer un plan de comunicación efectivo para informar a la población afectada. Esto puede incluir la difusión de mensajes a través de los medios locales, como la radio, la televisión y las redes sociales, así como la distribución de volantes informativos en lugares estratégicos como centros comunitarios, mercados y centros de salud. Además, se pueden utilizar sistemas de mensajería de emergencia para llegar a un mayor número de personas.

En el caso de un sistema de recolección mancomunado que abarca varios municipios, la coordinación entre los gobiernos locales y las autoridades responsables del sitio de disposición final es esencial para trasladar la información de manera efectiva. Esto puede lograrse mediante reuniones regulares de coordinación, donde se compartan actualizaciones sobre el estado del servicio de recolección y se establezcan planes de acción conjuntos. Además, se puede designar a un representante de cada municipio para que actúe como enlace de comunicación entre las autoridades centrales y la población local.

Es fundamental asegurarse de que la información proporcionada sea clara, precisa y accesible para todos los ciudadanos, independientemente de su nivel de alfabetización o acceso a la tecnología. Se deben utilizar canales de comunicación variados y se debe prestar especial atención a las necesidades de las poblaciones vulnerables, como las personas mayores o con discapacidad. Además, es importante fomentar la participación ciudadana y la retroalimentación, permitiendo que la comunidad exprese sus inquietudes y sugerencias relacionadas con la suspensión del servicio de recolección de residuos.

De igual manera, antes de iniciar las operaciones, será fundamental establecer temporalmente un frente de disposición adicional para confinar los desechos lo más lejos posible de la zona afectada por el incendio. Este frente servirá como medida provisional mientras se controla y se extingue el fuego. Alternativamente, se puede considerar la posibilidad de



colaborar con otros sitios de disposición final autorizados para manejar temporalmente los desechos durante el periodo de emergencia.

Por otra parte, antes de iniciar los trabajos, será necesario habilitar un frente temporal de disposición para confinar los desechos lo más alejado de la zona en conflicto, en lo que se logra controlar y extinguir el incendio, o en su efecto apoyarse de otros sitios de disposición final autorizado.

Además, en caso de que en el sitio existan instalaciones para la combustión y el aprovechamiento de biogás, se deberán apagar los equipos de extracción de este recurso y cerrar las válvulas de alimentación de estos.

Paralelamente, se realizará un recorrido ya sea utilizando un dron o en vehículo terrestre en torno a la zona afectada para precisar la magnitud del incendio y los sitios donde se hallan las principales fuentes de combustión.

Se verificará la dirección del viento, las zonas más afectadas, las más vulnerables y las de mayor peligro (aquellas con mayores niveles de radiación).

Con el uso del GPS se deberá georreferenciar la información registrada, además de los elementos más significativos, como pueden ser los accesos, las pendientes del terreno y las distancias a las instalaciones del vertedero (oficinas, acometida de energía eléctrica, almacenamiento de combustibles, etc.); localizar en el plano de apoyo con que se cuente, aquellos atributos que lo caractericen.

Con el fin de controlar la propagación del incendio hacia zonas no afectadas, este deberá aislarse mediante la habilitación de una trinchera, la cual se rellenará más allá del nivel de terreno natural colocando abundante material de cobertura con un tractor de orugas, entre el material incendiado y el que está libre de combustión, como se ilustra en la Imagen No. 7.



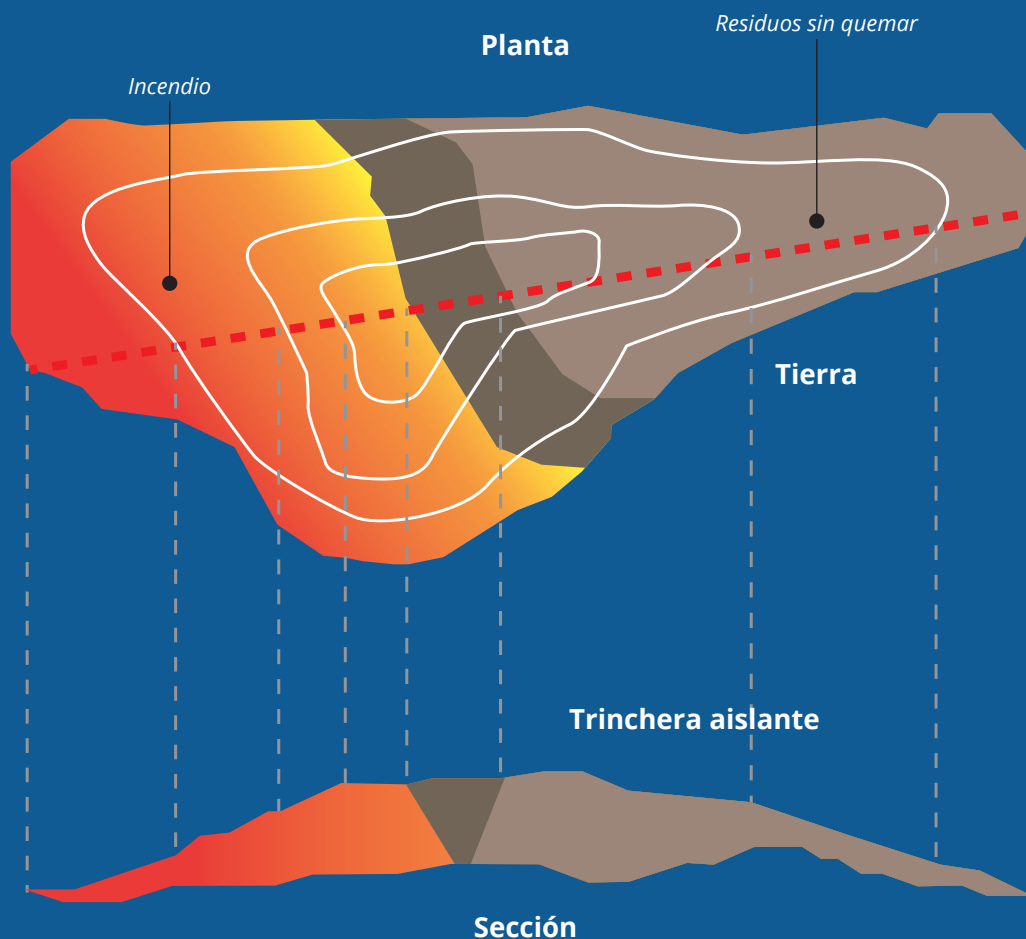


Imagen No. 7. Habilitación de Trinchera. Se debe excavar una trinchera, que se rellenará con tierra, de manera que se aisle el área incendiada. Fuente: Sánchez, 2021.

