

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO
EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ, COLÓN,
HONDURAS**

POR:

LUIS ALFREDO BLANCO MIGUEL

DIAGNÓSTICO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2016

**DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO
EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ, COLÓN,
HONDURAS**

POR:

LUIS ALFREDO BLANCO MIGUEL

FRANCISCO JAVIER MADINA. M.Sc
Asesor principal

**DIAGNÓSTICO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENSIÓN DEL TÍTULO
DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Departamento Académico de Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Nacional de Agricultura: **M. Sc. FRANCISCO JAVIER MEDINA**, **M. Sc. JUAN PABLO SUAZO**, **Ph. D. ELIO DURÓN ANDINO** Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **LUIS AFREDO BLANCO MIGUEL** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

“DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ, COLÓN, HONDURAS”

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los dos días del mes de junio del año dos mil dieciséis.



M. Sc. FRANCISCO JAVIER MEDINA
Consejero Principal



M. Sc. JUAN PABLO SUAZO
Examinador



Ph. D. ELIO DURÓN ANDINO
Examinador

DEDICATORIA

A **DIOS TODOPO DEROSO** por guiarme, darme salud, por estar a mi lado en todo momento de mi vida y darme fortaleza en este largo camino para mantener la lucha hasta el fin de mi carrera.

A mi Madre **Marta Miguel** por haber confiado en mí, por sus consejos y apoyo incondicional, porque me impulsa a ser cada día mejor, a usted debo lo que soy, te amo.

A mi Hija **Tiffany Blanco**, quien llegó a mi vida como una bendición por parte de Dios todo poderoso y desde entonces es mi razón para esforzarme alcanzar cada propósito de mi vida.

A mi pareja **Cristy Martínez** quien me acompañó en todo este largo camino y compartimos valiosos momentos llenos de alegrías, tristezas, amor y sobre todo mucho sacrificio.

A mis Hermanos **Jashua, Dafnny, Ivone, Keyli, Bairon**, y primos **Cristian, Kendy e Iveth** por estar siempre a mi apoyándome en todo.

A mis tías **Marcia Miguel** y **Azucena Núñez**, quienes desde siempre me han apoyado y formar parte fundamental a lo largo de mi vida educativa.

A mis familiares que me han brindado su apoyo en todo momento, que estuvieron conmigo cuando más los necesitaba.

A mi alma mater **Universidad Nacional de Agricultura**, donde he crecido personal y profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Primeramente a **Dios todo poderoso** por haberme guiado por el buen camino de la vida y que con su apoyo pude vencer grandes obstáculos en mis estudios y de mi vida.

A mi Madre **Marta Miguel**, a mis hermanos **Jashua, Keyli, Dafnny, Bairon e Ivon** por haberme brindado su apoyo, paciencia, comprensión y por su amor. Y a toda la demás familia que me apoyo.

A mis tías **Marcia Miguel, Azucena Núñez**, quienes son madres segundas para mí ya que han confiado en mí, me han acompañado y apoyado a lo largo de mi vida de formación profesional, cuando en ocasiones intente bajar la cabeza y no continuar.

A mi pareja **Cristy Martínez** por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas, por su amor, por su apoyo y por sus valiosos consejos.

A **Corporación Municipal de Santa Fe** bajo la coordinación del señor alcalde **ING. Noel Ruiz** por el valioso apoyo logístico y económico para poder ser posible la realización del trabajo final de investigación.

A mis compañeros asesores **M.Sc. Javier Medina, M.Sc. Juan Pablo Suazo y Ph.D. Elio Durón** por ser guías en mi camino de formación y haberme transmitido parte de su conocimiento. Se les aprecia y admira mucho

A mis amistades **Bivian Ramírez y Cecilio Arriola** quienes me aconsejaron, me brindaron apoyo moral y confianza siempre.

Blanco Miguel, LA. 2016. Diagnóstico para la implementación de un relleno sanitario en tres comunidades del municipio de Santa Fé, Colon, Honduras. Tesis Lic. En Manejo de Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 89p.

RESUMEN

El municipio de Santa Fé en respuesta a la necesidad de mantener la calidad ambiental y garantizarle a las futuras generaciones un ambiente seguro, está tomando la iniciativa en el manejo de los desechos sólidos generados en el proceso productivo y de vivienda. El presente estudio consistió en revisar las variables para poder determinar si es factible la implementación de un relleno sanitario que sirva a las comunidades de Santa Fé, San Antonio y Guadalupe pertenecientes al municipio. Para ello se hizo una evaluación completa del sitio, se realizó estudios de tipo de suelo en laboratorio y en campo, se realizó pruebas de infiltración al suelo, se hizo calicata para ver las condiciones del suelo y se les informo a los actores locales sobre el trabajo realizado lo cual se llevó a cabo mediante tres jornadas de socialización, una jornada por comunidad. Se encontró que el lugar cuenta con muy buenas condiciones de suelo y los actores locales están de acuerdo con que el proyecto se lleve a cabo ya que son conscientes de la necesidad que existe de darle un manejo correcto a los desechos en pro del buen manejo y la conservación del medio ambiente permitiendo al municipio de Santa Fé ser un ejemplo de organización y limpieza.

Palabras claves: Relleno Sanitario, Santa Fé, Implementación, Comunidades.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
LISTA DE FIGURA	ix
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.	2
2.2 Específicos.	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Causas del incremento de la producción de desechos	3
3.2 Tipos de residuos sólidos	4
3.3 Alternativas para el manejo de residuos sólidos	5
3.4 Definición de relleno sanitario	5
3.5 Beneficios del relleno sanitario	6
3.6 Impactos de la utilización de relleno sanitario	8
3.7 Requerimientos para ubicar un relleno sanitario	9
3.8 Uso final del sitio	11
IV. MATERIALES Y MÉTODO	12
4.1 Descripción del área de estudio.....	12
4.1.1 Localización geográfica	12
4.1.2 Clima	13
4.1.3 Topografía	13
4.1.4 Hidrografía	13
4.2 Materiales y Equipo	14

4.3 Método	14
4.3.1 Distancia a la población más cercana.....	14
4.3.2 Distancia de la granja más cercana.....	14
4.3.3 Distancia a pistas de aterrizaje o aeropuerto	14
4.3.4 Distancia a fuentes de agua superficial	14
4.3.5 Distancia con respecto a la comunidad de Santa Fé.....	14
4.3.6 Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal)	15
4.3.7 Uso actual del suelo y del área de influencia	15
4.3.8 Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano	15
4.3.9 Propiedad de Terreno	15
4.3.10 Vida útil del terreno en función del área del terreno	15
4.3.11 Topografía pendiente promedio del terreno	15
4.3.12 Barrera sanitaria natural	15
4.3.13 Posibilidad de material de cobertura	15
4.3.15 Dirección predominada del viento	16
4.3.16 Pasivo ambiental	16
4.3.17 Área natural protegida por el estado.....	16
4.3.18 Área con restos arqueológico	16
4.3.19 Vulnerabilidad por peligro geológico.....	16
4.3.20 Condiciones de suelo.....	16
4.4 Jornadas de Capacitación	16
4.5 Manual Operativo.....	17
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
5.1 La distancia a la población más cercana	18
5.2 Distancia de la crianza de animales más cercana	19
5.3 Distancia a fuentes de aguas superficiales	19
5.4 Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje.....	20
5.5 Vías de Acceso	20
5.6 Condiciones de suelo.....	20
5.7 Uso actual del suelo y del área de influencia.	21
5.8 Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano.....	21

5.9 Vida útil del terreno en función del área del terreno.....	22
5.10 Dirección del Viento	22
5.11 Tenencia de la tierra	23
5.12 Material de cobertura	23
5.13 Geología y topografía.....	23
5.14 Cuenta con barrera sanitaria natural	24
5.15 Permeabilidad de suelo.....	24
5.16 Área natural protegida por el estado.....	25
5.17 Área con restos arqueológicos.....	26
5.18 Vulnerabilidad del área a desastres por peligros geológicos.....	26
5.19 Pasivo Ambiental	26
5.20 Jornadas de capacitación	27
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	30
VIII. ANEXOS.....	32

LISTA DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Generación de residuos sólidos municipales en las cuatro principales ciudades de Honduras.....	3
Figura 2. Mapa de la ubicación del municipio de Santa Fé, Colón.....	12

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Rellenos Sanitarios en Honduras.....	6
Cuadro 2. Resultado del examen de tipo de suelo.....	21
Cuadro 3. Resultado de prueba de infiltración.....	25
Cuadro 4. Número aproximado de personal necesario para el manejo de un relleno sanitario.....	41
Cuadro 5. Parámetros a monitorear en la etapa pos clausura del relleno sanitario.....	69

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: cuadro de puntuación ponderado por parámetros de evaluación.....	32
Anexo 2. Resultado de la prueba de tipo de suelo realizado en laboratorio.....	35
Anexo 3. Capacitación a miembros del patronato de Santa Fé.....	36
Anexo 4. Capacitación a miembros a miembros del patronato de San Antonio.....	36
Anexo 5. Recolección de muestra de suelo para llevar a laboratorio.....	37
Anexo 6. Prueba de textura de suelo en campo.....	37
Anexo 7. En conversación y entrega de muestra de suelo con el Ph.D Carlos Gauggel jefe de laboratorio FHIA La Lima.....	38
Anexo 8. Realizando prueba de infiltración con la colaboración de técnico municipal y estudiantes de la escuela JFK.....	38
Anexo 9. Visualización del suelo mediante una calicata.....	39
Anexo 10. Entrada al actual basurero municipal.....	39
Anexo 11. Manual para la operación de un relleno sanitario.....	40

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico, el desarrollo tecnológico y los nuevos hábitos de consumo han incrementado la cantidad de basura producida, y a estos volúmenes se suma el tiempo que tarda la misma en descomponerse. Las grandes concentraciones rurales y urbanas son focos de producción de grandes cantidades de residuos, dificultando su tratamiento (SERNA, 2001)

En la búsqueda de soluciones a esta problemática enterrar la basura en sitios denominados rellenos sanitarios es una alternativa, pero estos también pueden convertirse en una fuente de contaminación del medio ambiente si no se diseña y operan correctamente. El tratamiento de los residuos por el método del relleno sanitario es considerado como una técnica de disposición final minimizando los perjuicios al medio ambiente y los peligros para la salud y seguridad pública. Para la selección del sitio donde se construirá un relleno sanitario se toma en cuenta muchas variables a cumplir las cuales se darán a conocer más adelante.

En las comunidades de Santa Fé, San Antonio y Guadalupe la disposición de los residuos sólidos y líquidos es una problemática dado al manejo inadecuado que se le da por parte de los habitantes. Por ende la alcaldía del municipio se ha tomado la atribución en poner esta problemática como una de sus prioridades a resolver y ha solicitado se realice un diagnóstico para ver la factibilidad de implementar un relleno sanitario para mitigar este fenómeno y como estrategia se propuso realizar el estudio en la comunidad de Santa Fé debido a que se, considera que es la comunidad que dispone de sitio más apegado a las normas requeridas para su implementación.

II. OBJETIVOS

2.1 General.

Elaborar un estudio de factibilidad técnica de un relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos y líquidos generados en el municipio de Santa Fé, Colón, Honduras.

2.2 Específicos.

Evaluar las variables en el campo tomando como lugar específico el sitio donde se pretende realizar el relleno sanitario del municipio de Santa Fé, Colón para evaluar si es factible.

Realizar tres jornadas de capacitación e información para los actores locales en las comunidades del municipio de Santa Fé acerca del relleno sanitario.

Crear un manual de operaciones que refleje las diferentes etapas de vida útil hasta su posterior cierre técnico.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Causas del incremento de la producción de desechos

La contaminación ambiental y los riesgos para la salud humana son problemas comunitarios que se deben en buena medida al manejo inadecuado de los residuos sólidos. Esta problemática mundial tiende agravarse dado que la población crece y consume más, por lo que se genera más residuos cada día. Los países latinoamericanos no son la excepción, pues sufren estos problemas urbanos y sociales que parecen no tener solución. Por tal motivo las municipalidades, empresas y organizaciones comunales deben participar activamente en la búsqueda de posibles soluciones que se adapten a cada comunidad. Esto es de vital importancia ya que la mayoría de países buscan afanosamente la protección del ambiente (CEPRONA, 2003).

Otras causas de incremento en la producción de desechos son: Ausencia de una política ambiental de responsabilidad por parte de los sectores productivos en la generación de residuos sólidos post consumo, la ausencia de un marco de apoyo a la introducción de tecnología limpias, (reducción de residuos en origen, minimización) habiéndose exigido hasta la fecha soluciones externas de manejo, la legislación y la reglamentación en cuanto al aprovechamiento, a pesar de los grandes esfuerzos son incompletas (Medina, 2002).

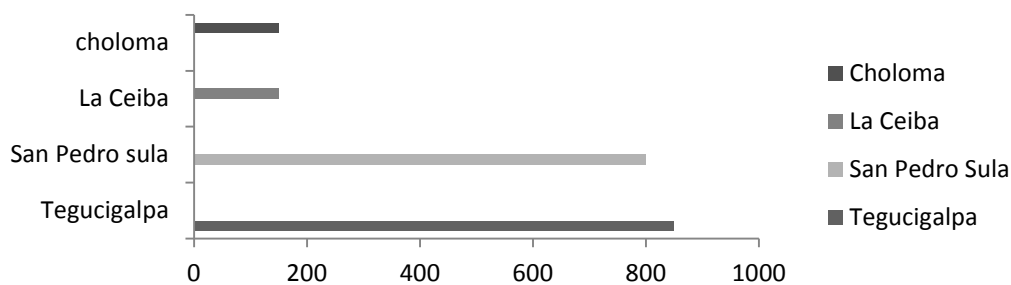


Figura 1: Generación de residuos sólidos municipales en las cuatro principales ciudades de Honduras.