Una vez identificadas las zonas de mayor riesgo (con mayores niveles de radiación), se procederá a realizar el “apilamiento” del material de cobertura, en su vecindad, tan cerca como la permita el propio incendio, colocándolo, en la medida de lo posible, antes de la fuente de radiación y en el sentido de la dirección del viento.

El siguiente paso será buscar el aislamiento de las zonas de mayor riesgo colocando material de cobertura hacia los lados de ellas, tratando de formar una especie de “herradura” con dicho material.

Una vez aislados los puntos de calor, se procederá al apagado del incendio en los puntos de donde se generó, de acuerdo con los siguientes métodos:

C. Aplicación de agua

Este método es aceptable solo para extinguir incendios superficiales, ya que, si se trata de un fuego subterráneo, cuando el agua fluye al interior de los residuos, lo hace buscando zonas de menor resistencia entre éstos, como a través de zonas mal compactadas, por lo que no es seguro que llegue a la zona de interés (donde se presenta la combustión de los desechos).

Este método es apropiado únicamente para la extinción de incendios superficiales, los cuales se propagan principalmente en la capa externa de los desechos, afectando exclusivamente la superficie del material acumulado. En el caso de un incendio subterráneo, el agua al infiltrarse en los residuos busca rutas de menor resistencia, como a través de áreas mal compactadas, lo que pone en duda su eficacia para alcanzar la zona de interés, donde se origina la combustión de los desechos. Por lo tanto, resulta esencial emplear métodos alternativos para controlar y extinguir de manera segura los incendios subterráneos en los sitios de disposición final.

Por otra parte, se requieren grandes volúmenes de agua: se necesitan 5000 litros de agua para absorber la energía liberada por la combustión total de una tonelada de desecho.

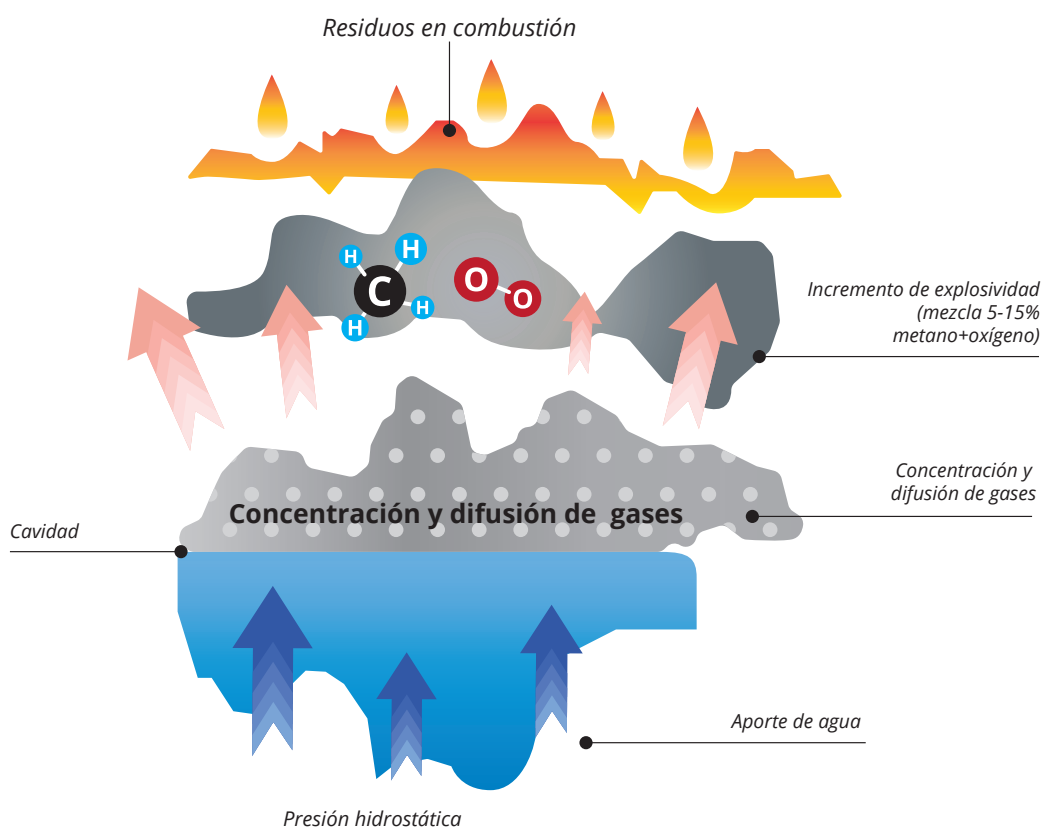
El uso de espuma y surfactantes puede reducir este volumen considerablemente. Se debe considerar que el uso de grandes cantidades de agua para extinguir un incendio puede producir grandes cantidades de lixiviado contaminante.

El agua en incendios de sitios de disposición final de desechos

Es crucial destacar que el uso excesivo de agua o cualquier otro líquido para extinguir incendios presenta riesgos significativos en los vertederos. Este método resulta aceptable únicamente para controlar incendios superficiales, dado que, al penetrar en los residuos, el agua tiende a desplazar y concentrar los gases presentes en el depósito, como el metano y el dióxido de carbono, así como el aire sobrecalentado. Esto incrementa el peligro de quemaduras tanto para el personal como para la maquinaria. Sin embargo, es importante reconocer que su eficacia se ve cuestionada en incendios subterráneos, ya que el agua tiende a buscar rutas de menor resistencia entre los desechos, lo que limita su capacidad para alcanzar la zona donde se origina la combustión. Por ende, se hace imperativo considerar métodos alternativos para controlar y extinguir de manera segura los incendios subterráneos en los sitios de disposición final. Además, es fundamental tener en cuenta que el uso de grandes volúmenes de agua puede generar grandes cantidades de lixiviado contaminante, por lo que se recomienda el uso de espuma y surfactantes para reducir este impacto ambiental.

Por tanto, es crucial investigar y emplear métodos alternativos para controlar y extinguir de manera segura los incendios en este entorno. Aunque los grandes volúmenes de agua son esenciales para mitigar el calor liberado por la combustión total de los desechos, su uso puede ser sustituido por la aplicación de espuma y surfactantes. Estos agentes tienen la capacidad de reducir significativamente la cantidad de agua necesaria para combatir el incendio lo que resulta un enfoque más eficiente y sostenible en términos de recursos hídricos.