3.2 Tipos de residuos sólidos

Los residuos sólidos según su origen pueden clasificarse en: materia orgánica como ser residuos de cocina o de alimentos, subproductos de plantas agrícolas, ramas de árboles, hojas y desperdicios de rastros, en papeles de oficina, libros folletos, periódicos, cajas, cartones y los compuestos de celulosa, todos estos son materiales reciclables. Otro es el plástico: incluye botellas, bolsas, lazos y todos los materiales compuestos de polietileno y PVC. Vidrio: botellas, platos y espejos. Metales: envases de aluminio. Otros: cartón encerado, papel plástico, papel fax, telas, zapatos y papel higiénico y combinaciones de metal con plástico (Avilés, 1998).

Residuos Peligrosos: Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuos Especiales: Residuos sólidos que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y, por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos salidos municipales (Paniagua, 2011).

3.3 Alternativas para el manejo de residuos sólidos

Existen varias alternativas para el manejo de los residuos sólidos, la elección que se utilizará en un asentamiento urbano, comunidad rural o gran ciudad dependerá de factores como disponibilidad de financiamiento para la operación, costo del terreno, aspectos legales del país y tecnologías existentes en la región. Entre las alternativas más comunes se mencionan: incineradores, depósitos al mar, entierros y relleno sanitario. De estas alternativas la que más se adapta a la capacidad tecnológica y económica de determinada región es el relleno sanitario, con la ventaja de ser la menos nociva para el medio ambiente (Aguilar, 2000).

El tratamiento de residuos sólidos especiales consiste en un proceso de transformación cuyo objetivo es reducir el volumen y disminuir la peligrosidad. Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos, emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos, que requerirán una gestión especial en función de sus características. En el momento de diseñar un sistema de tratamiento de residuos se debe evaluar el impacto ambiental de las diferentes alternativas, ya que en algunos casos se generan nuevos residuos o emisiones que pueden representar un importante riesgo para la salud o el ambiente (USAID, 2009).

3.4 Definición de relleno sanitario

El relleno sanitario es el método de deposición de residuos más completos y de menor costo siempre y cuando el terreno sea de bajo valor por estar ubicado relativamente fuera del perímetro de la comunidad y utilización de terrenos marginales. Así mismo el relleno sanitario es también uno de los métodos más antiguos de eliminación de residuos, sus orígenes se remontan a los tiempos bíblicos y en nuestro continente se comenzó a conocer cuando en los Estados Unidos se utilizaron hondonadas para rellenarlas con residuos. En los años cuarenta se difundió por todo (Trejo, 2005).

El relleno sanitario se define como la técnica de eliminación de residuos sólidos el cual consiste en esparcirlos, acomodarlos y compactarlos al volumen más práctico posible, cubriendo los residuos diariamente con tierra u otro material disponible, contando con drenaje de gases y líquidos lixiviados (SERNA, 2001).

Disposición Final	
Tipos de Disposición	Ciudad
Relleno sanitario Mecanizado	Puerto Cortes Comayagua Roatán Talanga
Cierre técnico y operación mejorada	La Ceiba Choloma Copan Ruinas
Relleno sanitario semi-mecanizado	Choluteca Sabana grande La Paz San Ignacio Villanueva
Botaderos controlados o Semi-Controlados	Santa Bárbara San Pedro Sula Tegucigalpa
Botaderos o tiraderos	284 municipios

Cuadro1: Rellenos Sanitarios en Honduras

3.5 Beneficios del relleno sanitario

Los siguientes beneficios del uso de los rellenos sanitario como método para la eliminación de los residuos sólidos (Mancheno, 1997).

- Reducción de la contaminación ambiental.

- Alarga la vida útil del terreno para el depósito de basuras.
- Se disminuye la proliferación de enfermedades por vectores.
- Se conserva la estética.
- Asegura la buena relación entre vecinos.
- Fuente de ejemplo de organización.
- Se evita la molestia por insectos.

El funcionamiento de un relleno debe apegarse a los más sólidos principios de ingeniería como diseño de drenajes, perforación de trincheras, rutas de acceso y compactación para garantizar su buen funcionamiento, estos se definen cada vez mejor. Un relleno sanitario manejado adecuadamente tendrá las siguientes ventajas (Rodríguez, 2005).

- Genera empleo a mano de obra no calificada.
- Recuperación de gas metano.
- Utilización de terrenos considerados marginales

Sin embargo, también pueden existir desventajas como éstas (Rodríguez, 2005):

- En áreas muy pobladas el terreno apropiado puede estar dentro de distancias no costeable para el transporte.
- Si no se opera adecuadamente se puede convertir en un tiradero a cielo abierto.
- La ubicación de rellenos cercanos a áreas residenciales puede tener fuerte oposición pública.
- Un relleno terminado tendrá asentamientos y requerirá mantenimiento periódico.
- Las construcciones permisibles sobre un terreno son limitadas debido a los gases generados y asentamientos del suelo.

3.6 Impactos de la utilización de relleno sanitario

Los suelos más susceptibles a contaminación son los que tienen bajo contenido de arcilla la cual crea la barrera impermeable en los horizontes inferiores. Al no existir esta capa de arcilla los contaminantes llegan a todos los demás estratos inferiores permitiendo que los lixiviados se muevan a través del agua. El correcto diseño y la buena operación de un relleno sanitario reducen la contaminación del aire, minimizando la liberación de gases. El daño que se puede ocasionar en las aguas subterráneas a causa de los lixiviados que se infiltran hacia las capas freáticas por la descomposición de los residuos es menor si en el relleno se implementa la impermeabilización de las trincheras de una manera correcta (Rodríguez, 2005).

Un punto que se debe considerar a fondo es que el relleno sea ubicado a una distancia considerable de fuentes de agua (150-300 m) de distancia. Los lixiviados son el resultado de la descomposición de los residuos sólidos, la cual es generada por la acción de los microorganismos. En la descomposición de los residuos se vaporiza agua, la cual con el cambio de temperatura se condensa y arrastra altos contenidos de contaminantes los cuales se infiltran en el suelo ocasionando problemas ambientales y contaminación del agua. Los métodos para controlar la contaminación del agua podrán aplicar estas tendencias: diluir y dispersar, concentrar y contener (Aguilar, 2000).

Los rangos óptimos de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) en los líquidos lixiviados debe estar entre 20,000 a 35,000 mg/l y la DQO (Demanda Química de Oxígeno) debe estar entre 900 a 90,000 mg/l, los cloruros de 300 a 3,000 mg/l y los nitratos de 10 a 1,000 mg/l. Todo esto con el objetivo de tener un relleno sanitario con manejo adecuado para asegurar la no contaminación de las aguas subterráneas. La producción de gases en los rellenos sanitarios se da por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos por lo que se recomienda recuperarlos y aprovecharlos: existen cuatro opciones para el uso del gas del relleno; recuperarlo y quemarlo en una chimenea en el sitio, usarlo para generar energía o calor, purificarlo eliminándole humedad e impurezas CO_2 y H_2S , venderlo como combustible de bajo calor (Jaramillo, 2001).

3.7 Requerimientos para ubicar un relleno sanitario

Para la selección de un sitio con el fin de crear un relleno sanitario como ya se ha venido hablando es necesario tomar en cuenta muchas variables esto requiere un trabajo minucioso de investigación de terrenos que sean potencialmente adecuados, es posible que hayan muchos lugares que cumplan con las características necesarias por lo que se deben clasificar teniendo en cuenta cada una de sus ventajas y desventajas realizando un orden de preferencia.

A continuación se describe cada uno de los aspectos técnicos considerados en la selección de un sitio para construir un relleno sanitario, estos parámetros están basados en las recomendaciones de varios organismos especializados como son: Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA 2001).

La vida útil del sitio: Deberá tener una extensión amplia, la cual tenga la capacidad de recibir residuos sólidos por un período no menor de 5 años. Es preferible que la vida útil del relleno sea mayor a 15 años, ya que entre mayor es el número de años de vida útil incrementa la factibilidad financiera del proyecto.

El material para la cobertura: Debe ser lo más autosuficiente posible en tierra para su cobertura como sea posible ya que si no se encuentra la cantidad adecuada de material en el sitio de relleno, se tendrá que asegurar su procedencia de otro lugar, por lo que se incrementarán los costos de manejo.

La topografía del sitio: el sitio con una pendiente no mayor al 18%. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto e inicio de cañadas, pequeñas vaguadas o depresiones naturales de cerros.

La vía de acceso: Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando, vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área a servir y bien comunicado por

carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

Los vientos dominantes: Son un parámetro muy importante por el problema que pueden generar los malos olores, por eso deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana con el fin de evitar posibles malos olores.

La factibilidad de compra y costo de terreno: Se tomará en cuenta una vez realizado todo el análisis técnico y la gestión de factibilidad de compra de la propiedad, por medio de los precios y valoración de los sitios.

La ubicación del sitio: Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio alejado de centros poblados, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se puede usar como área verde. Los parámetros que exigen los entes ambientales en cada país en cuanto a ubicación del relleno son que se encuentre alejado de poblados, fuentes de agua y vías de acceso.

La geología: Es un parámetro de mucha relevancia por lo que se debe realizar calicatas para conocer la textura que más predomina en los sitios de estudio. Los suelos sedimentarios con características areno - arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente. Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

La hidrogeología: Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos. Es importante realizar como mínimo un estudio o evaluación geohidrológico a nivel de reconocimiento para identificar la posibilidad de existencia de acuíferos sub-superficiales, la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, la dirección y la velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

La hidrología superficial: Permite conocer si los sitios seleccionados cumplen con los requerimientos de la SERNA que dice: los rellenos sanitarios deben de encontrarse de los a una distancia mínima de 150 m de ríos para evitar contaminación de aguas subterráneas. Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

La tenencia de la tierra: Este parámetro permite conocer los propietarios de los terrenos y conocer más a detalle sobre estos sitios. Es recomendable que un proyecto de relleno sanitario inicie solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento legal que lo autorice a construir las obras complementarias, estipulando también el periodo y la utilización futura u opciones.

3.8 Uso final del sitio

Como un segundo uso después del relleno, la construcción de parques y áreas de recreación como canchas, estacionamientos, jardines botánicos y otros. Cabe considerar que debido a la presencia de CO₂ en el suelo se desplaza el oxígeno y dificulta la respiración de las plantas (Aguilar2000).

El uso final del sitio puede ser para la construcción de canchas deportivas y áreas recreativas, no se recomienda la edificación de cualquier tipo, por la poca firmeza con la que cuenta el suelo debido a la disminución de su densidad, después de mezclarlo con residuos Según (Rodríguez 2005).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Localización geográfica

Santa Fé es un municipio del departamento de Colón, Honduras de acuerdo a la región de salud No.2 al de 2015, tiene una población de 7,637 habitantes. Su extensión territorial es de 210,3 km² que abarca 3 comunidades y 9 caseríos. Limita al Norte con el Mar Caribe; al Sur y al Este, municipio de Trujillo; y al Oeste, municipio de Balfate. Sus coordenadas geográficas centrales latitud 15°55'0.12 y longitud 86°4'59.88. (Figura 2)

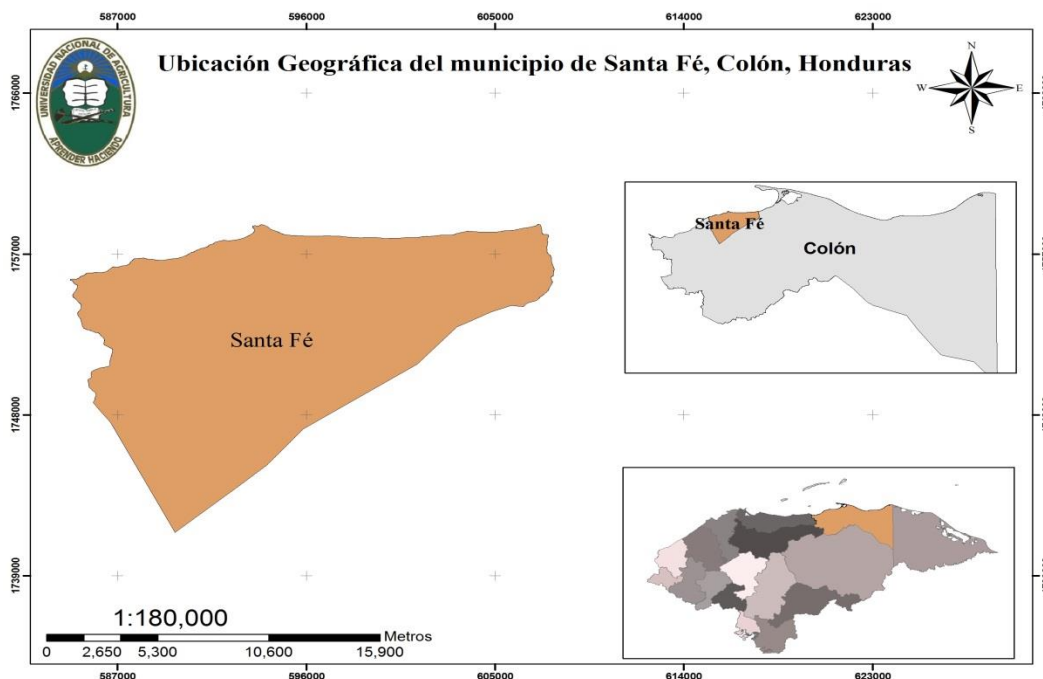


Figura 2: Mapa de ubicación del municipio de Santa Fe, Colón

4.1.2 Clima

El clima de Santa Fe corresponde al régimen muy lluvioso Tropical según Koppen. Existen variaciones climáticas de acuerdo a la elevación, ya que una parte del municipio está conformado por tierras de montaña y otra parte por tierras bajas y variaciones estacionales con temperaturas más bajas en los meses de Diciembre y Enero y más altas en los meses de Abril, Mayo y Junio. Se estima que la temperatura en Santa Fe oscila entre los 23°C hasta los 36°C con un promedio anual es de 28.4 °C, la humedad relativa es de 82%. Lo que confiere al municipio un clima caluroso y húmedo, propicio para realizar múltiples actividades productivas.

4.1.3 Topografía

La topografía del municipio de Santa Fe es irregular y montañosa. Al sur se encuentran las montañas más altas, llegando a 1200 m.s.n.m. en la Montaña La Guinea, y que descienden gradualmente en dirección del río del mismo nombre hacia el norte del municipio, hasta llegar a la costa del Mar Caribe.