Imagen No. 8. Incremento de explosividad por desplazamiento hidrostático de los gases contenidos dentro de las cavidades de la basura. (Sánchez, 2021)



Además, este tipo de prácticas provocan que se generen enormes cantidades de lixiviados, que pueden llegar a contaminar el suelo, los acuíferos y los cuerpos de agua superficiales; además de escurrir más allá de las colindancias del sitio, pudiendo llegar a los desarrollos habitacionales cercanos. (Sánchez, 2021)

D. Excavación y reacondicionamiento

Para el caso de los incendios subterráneos, donde la aplicación de agua no es conveniente para extinguir el incendio, el método más apropiado suele ser la remoción y el reacondicionamiento de los desechos.

El primer paso para controlar un incendio de esa manera es remover el desecho en combustión, exponiéndolo para su apagado con agua, para continuar con la aplicación de una capa de desechos nuevos de al menos un metro de espesor, la cual se construirá compactándolos en capas de 30 cm.

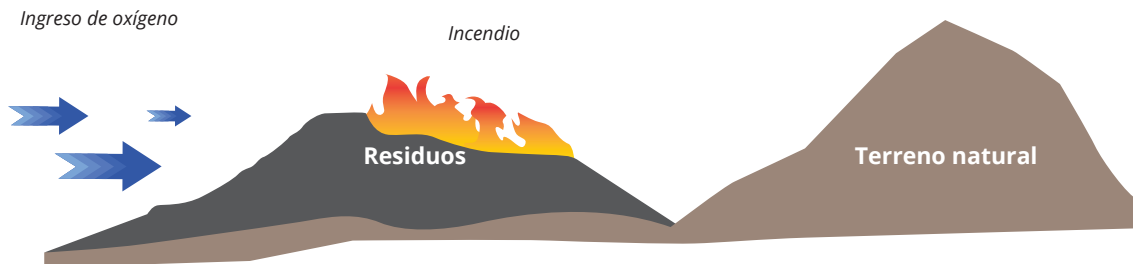
Si el incendio no es tan profundo, se puede evitar la remoción de los desechos y proceder solo a colocar la capa de desechos compactada, una vez que fue regada con agua la zona en conflicto.

Estas medidas, las cuales disminuyen la cantidad de aire que puede alimentar el incendio, reducen su velocidad y la cantidad de humo resultante de la combustión, generan un ámbito de trabajo menos riesgoso.

E. Supresión del ingreso de oxígeno.

Cuando se restringe la cantidad de oxígeno que puede acceder al área afectada por el fuego, es factible apagar el incendio, aunque normalmente este proceso es relativamente lento. Para lograrlo, es necesario aplicar una capa de material terroso o cobertura con un espesor mínimo de 20 centímetros, la cual debe ser compactada utilizando un tractor de carriles. Los esfuerzos para extinguir el incendio se enfocarán principalmente en impedir que el oxígeno llegue a la fuente de ignición (Ver Imagen No. 9). (Sánchez, 2021)

Imagen No. 9. Escenario Crítico. Ilustración del escenario crítico que potencializa el crecimiento de los incendios en los sitios de disposición final. (Sánchez, 2021).



El apagado del incendio se efectuará avanzando lentamente con el tractor, siempre a favor de la dirección del viento, en tramos con un ancho igual a la cuchilla del equipo y con una longitud tal como lo permita el volumen de material acopiado, garantizando un espesor mínimo de cobertura de 20 cm, como ya fue mencionado.

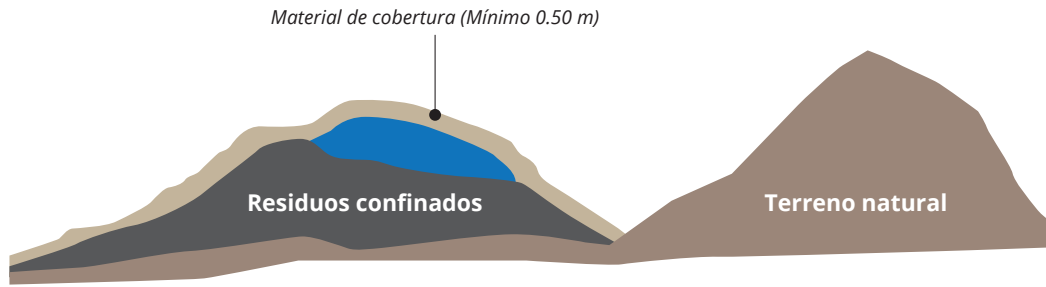
La estrategia consiste en avanzar gradualmente hacia la fuente de calor, “paso a paso”, para limitar el ingreso de oxígeno a los residuos, y así prevenir la posibilidad de caer en huecos que contienen aire y gases calientes. Los cuales se forman como resultado de la combustión silenciosa de los residuos, que se van llenando con vapor de agua, aire y gases calientes. La caída en estos huecos puede tener consecuencias devastadoras, incluidas pérdidas humanas y daños a la maquinaria pesada utilizada en la zona. Por lo tanto, Es de vital importancia seguir las siguientes medidas de seguridad:

- Mantener un plan de respuesta basado en el sci.
- Mantener en todo momento el equipo de protección.
- Mantener una distancia segura de los huecos identificados como áreas peligrosas.
- Realizar inspecciones periódicas del área para identificar y marcar adecuadamente los huecos y otras condiciones peligrosas.
- Llevar a cabo un monitoreo constante del área para detectar el riesgo de caídas en los huecos.

Es fundamental seguir estas medidas de seguridad en este tipo de situaciones para evitar pérdidas humanas y daños a la maquinaria pesada utilizada en la zona.

A continuación, se colocará una capa de material térreo de 50 cm de espesor sobre los residuos de la zona inmediata al sitio donde se hallaban las fuentes de calor que fueron cubiertas, así como sobre la capa de material que se haya colocado sobre ésta, para evitar el ingreso de oxígeno a través de los espacios cercanos a la fuente de combustión, ya que pueden reactivar el incendio (Ver Imagen No. 10).