4.1.4 Hidrografía

En el municipio de Santa Fe se encuentran ubicados los Ríos Mármol, Guinea y Betulia, toda la red hídrica drena a través de pequeños ríos, riachuelos y quebradas directamente a estos ríos, los cuales desarrollan un recorrido corto desde su nacimiento hasta su desembocadura final en el Mar Caribe.

4.2 Materiales y Equipo

Para realizar la investigación se utilizaron los materiales los siguientes materiales y equipo: Reloj Cronometro, Computadora, Proyector(Data Show), GPS, Cámara Fotográfica, impresora, hoja de calificación, Pala, Bolígrafo, Tablero, Software Excel y con la ayuda de ArGis, entre otros.

4.3 Método

Las variables a estudiar fueron evaluadas usando un Cuadro de Puntaje Ponderado por Parámetro de Evaluación (adjunto a anexos).

4.3.1 Distancia a la población más cercana se calculó con GPS haciendo el recorrido desde la última casa de la comunidad de Santa Fe hasta el sitio donde será el Relleno Sanitario.

4.3.2 Distancia de la granja más cercana se hizo el recorrido desde la última granja de cría de animales hasta llegar al sitio estudiado.

4.3.3 Distancia a pistas de aterrizaje o aeropuerto se realizó calculando la distancia con un GPS haciendo el recorrido desde la pista de aterrizaje más cerca (Cristopher Columbus) hasta el sitio de estudio.

4.3.4 Distancia a fuentes de agua superficial se realizó a través de la observación para posteriormente hacer un estimado.

4.3.5 Distancia con respecto a la comunidad de Santa Fé con un GPS se hizo un recorrido del lugar de estudio hasta la comunidad de Santa Fé

4.3.6 Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal) se observó que el sitio estuviera bien comunicado por carretera, o bien, con camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

4.3.7 Uso actual del suelo y del área de influencia esta variable fue determinada mediante la observación en el sitio de estudio.

4.3.8 Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano se determinó en una reunión con el alcalde municipal mediante consulta acerca de los planes que existen para el desarrollo del municipio

4.3.9 Propiedad de Terreno se consultó con las autoridades municipales para poder determinar esta variable.

4.3.10 Vida útil del terreno en función del área del terreno se midió con cinta métrica el lugar donde se pretenden realizar las celdas en el sitio de estudio y se realizó un estimado.

4.3.11 Topografía pendiente promedio del terreno se estimó mediante la observación al terreno dado que es ligeramente plano no se ocupó ningún aparato de medición.

4.3.12 Barrera sanitaria natural esta variable se determinó mediante la observación en el lugar de trabajo observando si existían arboles alrededor del sitio.

4.3.13 Posibilidad de material de cobertura se realizó un recorrido de observación en el sitio de estudio y así se determinó la abundancia de material para la cobertura.

4.3.14 Permeabilidad de suelo se hizo mediante la prueba de velocidad de infiltración de agua en el suelo se determinó en el campo usando una regla y un tubo de 15 cm para poder categorizar el tipo de infiltración en: muy ligera, ligera, baja, lenta y muy lenta.

4.3.15 Dirección predominada del viento se monitorio la dirección del viento en el sitio de estudio por varias semanas para poder determinar esta variable.

4.3.16 Pasivo ambiental esta variable fue determinada mediante la observación.

4.3.17 Área natural protegida por el estado para determinar esta variable se tomó un punto con GPS en el sitio de estudio y otro punto en el área natural y de esa manera se pudo obtener la distancia.

4.3.18 Área con restos arqueológico con un GPS se tomó la distancia desde el museo de arqueología más cercano hasta el sitio de estudio

4.3.19 Vulnerabilidad por peligro geológico se realizó un análisis acerca del lugar de estudio y se observó que el suelo no estuviera agrietado.

4.3.20 Condiciones de suelo se hizo una calicata en el sitio para ver los diferentes horizontes del suelo y al tacto se consideró la textura del suelo. Y se realizó un análisis de suelo en el laboratorio de para la textura en la FHIA ubicado en la lima y así se pudo tener una mayor certeza de lo realizado al tacto en el campo.

4.4 Jornadas de Capacitación

Se realizó tres jornadas de capacitación e información para los actores locales en las comunidades de Santa Fé, San Antonio y Guadalupe. Las cuáles son las más cercanas al sitio donde se pretende implementar el relleno, se hizo una jornada por comunidad con una duración de 2 a 4 horas en la cual se les informo sobre el trabajo que se estuvo realizando y se capacitaron en temáticas referentes al relleno sanitario. Esta jornada fue de vital ya que ayudo a concretar el segundo objetivo específico la parte de **opinión, creencias, aptitud, participación**, lo cual fueron variables a medir.

4.5 Manual Operativo

Se hizo una recopilación de información de otras experiencias de trabajo para presentar las recomendaciones de operación, mantenimiento y puesta en marcha para el buen funcionamiento del relleno sanitario, a través de un manual de operaciones que refleje las diferentes etapas de su vida útil hasta su posterior cierre.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 La distancia a la población más cercana

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio alejado de centros poblados, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se puede usar como área verde. Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano al centro urbano al cual va servir por razón del menor costo en la operación del transporte de residuos, sin embargo 1 Km es la menor distancia límite que debe existir entre la población del centro poblado más cercano, de acuerdo al Reglamento de la ley general de residuos sólidos. Por excepción y de acuerdo a lo que establezca el respectivo estudio de impacto ambiental (EIA), la Secretaria de Recursos Naturales Ambiental y Minas SERNA Mi Ambiente podrá autorizar distancias menores o exigir distancias mayores, sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población, que pueda generar el relleno sanitario

Se calculó con GPS haciendo el recorrido desde la última casa de la comunidad de Santa Fe hasta el sitio donde se tiene previsto la implementación el relleno sanitario. En el cual se obtuvo una distancia de 458 metros, esta medida dentro de las normas se torna poco recomendable pero en ese caso se consideró un caso especial ya que el crematorio está rodeado por montañas con mucha vegetación las cuales de cierta manera impiden la contaminación a las poblaciones más cercanas al sitio de estudio.

5.2 Distancia de la crianza de animales más cercana

Para la ubicación de un relleno sanitario debe estar a distancia considerable para evitar la contaminación y enfermedad de los animales por la propagación de los malos olores dispersados en ocasiones por la operación del relleno sanitario de igual manera se puede evitar que los animales lleguen al sitio de disposición final a generar cualquier tipo de desastre. Usando un GPS se realizó el recorrido desde la última granja de cría de animales hasta llegar al sitio de estudio, se encontró que ambos lugares están a una distancia de 268 metros por ende esta distancia repercutió en la puntuación que se le asignó ya que se considera cercana al sitio.

5.3 Distancia a fuentes de aguas superficiales

Un punto que se debe considerar a fondo es que el relleno sea ubicado a una distancia considerable de fuentes de agua (150-300 m) de distancia. Cerca del sitio de estudio a unos 50 metros del lugar donde específicamente se piensa realizar la obra del relleno sanitario se encontró que pasa una quebrada la cual suele secarse una parte del año esto vino a repercutir en la puntuación como algo negativo ya que se encuentra muy cerca del lugar, pero al mismo tiempo cuenta con la ventaja que en el lugar pueden realizarse obras de mitigación y de esta manera se cree que reducir o eliminar lo que podría llegar a causar contaminación a la fuente de agua superficial.

5.4 Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje

El relleno sanitario no deberá estar ubicado a una distancia menor de 3,000 m de los límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje. Esta variable se calculó haciendo un recorrido desde el aeropuerto Christopher Columbus hasta el sitio de estudio, la distancia se midió usando GPS y se encontró que hay una distancia de 12 km lo cual es una distancia moderada por ende se le asignó una puntuación favorable en el cuadro de puntuación ponderada.

5.5 Vías de Acceso

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año. Las malas condiciones en la infraestructura vial pueden ocasionar graves pérdidas, ya que retarda el proceso de recolección de residuos sólidos y se dañan los automóviles, estos problemas a corto plazo incrementan los costos totales del relleno sanitario. El sitio estudiado cuenta con vía de acceso bastante favorable por lo cual su calificación en este parámetro es relativamente buena. Una de las limitantes con la que cuentan este sitio es que solo poseen una vía de ingreso, lo cual podría llegar a causar dificultad en el tráfico vehicular.

5.6 Condiciones de suelo

Para revisar las condiciones del suelo se realizó una calicata en el sitio de estudio y prueba de textura en campo la cual dio como resultó una textura franco arcillo limosa, luego para asegurar que los resultados en obtenidos en campo fueran los correctos se llevó muestra de suelo al laboratorio FHIA de la lima y de esa manera se obtuvo que el suelo en el basurero

municipal corresponde al tipo Franco Arcillo Arenoso mismo resultado que se obtuvo en la práctica en campo.

Cuadro 2: resultados del examen de Tipo de suelo

Muestreo No.	Distribución Porcentual			
	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
1	64.8	12.4	22.8	Franco Arcillo Arenoso

5.7 Uso actual del suelo y del área de influencia.

En la actualidad el suelo es del área de influencia es de uso Eriazo (suelo sin cultivar) debido a que se está utilizando el terreno como el botadero de basura municipal a cielo abierto, de allí deriva el interés de convertirlo en un relleno sanitario para evitar la continua contaminación del ambiente, cabe mencionar que el tipo de suelo cumple con las Condiciones para un relleno y por eso se le asigno en el cuadro de puntuación ponderada una puntuación favorable.

5.8 Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano.

De igual manera la ubicación de una infraestructura de disposición final va de acorde a la proyección de expansión de la población, así como también es compatible con el uso de suelos, está contemplado en el Plan de desarrollo municipal, debido a que este proyecto vendría a contribuir de gran manera para mantener limpia las playas y las comunidades totalmente, algo que producirá un impacto positivo en el municipio, el cual está contemplado dentro de las metas del gobierno municipal.

5.9 Vida útil del terreno en función del área del terreno.

La capacidad del área debe ser suficientemente grande para permitir su utilización durante un periodo igual o mayor de cinco (5) años, a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación, instalación y las obras de infraestructura. Mediante la observación se pudo determinar que la vida útil del terreno es de 15 años debido a que el terreno cuenta con suficiente área para poder enterrar los residuos recolectados en las tres comunidades respectivas.

5.10 Dirección del Viento

Por medio de análisis de datos históricos y presencia en campo se determinó que la orientación del viento con mayor predominio es del Norte hacia el Sur o del Este a Oeste, ya que culturalmente se maneja que rara vez sopla de Oeste a Este lo cual se conoce como Ñabùgieti (viento abajo) y cuando esto sucede se le relaciona a la aproximación de lluvias o mal tiempo.

Las comunidades de Santa Fé, San Antonio y Guadalupe se encuentran ubicadas con orientación al Norte, las cuales se encuentran a distancias consideradas del sitio de estudio. Estos poblados no serán afectados por la dispersión de malos olores a causa del viento. Gracias a que los habitantes de los poblados ubicados al noreste que son Corozalta, Cunda y Campamento se encuentran a una distancia bastante considerada no podrían visualizarse como afectados por propagación de malos olores una vez que se encuentre en operación el relleno sanitario.

5.11 Tenencia de la tierra

Se toma en cuenta una vez realizado todo el análisis técnico y la gestión de factibilidad de compra de la propiedad, por medio de los precios y valoración de los sitios. El terreno que se evaluó para ubicar el futuro relleno sanitario del Municipio de Santa Fé según la información obtenida por parte de las autoridades y técnicos municipales es propiedad de la municipalidad por lo cual si cumple con la variable establecido y por ende se le asignó una puntuación favorable en el cuadro de puntaje ponderado.

5.12 Material de cobertura

La cantidad de material de cobertura disponible en el sitio estudiado es suficiente, el terreno cumple con este requerimiento ya que se pudo observar la gran cantidad de material de cobertura disponible que posee el terreno y esta poder ser aprovechada durante la vida útil del relleno sanitario sin necesidad de ir a buscar en otro sitio que a su vez impliquen costos adicionales para la entidad encargada del proyecto, lo cual es sumamente favorable ya que ayuda a disminuir costos en gran escala. El material de textura arcillosa es más adecuado para este tipo de obras.

5.13 Geología y topografía

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea.

Los suelos sedimentarios con características areno-arcillosas son las más recomendables ya que son suelos poco permeables. Por lo cual la infiltración del líquido contaminante se reduce sustancialmente. Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

El sitio de estudio posee buena geología ya que el tipo de suelo que se encontró en el lugar podrá ser manejable por las maquinarias de trabajo en toda época del año. En el parámetro de la topografía se encontró que la pendiente del terreno oscila en un rango de 0 a 7% ya que el terreno es ligeramente plana por lo que no se ocupó realizar algún método de estimación de la pendiente y esto llevo a que se le asignara una buena puntuación en el cuadro de puntuación.

5.14 Cuenta con barrera sanitaria natural.

Mediante el estudio realizado en el sitio se pudo observar que el terreno cuenta con muy buena barrera sanitaria en su entorno ya que está rodeado de diversidad de árboles que en su mayoría son frutales y forestales los cuales vienen a contribuir grandemente para tomar ventaja y poder tener buena puntuación en el cuadro de puntuación para el diagnóstico realizado.

5.15 Permeabilidad de suelo.

Con el objeto de evitar la fuga de lixiviados al subsuelo y por ende la contaminación de los suelos, se realizó una prueba sencilla de infiltración. Después de un análisis detallado de los datos obtenidos se pudo calcular el valor para la permeabilidad, se tomó en cuenta la cantidad de agua infiltrada en un periodo determinado de tiempo (32 minutos) en los cuales se realizaron 12 observaciones midiendo la cantidad infiltrada cada 3 minutos (cuadro 3).