Imagen No. 10. Escenario recomendable. Ilustración del escenario requerido para lograr extinguir los incendios en los vertederos de basura. (Sánchez, 2021)



Cuando se ha logrado cubrir completamente la fuente de calor, se compactará el material “asentado”, efectuando entre 4 y 5 pasadas con el tractor de orugas sobre el área cubierta, aplicando el mismo procedimiento realizado para apagar el incendio; es decir, por tramos de longitud variable y con un ancho igual a la cuchilla del tractor.

Es muy importante, cuando se efectúe este trabajo, identificar grietas por donde pueda estar ingresando oxígeno. En caso de encontrarlas, será indispensable sellarlas, lo cual es relativamente fácil, porque son salidas de vapor de agua.

Una vez cubierta la zona afectada por el incendio con material térreo, aplicando el procedimiento antes descrito, se monitoreará diariamente, por al menos dos semanas, para evitar que el incendio se reactive debido al ingreso de oxígeno por sitios donde no se haya colocado una cubierta suficiente de material térreo o a través de grietas que se formen por el asentamiento irregular de los materiales.

En esta etapa, será importante identificar los sitios por donde haya emisiones o salidas de vapor de agua del interior de los residuos, con el fin de verificar si no hay presencia de gases, lo cual es indicador de que la combustión de los residuos no ha cesado (combustión sorda), por lo que será necesario ahogarla aplicando una nueva capa de material térreo y compactándola con el tractor de orugas realizando de 4 a 5 pasadas.

En caso de que se verifique que sólo se trata de vapor de agua, es conveniente mantener su salida, para evitar que se acumule en lugares inconvenientes y que aflore como “bocanadas de vapor caliente” que puedan provocar accidentes entre el personal que atiende el evento.

Además del trabajo mencionado anteriormente, se llevará a cabo la identificación de zonas inestables en el área del sitio, especialmente en áreas recién asentadas dentro de la zona afectada. Estas áreas pueden ser indicativas de la presencia de “bolsas de aire, grietas o cavernas internas” que han colapsado o están en riesgo de hacerlo. En caso de que aún no haya ocurrido el colapso, se promoverá activamente su estabilización.

Para identificar estos lugares inestables, se deben llevar a cabo diversas acciones de inspección y evaluación. Esto incluye:

1. *Análisis visual:* Observar cualquier cambio en la topografía del terreno, como hundimientos o grietas en el suelo.
2. *Uso de tecnología:* Emplear herramientas como escáneres láser terrestres o drones equipados con cámaras de alta resolución para mapear la superficie y detectar anomalías.

3. *Estudios geotécnicos*: Realizar estudios del subsuelo para identificar posibles cavidades o áreas de debilidad que puedan ser propensas a colapsos.
4. *Monitoreo continuo*: Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para detectar cambios en la estabilidad del terreno, como movimientos o deformaciones.
5. *Consulta con expertos*: Recurrir a geólogos, ingenieros civiles u otros profesionales especializados en geotecnia para realizar evaluaciones detalladas del sitio.

Al combinar estas técnicas de identificación, será posible detectar y evaluar de manera efectiva los lugares inestables en el sitio, lo que permitirá tomar las medidas necesarias para prevenir cualquier riesgo potencial de colapso.

Con los trabajos previamente mencionados, se realizarán monitoreos e inspecciones periódicamente para la identificación de lugares inestables en sitios de disposición final, preferentemente en asentamientos repentinos en la zona cubierta, los cuales son indicio de que hay “bolsones, grietas o cavernas internas” que han colapsado o están en vías de colapsarse. Debe promoverse su colapso cuando éste no haya sucedido.

Una vez colapsadas estas irregularidades, será necesario cubrirlas con material térreo, tratando de sellarlas totalmente con capas de 20 cm de espesor, en promedio, para evitar que sean vías de ingreso de oxígeno, aplicando una compactación equivalente a la ejecución de entre 5 y 7 pasadas con el tractor de carriles, en cada capa de material térreo de 20 cm que se haya colocado.

F. Recuperación

Una vez cubierta la zona afectada por el incendio con material térreo, se monitoreará diariamente, por al menos un mes, para evitar que el incendio se reactive debido al ingreso de oxígeno por sitios donde no se haya colocado una cubierta suficiente de material térreo o a través de grietas que se formen por el asentamiento irregular de los materiales.

Después de la extensión de incendios en sitios de disposición final es necesario desarrollar un documento que contenga pérdidas y daños ocasionados por el fuego y determinar las medidas necesarias para mitigar los impactos ambientales, proteger la salud pública y garantizar la seguridad del personal que trabaja en el sitio. Los aspectos claves por analizar son:

- *Evaluación de los daños ocular de los sistemas ambientales y audiovisuales como lo estipula el Decreto No. 68-86 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente en sus artículos No. 14, 15, 16, 17, 18 y 19.*
- *Documento de la causa que genero el incendio.*
- *Preparación de informes y acciones correctivas (Documentación de hallazgo).*
- *Inspección de infraestructuras críticas.*
- *Divulgación al personal de los resultados obtenidos.*

Dentro de las acciones de recuperación también se debe considerar la delimitación de la zona del Incendio para proteger la seguridad del personal, prevenir riesgos adicionales, preservar la escena del incendio, facilitar las operaciones de recuperación y cumplir con las regulaciones aplicables (NRD-1, NRD-2, Reglamentos Municipales y Acuerdo Gubernativos, etc). Esto se logra estableciendo límites claros y seguros alrededor del área afectada.