Cuadro 3: Resultados de la prueba de infiltración

9.57 am	10 cm
10:00 am	9.5 cm
10:03 am	9.3 cm
10:06 am	9.3 cm
10:09 am	8.8 cm
10:12 am	8.7 cm
10:15 am	8.7 cm
10:18 am	8.7 cm
10:21 am	8.3 cm
10:24 am	8.3 cm
10:27 am	8.3 cm
10:30 am	8.2 cm

Por lo tanto se consideró que el suelo cuenta con buena permeabilidad ya que en 32 minutos únicamente se logró infiltrar 1.8 cm de agua el cual nos indica que la permeabilidad es moderada y comprueba que el terreno cuenta con nivel de infiltración aceptable.

5.16 Área natural protegida por el estado.

Se encontró que las áreas protegidas más próximo al sitio de estudio fueron parque nacional Capiro y Calentura a una distancia de 16 km y laguna de Guaimoreto a 14 km las cuales están ubicado en el municipio, desde la zona de estudio hasta el área natural protegida por el estado se determinó que hay muy buena distancia por lo no serán perjudicas en lo mínimo, por ende se le asignó una buena puntuación en el cuadro de puntuación.

5.17 Área con restos arqueológicos.

Cercano al área de estudio no se encuentran restos arqueológicos, lo cual viene a favorecer en gran manera la puntuación en el cuadro de puntaje ponderado ya que estas no serán afectadas por la construcción ni el funcionamiento del relleno sanitario. En el municipio de Trujillo se encuentra el museo arqueológico y la fortaleza de Santa Bárbara.

5.18 Vulnerabilidad del área a desastres por peligros geológicos

Es importante definir si el terreno es vulnerable a desastres naturales, de ser así los rellenos sanitarios no deberán ubicarse en estas áreas. El sitio de estudio es un lugar muy despejado y según lo observado no tiene facilidades a que surjan deslizamientos de las construcciones que allí se puedan realizar, pese a que el sitio está rodeado de montañas cuenta con la ventaja que hay suficientes árboles que sirven para sostener el suelo que pueda llegar a ser erosionado.

5.19 Pasivo Ambiental

El sitio estudio no cuenta con pasivo ambiental debido a que los desechos que se arrojan en el actual botadero municipal en su mayoría son desechos domésticos y algunos textiles lo cual se convierte en una gran ventaja ya que no cuenta con liberación de materiales, residuos extraños o aleatorios que en su momento fueron remediados oportunamente y sigan causando efectos negativos en el ambiente.

5.20 Jornadas de capacitación

En las jornadas de capacitación e información realizadas para los principales actores locales de las tres diferentes comunidades como ser el patronato de Santa Fé, San Antonio y Guadalupe, pudo ser notable la conformidad por parte de las personas que asistieron a las reuniones que se llevaron a cabo, en las cuales se expresó por parte de los actores locales la necesidad de la implementación del relleno sanitario en el municipio, ya que se cree este proyecto de ser posible su construcción vendrá a contribuir de gran manera para el desarrollo del municipio (Anexos 3 y 4).

En la capacitación se aclararon muchas dudas ya que los capacitados no tenían el conocimiento claro acerca de lo que en realidad es un relleno sanitario, los beneficios que estos ofrecen para el buen manejo de los recursos naturales y el valor que este tiene ya que se proyecta por parte de la corporación municipal que con la construcción del centro regional de la UNA en este municipio la población tendrá un crecimiento notable lo cual vendrá a aumentar la cantidad de desechos del municipio de Santa Fé.

Entre los aspectos más fundamentales enfocados en la capacitación fueron explicar sobre el manejo relleno sanitario, los criterios que se deben cumplir para implementación y la importancia del manejo de los residuos sólidos. También los actores locales quedaron encargados de ser porta voces de los temas tratados en la capacitación al resto de los habitantes de las diferentes comunidades con las que se trabajó con el objetivo de consensuar y difundir la información para que las personas tengan conocimiento del tema si en un futuro se llegase a concretar y a ejecutar el proyecto.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado, el sitio si cumple con las normativas requeridas para la implementación del relleno sanitario dado que en la tabla de puntuación ponderada dio un total de 144 puntos lo cual es una calificación buena según la escala de calificación.

Mediante la participación de los actores locales en las capacitaciones se pudo conocer la opinión y la aptitud de las personas capacitadas hacia la implementación del relleno sanitario en el municipio.

Existe una desventaja relativa a la futura ubicación del relleno sanitario debido a que le faltan dos metros para cumplir con la norma mínima exigida por la SERNA para esta variable, pero debido a que el sitio se encuentra rodeado de montañas esto hace que sea aceptable ya que lo que se pretende evitar es la contaminación a las comunidades cercanas a causa de los olores dispersados por medio del viento.

El manual realizado para el manejo del relleno sanitario será de gran ayuda para los lectores y personas encargadas del manejo del proyecto ya que cuenta con información e instrucciones de suma importancia para el debido manejo del proyecto y evitar que de ser posible su realización pase de un relleno sanitario a un botadero a cielo abierto.

La mejor alternativa entre los métodos que existen para realizarlos en un relleno sanitario en el sitio de estudio es el de trincheras debido a que este método permite una mejor organización y ahorro de espacio.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la corporación municipal gestionar fondos con las organizaciones competentes para la realización y ejecución del proyecto ya que será de suma importancia para el desarrollo del municipio.

Se recomienda darle seguimiento al estudio realizado ya que se considera que es de suma importancia para la conservación del medio ambiente.

Se recomienda a los actores locales compartir y difundir la información brindada en las capacitaciones para que el resto de los habitantes de las tres comunidades con que se trabajó tengan conocimiento de la importancia, ventajas y desventajas que un relleno sanitario tiene.

Se le recomienda a las autoridades municipales la capacitación de los empleados previo al inicio de la operación del relleno sanitario para que puedan darse cuenta de los riesgos que se corre al ser operador en estos sitios.

De llevarse a cabo el proyecto del relleno sanitario se recomienda a los habitantes de la comunidad de Santa Fé no seguir poblando en las cercanías del relleno debido a que el lugar no cumple con la normativa establecida para la distancia.

Se recomienda al momento de llevar a cabo el proyecto realizar obras de mitigación para los lixiviados en el terreno debido a que la fuente de agua superficial está muy cerca del sitio de estudio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, M.2000. La basura; manual para el reciclamiento urbano. ed. Trillas, Mx, D.F., 61p.

CEPRONA, 2003. Gestión Integral de los residuos. (En línea).Consultado 13 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.ceprona.org/organizacion/gestion-de-residuos.php>

INE, 2001. Censo Nacional de población y de vivienda Honduras. (En línea). Consultado 15 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.ine-hn.org/censo2001/indexcenso2001.html>

Instituto Nacional de Ecología, 1999. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Distrito Federal de México, Mx., 235 p.

Instituto Nacional de Ecología, 2001. Elementos para el manejo local adecuado de los residuos sólidos. Gaceta Ecológica. 47p.

Jaramillo, L. 2001. Residuos sólidos municipales, guía para la construcción, diseño y operación de los rellenos sanitarios manuales. ed. Cooperación técnica Española, Barcelona, España., 211p.

Mancheno, J. 1997. Estudio de costos beneficio del relleno sanitario de la Escuela Agrícola Panamericana. Folleto. Escuela Agrícola Panamericana. 23 p.

Méndez, R; Cachón, E., Sauri, M 2002. Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. Ingeniería revista académica. Vol. 6. 38p.