Glosario

- **Incendio:** Se refiere a un fuego de gran magnitud que consume lo que no debería arder. En el contexto de la legislación guatemalteca, se considera un evento peligroso que puede causar daños materiales y poner en riesgo la vida de las personas y el medio ambiente.
- **Plan de emergencia:** Es un documento estratégico que establece procedimientos detallados y coordinados para enfrentar situaciones de crisis o emergencia. Estas pueden incluir desastres naturales, incendios u otras amenazas. En Guatemala, los planes de emergencia son fundamentales para la seguridad de la población y la protección de los recursos.
- **Sitios de disposición final:** Se refiere al aislamiento o eliminación definitiva de desechos sólidos comunes o productos generados durante su tratamiento. Estos sitios utilizan tecnología que garantiza la ausencia o el estricto control del riesgo sanitario y ambiental. En Guatemala, la gestión adecuada de estos sitios es crucial para preservar el entorno.
- **Desecho:** Material producido por actividades humanas, descartado por el ente que lo genera, que no posee valor intrínseco o extrínseco, cuyo destino debe ser la disposición final.
- **Residuo:** Material producido por actividades humanas, descartado por el que lo genera, pero que sí posee valor intrínseco o extrínseco, por lo que su destino debe ser el aprovechamiento.
- **Residuos y desechos sólidos comunes:** Aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana o al ambiente; por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes, radiactivas u otras de similar riesgo
- **Material:** Cualquier sustancia, objeto o recurso utilizado para realizar una actividad o construir algo. Puede ser físico o tangible, como el metal, la madera o el plástico. La legislación guatemalteca regula el uso responsable y seguro de diversos materiales en diferentes contextos.
- **Material con alto poder calorífico:** Hace referencia a sustancias o materiales que tienen la capacidad de producir una gran cantidad de calor cuando se queman o se someten a reacciones de combustión. Estos materiales deben manejarse con precaución debido a su potencial riesgo.
- **Materiales volátiles:** Son aquellos que pueden evaporarse o dispersarse fácilmente en el aire. En la legislación, se consideran materiales volátiles aquellos que pueden generar riesgos para la salud o el medio ambiente debido a su liberación en forma de gases o vapores.
- **Materiales susceptibles de explotar:** Son aquellos que pueden desencadenar una reacción violenta bajo ciertas condiciones. Estos materiales deben manejarse con extremo cuidado para evitar accidentes.
- **Materiales de origen industrial de alta combustibilidad:** Son aquellos que tienen una gran capacidad para arder o quemarse con facilidad y rapidez cuando se exponen al calor, a una llama o a una fuente de ignición. La legislación guatemalteca regula su uso seguro en entornos industriales.

- **Materiales orgánicos:** Se refiere a cualquier sustancia de origen vegetal o animal. Esto incluye restos de plantas, animales y otros materiales biodegradables. En Guatemala, la gestión adecuada de los materiales orgánicos es fundamental para la sostenibilidad ambiental.
- **Material de cobertura:** Se refiere a cualquier tipo de material utilizado para cubrir o proteger una superficie, objeto o área específica. En el contexto de la legislación, esto puede incluir materiales utilizados en la construcción, la agricultura o la protección del suelo.
- **Instrumentos ambientales:** Son documentos técnicos que contienen la información necesaria para identificar y evaluar ordenadamente los impactos o riesgos ambientales de un proyecto, obra, industria o actividad. Estos instrumentos incluyen medidas predictivas, correctivas y complementarias para garantizar la protección del entorno.
- **Combustión:** Es una reacción química entre el oxígeno y un material oxidable. Durante esta reacción, se libera energía y, por lo general, se manifiesta mediante incandescencia o llama. En el contexto de la legislación guatemalteca, la regulación de la combustión es fundamental para prevenir incendios y proteger el entorno.
- **CONRED:** La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres es una institución en Guatemala encargada de coordinar y ejecutar acciones para prevenir, mitigar y responder ante situaciones de desastre. Su objetivo es proteger a la población y reducir los riesgos asociados a eventos naturales o provocados por el ser humano.
- **AMSA:** La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán es responsable de gestionar y proteger la cuenca del Lago de Amatitlán en Guatemala. Su labor incluye la conservación del lago, la prevención de la contaminación y la promoción de prácticas sostenibles.
- **INSIVUMEH:** El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) es una entidad guatemalteca que monitorea y estudia los fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas, condiciones meteorológicas y niveles de agua. Su trabajo es crucial para la prevención y respuesta ante desastres.
- **NFPA:** es una organización fundada en Estados Unidos en 1896. Su objetivo principal es desarrollar y diseminar conocimientos sobre seguridad contra incendios y de vida. La NFPA se dedica a proteger a las personas, sus propiedades y el medio ambiente del fuego.
- **ASONBOMD:** Es la Asociación de Bomberos Municipales Departamentales de Guatemala, esta es una institución crucial para la respuesta a emergencias en Guatemala. Comprender de 129 estaciones de bomberos en todo el país, brindando servicios esenciales a la población.
- **Mitigación:** Se refiere a la acción de moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero. En el contexto de la gestión de desastres, la mitigación implica tomar medidas preventivas para reducir los impactos negativos de eventos naturales o antrópicos.
- **Desastre:** Un suceso lamentable que causa daños significativos a personas, bienes o al medio ambiente. Los desastres pueden ser naturales (como terremotos, inundaciones o huracanes) o provocados por el ser humano (como incendios o accidentes industriales).

- **Contaminación:** La introducción de sustancias nocivas o indeseables en el medio ambiente. Puede afectar el aire, el agua o el suelo y tener consecuencias negativas para la salud humana y la biodiversidad.
- **Bitácora:** Un registro detallado de eventos, acciones o datos relevantes. En el contexto de la gestión de emergencias, una bitácora puede ser utilizada para documentar acciones tomadas durante un desastre o incidente.
- **Material terroso:** Se refiere a sustancias relacionadas con la tierra, como el suelo, la arcilla o los sedimentos. Estos materiales pueden ser relevantes en la construcción, la agricultura o la gestión de desechos.
- **Monitoreo:** La acción de observar y medir de manera continua ciertos parámetros o condiciones. El monitoreo ambiental es esencial para detectar cambios y tomar decisiones informadas.
- **Emisiones de gases:** La liberación de gases (como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno o gases tóxicos) al ambiente. Estas emisiones pueden provenir de fuentes naturales o actividades humanas.
- **Anemómetro:** Un instrumento utilizado para medir la velocidad del viento. Es importante para evaluar riesgos climáticos y condiciones meteorológicas.
- **Residuo:** Cualquier material sobrante o no deseado después de un proceso o actividad. En el contexto ambiental, se refiere a los desechos generados por la sociedad.
- **Desecho:** Similar al residuo, es cualquier material descartado que ya no tiene utilidad. La gestión adecuada de los desechos es crucial para evitar la contaminación.
- **Gases tóxicos:** Son sustancias gaseosas que pueden ser dañinas para la salud o el medio ambiente. Ejemplos incluyen el monóxido de carbono o los gases emitidos por la industria.
- **Propagación:** Se refiere a la extensión o difusión de algo, como información, enfermedades o señales. En el contexto de desastres naturales, la propagación puede implicar la expansión de un incendio forestal, una enfermedad o una onda sísmica.
- **Trinchera:** Una zanja o excavación en el suelo, generalmente de forma alargada. Las trincheras pueden tener diversos propósitos, como drenaje, protección o construcción de infraestructuras. En el contexto de la gestión de desastres, las trincheras pueden utilizarse para canalizar el agua o contener deslizamientos de tierra.
- **Compactar:** Significa comprimir o reducir el volumen de algo. En el contexto de la gestión de residuos, compactar se refiere a reducir el espacio ocupado por desechos sólidos para facilitar su manejo y transporte. También se utiliza en la construcción para compactar el suelo antes de construir estructuras.
- **Puntos de calor:** Es el punto de donde se origina la combustión por la presencia de una fuente de calor y un combustible.
- **Apilamiento:** Se refiere a la acción de colocar objetos uno encima del otro en forma ordenada o estructurada.

Anexos

Anexo 1. Encuesta para conocer las condiciones de vulnerabilidad de los sitios de disposición final de desechos sólidos ante la ocurrencia de incendios

La siguiente encuesta será dirigida para los jefes de direcciones o departamentos del sitio de disposición final y será una encuesta cerrada.

1. *¿Las áreas de almacenamientos de residuos, áreas de trabajo, áreas comunes y demás instalaciones se encuentran limpias y ordenadas?*
2. *¿Están señalizadas las rutas de evacuación y las salidas emergencias claramente visibles? ¿Posee planos del terreno de las rutas de evacuación y salidas de emergencia?*
3. *¿Cuenta con alarmas contra incendios? (En caso de si tener realizar la siguiente pregunta) ¿Las alarmas contra incendios están instaladas en lugares visibles, accesibles y operativas para garantizar una respuesta efectiva en caso de emergencia? (En caso de no contar se debe indicar las instalaciones de las alarmas contra incendios)*
4. *¿Existen extintores suficientes disponibles y de acuerdo al producto que se desea extinguir? ¿Se lleva a cabo una revisión anual para asegurar su funcionamiento adecuado en caso de incendio?*
5. *¿Cuenta con planos de la distribución y ubicación de extintores?*
6. *¿Se proporciona capacitación al personal del uso correcto de extintores?*
7. *¿Posee bitácora de asistencia y fechas de la elaboración de capacitaciones?*
8. *¿Se mantienen las áreas de tránsito peatonal y vehicular (caminamientos, pasillos, escaleras y calles internas) libres de obstrucciones, facilitando así una evacuación rápida y segura en caso de emergencia?*
9. *¿Los accesos, incluyendo puertas de entrada y salida de emergencia del sitio de disposición final, están despejados y son accesibles para los camiones de bomberos, garantizando una respuesta eficiente en caso de incendio?*
10. *¿Se realizan inspecciones periódicas de seguridad y cumplimiento de normativas para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad contra incendios?*

Anexo 2. Encuesta para conocer las capacitaciones al personal

1. *¿Se proporciona capacitación regular al personal sobre las medidas de seguridad y los procedimientos de emergencia?*
2. *¿El personal ha recibido entrenamiento específico en prevención y extinción de incendios, incluyendo el uso adecuado de extintores y otros equipos de lucha contra incendios?*
3. *¿El personal está familiarizado con las hojas de datos de seguridad de los materiales presentes en el sitio y las medidas específicas de prevención y extinción de incendios asociadas a dichos materiales?*

4. *¿El personal ha sido instruido sobre el plan de evacuación de emergencia, incluyendo las rutas de evacuación, los puntos de encuentro y los procedimientos a seguir en caso de un incendio u otra emergencia?*
5. *¿El personal externo que ingresa al sitio recibe información sobre su responsabilidad de seguir las instrucciones del personal interno en caso de una eventualidad, incluyendo las medidas de seguridad y los procedimientos de evacuación?*
6. *¿Se realizan simulacros periódicos de incendio y evacuación en los que participe todo el personal? con el fin de evaluar la efectividad de los procedimientos de emergencia y la preparación*

Anexo 3. Encuesta de las instalaciones y recursos para la atención de incendios

1. *¿Existe almacenamiento de tierra cerca del módulo de trabajo dentro del área de sitios de disposición final de los desechos sólidos, para su uso inmediato en caso de incendio como medida de contención?*
2. *¿Se encuentran disponibles en el lugar equipos adecuados para cargar y trasladar tierra con el fin de combatir incendios y controlar su propagación?*
3. *¿Se cuenta con un área designada como zona de emergencia para implementar un frente de trabajo alternativo en caso de incendio en el sitio?*
4. *¿Existe un suministro adecuado de agua bajo presión para ser utilizado en caso de incendio como medida de extinción?*
5. *¿Se dispone de un tanque de almacenamiento de agua diseñado específicamente para ser utilizado en caso de incendio como recurso de extinción?*
6. *¿Los equipos destinados a la extinción del fuego están disponibles fácilmente en caso de emergencia?*
7. *¿Se han establecido procedimientos para registrar los incendios ocurridos en el sitio y evaluar sus impactos en el entorno?*
8. *¿Se dispone de generadores de energía portátiles como medida de contingencia para garantizar el suministro eléctrico durante situaciones de emergencia?*
9. *¿El acceso al sitio está diseñado y mantenido de manera que permita el ingreso de camiones de bomberos hasta el módulo de trabajo y las zonas en conflicto en caso de incendio dentro del sitios de disposición final?¿Se llevan a cabo regularmente procedimientos de mantenimiento preventivo en todos los equipos y sistemas relacionados con la prevención y extinción de incendios?*
10. *¿Se garantiza el almacenamiento adecuado de todos los materiales inflamables?*
11. *¿Los predios del sitio de disposición final más propensos a sufrir incendios están debidamente señalizados para alertar al personal y visitantes sobre los riesgos asociados?*
12. *¿Los números de teléfono de emergencia, incluyendo el departamento de bomberos, hospitales, policía, entre otros, están claramente exhibidos en lugares visibles del sitio?*
13. *¿Se ha instalado una red de pararrayos adecuada como medida de protección contra posibles caídas de rayos durante tormentas eléctricas?*

Anexo 4. Informe de inspección después del incendio en un sitio de disposición final

La inspección se llevará a cabo por medio de la municipalidad a través de técnicos ambientales y la dirección de servicios públicos.

Fecha:	(Fecha de la inspección)
Nombre del Sitio:	(Nombre del sitio)
Ubicación del Sitio:	(Ubicación geográfica)
Coordinador de Inspección:	(Nombre del coordinador)
Miembros del Equipo:	(Nombres y roles de los miembros del equipo)
Coordenadas del área del sitio:	(En UTM y geográficas)

1. Resumen:

En el resumen se deben identificar de manera detallada:

- Áreas afectadas.
- Estructuras dañadas.
- Posibles riesgos residuales.
- Pruebas de calidad del aire, suelo y agua para detectar posibles contaminantes.
- Hallazgos.

2. Propuestas de medidas de mitigación y acciones correctivas:

Brindar propuestas que permitan reducir la gestión de riesgo ante incendios en el sitio de disposición final.

3. Anexos

Documentación complementaria para informe de inspección preliminar:

- Fotografías del incendio durante y después.
- Croquis del sitio para documentar los hallazgos de la inspección.
- Identificar las necesidades de reparaciones y remplazos para garantizar la integridad y seguridad de la infraestructura.
- Tomar muestras de suelo y agua para detectar posibles contaminaciones y evaluar el riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- Cantidad de agua utilizada en m³ (en caso que fuese utilizada).
- Cantidad de material de cobertura utilizada en toneladas.
- Número de personas que apoyaron la extinción.
- Daños al personal por causa de la operación.
- Pérdidas humanas (si las hubiera).

Anexo 5. Equipo de protección personal (epp)

- **Trajes de protección contra el calor:** requieren materiales altamente resistentes como el Nomex, Kevlar u otras fibras especializadas. Es esencial que cuente con costuras reforzadas, aberturas de ventilación y cierres especialmente diseñados para resistir las altas temperaturas y facilitar la dispersión de calor.



- **Chaleco de seguridad:** debe estar fabricado con una combinación de tela de poliéster y algodón, además es esencial que incorpore bandas reflectantes fabricadas con materiales como PVC de alta visibilidad.



- **Casco de seguridad:** debe estar elaborado con materiales de fibra de vidrio de alta calidad, con un sistema de suspensión interior acolchado y ajustable



- **Gafas protectoras:** Deben ser elaboradas con materiales resistentes y transparentes, como el policarbonato que garantice una protección óptima. Además deben incluir protecciones laterales para brindar una cobertura completa, ser livianas y cuenten con patillas ajustables para adaptarse al rostro junto con correas elásticas para la cabeza.



-
- **Botas de seguridad resistentes al calor, al agua y a productos químicos:** para proteger los pies de quemaduras, lesiones por objetos afilados y otros riesgos en el entorno del incendio.



-
- **Equipo de protección Respiratoria:** debe estar compuesto por respiradores que ofrezcan una protección eficaz contra los humos, gases tóxicos y partículas finas, se sugiere emplear respiradores de alta eficacia como los respiradores N95, N99 o N100. Estos dispositivos están diseñados con materiales avanzados que proporcionan un ajuste seguro y cómodo.



-
- **Equipo de respiración autónoma:** Construido con materiales ligeros y robustos como el aluminio y el policarbonato. Cuenta con arneses ajustables y acolchados, botella de oxígeno, regulador de presión para controlar el flujo de aire y la válvula de exhalación para garantizar una respiración segura y eficaz.



-
- **Guantes resistentes al calor:** Debe estar fabricados con materiales de alta resistencia, tales como cuero (incluido el Kevlar), neopreno entre otros. Se recomienda que cuente con refuerzos adicionales en áreas clave como la palma y los dedos para garantizar una mayor durabilidad y protección. Asimismo, es importante que sean flexibles y ergonómicos para permitir un óptimo agarre y maniobrabilidad. Se sugiere que incluya revestimiento interiores aislantes para proporcionar una capa adicional de protección contra el calor.



-
- **Linternas de cabeza o linternas de mano:** Deben estar fabricadas con materiales resistentes al calor y el agua, y que cuente con una carcasa duradera de aluminio o plástico resistente, además es importante que estas linternas incorporen LED de alta potencia para una iluminación eficiente y duradera en entorno con humo o poca luz.



-
- **Radios (Walkie Talkie):** Deben estar fabricadas con plástico resistente y una carcasa robusta que garantice su durabilidad en condiciones adversas, es esencial que los componentes internos estén protegidos adecuadamente para resistir la humedad y el polvo. Es esencial que cuente con una antena potente que asegure una cobertura de señal confiable, junto con una batería de larga duración para permitir una comunicación durante largos periodos de tiempo.



Anexo 6. Selección de respiradores

Riesgo	Respirador
Deficiencia de oxígeno	Aparato respirador autocontenido. Máscara de manga con soplador. Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autocontenido o un receptor de almacenado de aire con alarma.
Contaminantes de gas y vapor inmediatamente peligrosos a la vida y a la salud	Aparato respirador autocontenido. Máscara de manga con soplador. Respirador purificador de aire con careta completa con canasto químico (máscara de gas). Respirador de boquilla de autorrescate (para escape solamente). Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autocontenido auxiliar o un receptor de almacenado de aire con alarma.
No inmediatamente peligroso a la vida y salud	Respirador de línea de aire. Máscara de manga sin soplador. Respirador purificador de aire, de media careta o boquilla con cartucho químico.
Contaminantes particulados inmediatamente peligrosos a la vida y a la salud	Aparato respirador autocontenido. Máscara de manga con soplador. Respirador purificador de aire con careta completa con el filtro apropiado. Respirador de boquilla de autorrescate (para escape solamente). Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autocontenido auxiliar o un receptor de almacenado de aire con alarma.
No inmediatamente peligroso a la vida y salud	Respirador purificador de aire, de media careta o boquilla con almohadilla de filtro o cartucho. Respirador de línea de aire. Respirador de línea de aire para chorreo abrasivo. Máscara de manga sin soplador.
Combinación de gas, vapor y contaminantes particulados inmediatamente peligrosos a la vida y a la salud	Aparato respirador autocontenido. Máscara de manga sin soplador. Respirador purificador de aire con careta completa con canasto químico y filtro apropiado (máscara de gas con filtro). Respirador de boquilla de autorrescate (para escape solamente). Combinación de respirador de línea de aire con suministro de aire autocontenido auxiliar o un receptor de almacenado de aire con alarma.
No inmediatamente peligroso a la vida y salud	Respirador de línea de aire. Máscara de manga sin soplador. Respirador de línea de aire de media careta o respirador de boquilla con cartucho químico y filtro apropiado.

Nota: En esta parte, "inmediatamente peligroso para la vida y la salud" se define como una condición que representa una amenaza inmediata para la vida y la salud o una amenaza inmediata de exposición grave a contaminantes, tales como materiales radiactivos con posibles efectos adversos retardados para la salud.

Anexo 7. Tabla de registro de impactos ambientales

Tipo de impacto	Descripción Detallada	Componentes Afectados	Nivel de Impacto (marcar el nivel de impacto)	Correlación con Umbrales Legales y Directrices
		Atmósfera	Alto	
			Medio	
			Bajo	
		Lítico y Edáfico	Alto	
			Medio	
			Bajo	
		Hídrico	Alto	
			Medio	
			Bajo	
		Biótico	Alto	
			Medio	
			Bajo	
		Elementos audiovisuales	Alto	
			Medio	
			Bajo	
		Elementos culturales	Alto	
			Medio	
			Bajo	

Anexo 8. Análisis y evaluación de impactos ambientales en incendios en sitios de disposición final

Información General	
Fecha del incendio:	
Duración del incendio:	
Causa del incendio:	
Área Afectada por el incendio en m2:	

Efectos Inmediatos

Sistema atmosférico

Contaminantes emitidos:

Impacto en la Calidad del Aire Circundante:

Efectos en la Salud Humana:

Sistema hídrico

Contaminación de aguas superficiales:

Contaminación de aguas Subterráneas:

Impacto en la biodiversidad acuática:

Sistema lítico y edáfico

Pérdida de vegetación:

Erosión del Suelo:

Impacto en la biodiversidad del suelo:

Elementos audiovisuales (ruido y paisaje)

Deterioro del paisaje:

Ruidos fuertes emitidos:

Elementos Culturales

Daños registrados:

Costo de daños provocados por incendio:

Efectos a largo plazo

Sistema atmosférico

Persistencia de la contaminación en el aire:

Efectos crónicos en la salud humana:

Medidas de mitigación propuestas:

Sistema hídrico

Contaminación residual del agua:

Estrategias de restauración:

Sistema lítico y edáfico

Degradación del suelo a largo plazo:

Medidas de mitigación propuestas:

Prevención de futuros incendios:

Elementos audiovisuales (ruido y paisaje)

Deterioro del paisaje:

Medidas de mitigación:

Elementos Culturales

Costos de restauración de elementos dañados:

Compensación por daños:

Bibliografía

- Experiencias de Campo, sistemas de Ingeniería y Control Ambiental, S. A. de C. V.
- Integrated Solid Waste Management. George Tchobanoglous, Hilary Thisen, Samuel Vigil. Mc Graw-Hill International Editions.
- Practical Waste Management. John R. Holmes. John Wiley & Sons.
- Prevención y Control de Incendios. MEL Extinguidores S.A.
- Jessica Gramajo. (12 de febrero de 2021). Soy 502. Obtenido de <https://www.soy502.com/articulo/drama-bomberos-sofocar-incendio-basurero-100931>
- MarketBook. (2024). MarketBool. Obtenido de <https://www.marketbook.gt/listings/construction-equipment/for-sale/227491493/2023-cat-d8>
- Melisa Fire Group. (2020). Obtenido de <https://melisam.com/origen-del-fuego/>
- Protecnic S.A.S. (mayo de 2018). Protécnica S.A.S. Centro de Entrenamiento Aeronáutico. Obtenido de <https://protecnic.edu.co/wp-content/uploads/2018/05/boletinmarzo2018-1.pdf>
- Publinews. (07 de febrero de 2021). Publinews. Obtenido de Marn apoya labores de Amsa ante incendio en vertedero: <https://www.publinews.gt/gt/noticias/2021/02/07/marn-apoya-amsa-incendio-vertedero.html>
- Radio La Primerísima. (7 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://radiolaprimerisima.com/incendio-en-basurero-afecta-a-mas-de-un-millon-de-personas-en-guatemala/#:~:text=A%20decir%20de%20la%20Conred,a%20un%20costado%20del%20vertedero.>
- Sánchez, J. (2021). Guía para el Control de Incendios en Vertederos de Residuos Sólidos. México: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. Obtenido de https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/GUIA_PARA_EL_CONTROL_DE_INCENDIOS_EN_VERTEDEROS_DE_BASURA_CENAPRED_2021.pdf
- Valle, C. M. (1 de abril de 2022). Ojoconmipisto.com. Obtenido de <https://www.ojoconmipisto.com/municipalidades-gastaron-q590-mil-en-controlar-incendios-en-vertederos/>

- España, M. (7 de Febrero de 2021). Prensa Libre. Obtenido de <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/amsa-pide-ayuda-a-municipalidades-para-sofocar-incendio-en-el-vertedero-breaking/>
- Flight Light inc. (s.f.). Flight Light inc. Obtenido de <https://flightlight.com/products/airport-heliport-nylon-windsocks-masts/>
- Holland Aviation. (s.f.). Holland Aviation. Obtenido de <https://www.hollandaviation.nl/en/windsock-everything-you-need-to-know-about-windsocks/>
- Jessica Gramajo. (12 de febrero de 2021). Soy 502. Obtenido de <https://www.soy502.com/articulo/drama-bomberos-sofocar-incendio-basurero-100931>
- MarketBook. (2024). MarketBool. Obtenido de <https://www.marketbook.gt/listings/construction-equipment/for-sale/227491493/2023-cat-d8>
- Melisa Fire Group. (2020). Obtenido de <https://melisam.com/origen-del-fuego/>
- Protecnic S.A.S. (mayo de 2018). Protécnica S.A.S. Centro de Entrenamiento Aeronáutico. Obtenido de <https://protecnic.edu.co/wp-content/uploads/2018/05/boletinmarzo2018-1.pdf>
- Publinews. (07 de febrero de 2021). Publinews. Obtenido de Marn apoya labores de Amsa ante incendio en vertedero: <https://www.publinews.gt/gt/noticias/2021/02/07/marn-apoya-amsa-incendio-vertedero.html>
- Sánchez, J. (2021). Guía para el Control de Incendios en Vertederos de Residuos Sólidos. México: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. Obtenido de https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/GUIA_PARA_EL_CONTROL_DE_INCENDIOS_EN_VERTEDEROS_DE_BASURA_CENAPRED_2021.pdf
- Valle, C. M. (1 de abril de 2022). Ojoconmipisto.com. Obtenido de <https://www.ojoconmipisto.com/municipalidades-gastaron-q590-mil-en-controlar-incendios-en-vertederos/>
- Waga Energy. (s.f.). Waga Energy. Obtenido de <https://waga-energy.com/es/saber-sobre-el-gas-de-vertedero/>



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



www.marn.gob.gt