Medina, B, 2002. Revista de la facultad de ingeniería, Granada, España, 139 p.

Mora, R; Vargas, A. 2001. Características geotécnicas e hidrogeológicas de sitios propuestos como rellenos sanitarios en Costa Rica. Revista geológica de América Central. 76 p.

Paniagua, et. AlGiraldo, Castro 2011, Manual para el manejo de residuos sólidos, Envigado, Colombia. 5p.

Rittenhouse, G. 2003. Caracterización física de sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario de Zamorano. Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 41 p.

Röben, E. 2002. Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. Loja, Ec., 151 p.

Rodríguez, J. 2005. Relleno sanitario manual de la Escuela Agrícola Panamericana. [Informe]. Tegucigalpa, Hn., OPS/OMS. 37 p.

SERNA, 2001. Reglamento para el manejo de residuos sólidos. ed. Digrafixs. Tegucigalpa, Honduras. 54 p.

Tchobanoglous, 1982. Desechos sólidos Principios de ingeniería y administración. Mérida, Ven., 209 p.

Trejo, R. 2005. Procesamiento de la basura urbana. Ed. Trillas. Barcelona, España. 283p.

USAID, 2009 Manual para la gestión integral de residuos sólidos Tegucigalpa, Honduras 46 p

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de Puntaje ponderado por parámetro de evaluación

Ítem	Parámetro	Valores límites de Referencia y puntaje	Puntaje Máximo	Importancia del Indicador	Puntaje Máximo Ponderado	Puntaje Máximo del componente
1.1	Distancia a la población más Cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	-1	2	-2	144
1.2	Distancia a Granjas Crianza de Animales (m)	> 1000 (1) , < 1000 (-1)	-1	2	-2	
1.3	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje(km)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)	1	3	3	
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2) , >300 m de río principal (1) , < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	-1	4	-4	
1.5	Distancia con respecto a la comunidad de Santa Fé(km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	4	8	
1.6	Accesibilidad al Área (Distancia a vía de acceso principal)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	6	12	
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo seco (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	4	24	
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	6	6	
1.9	Propiedad de Terreno	saneado (1) no saneado (-1)	1	5	5	
1.10	Vida útil del terreno en	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	

	función del área del terreno					
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	4	4	16	
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	6	12	
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	9	18	
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)				
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10 ⁻⁶ (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10 ⁻⁶ (-1)	1	5	5	
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	7	7	
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	4	4	
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	4	4	
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	3	15	45	144
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	19	54	
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	13	13	
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	13	13	
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	11	22	

Escala de calificación para el puntaje ponderado final

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 56	MALO o Terreno No aceptable o de opción Marginal.
57 -105	REGULAR o terreno moderadamente aceptable
106 -153	BUENO o Terreno aceptable.
154 - 200	MUY BUENO o Terreno aceptable de Primera Opción

El cuadro de puntaje ponderado por parámetro de evaluación es la base tomar la decisión acerca de si puede ser factible la implementación del relleno sanitario o no, el cuadro consiste en la asignación de puntos del 1 al 10 en los parámetros técnicos y del 1 al 20 en los parámetros sociales. la calificación va desde malo hasta muy bueno, la máxima puntuación que debe alcanzar en la calificación es de 200 puntos lo cual indica que el terreno está en las mejores condiciones.

Luego sumar los puntos asignados al sitio de estudio dio como resultado 144 puntos lo cual nos indica que se encuentra con la calificación de bueno por lo consiguiente es factible implementación según la escala de calificación para puntaje ponderado final.



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

CODIGO: RT-41
 Versión No. 2
 Pág. 1/1

Laboratorio Químico Agrícola
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Cliente: Luis Alfredo Blanco	Muestra No.: 0014
Dirección: UNA, Catacamas, Olancho	Fecha de Ingreso: 2016/01/12
Contacto: Sr. Luis Alfredo Blanco	Fecha de Ejecución del Análisis: 2016/01/12-2016/01/15
Entregada Por: Sr. Luis Alfredo Blanco	Solicitud #: 37930
Mtra. Recolectada Por: El Cliente	Factura #: 01309
Matriz: Suelo	Informe: Lqa #013/16
Condiciones de recepción de mtra: Cantidad suficiente, conservada a temperatura ambiente y en un envase adecuado suministrado por el cliente.	
Identificación: Muestreado por: Luis Alfredo Blanco, Lugar de muestreo: Basurero Principal de Santa Fé.	Fecha de Emisión de Informe: 2016, Enero 18

Lab. No.	Distribución Porcentual			Clase Textural	Método
	Arena %	Limo %	Arcilla %		
0014	64.8	12.4	22.8	Franco Arcillo Arenoso	Bouyoucos

-----U.L-----

Carlos Gauggel
 Carlos Gauggel, Ph. D.
 Jefe Lab. Químico Agrícola



ma/Sol.37930/textura/lqa013/16

Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente al Laboratorio Químico Agrícola de la FfIA.
 Este informe de Resultados de Ensayo no se puede reutilizar, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Jefe Laboratorio Agrícola de la FfIA.

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.
 Tels. PBX: (504) 2668-2470, 2668-2827, 2668-2864, Fax: (504) 2668-2313
 Correo electrónico: fhia@fhia-hn.org
 La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
 www.fhia.org.hn

Anexo2. Resultado de la prueba de tipo de suelo realizada en laboratorio

Anexo 3. Capacitación a miembros del patronato de la comunidad de Santa Fé.



Anexo 4. Capacitación a miembros del patronato de la comunidad de San Antonio.



Anexo 5. Recolección de las muestras de suelo para llevar a laboratorio.



Anexo 6: Prueba de textura de suelo en campo



Anexo 7: en conversación y entrega de muestras de suelo con el Ph.D Carlos Gauggel jefe de laboratorio FHIA la lima



Anexo 8: realizando prueba de infiltración con la colaboración de técnico municipal y estudiantes de la escuela JFK



Anexo 9. Visualización del suelo mediante la calicata



Anexo 10. Entrada al actual Basurero municipal

Anexo 11. MANUAL PARA LA OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

11.1 Operación Y Mantenimiento Del Relleno Sanitario

11.1.1 Recursos Técnicos y Humanos.

Los siguientes criterios determinan la cantidad y las características del personal necesario para la Operación y Mantenimiento de un relleno sanitario, sea este manual o mecanizado:

- Cantidad diaria de desechos descargados
- El tipo de los desechos (domiciliarios clasificados o no, peligrosos o no, etc.)
- Disponibilidad y material de cobertura
- Condiciones del clima
- Rendimiento de los trabajadores.
- Maquinaria, equipos y herramientas con las que se cuenta.

9.1.2 Calculo del Personal Necesario

Cuadro 4: Número Aproximado de Personal Necesario para el Manejo de un Relleno Sanitario

Personal Requerido		Relleno con Compactación Mecanizada		Personal para Relleno Manual
		Personal para Relleno Mediano	Personal para Relleno Grande	
Jefe de Relleno Sanitario		1	1	0
Ayudante del Jefe de relleno		0	1	0
Técnico de laboratorio o químico		0	1	0
Chofer de Maquinaria pesada (tractor, oruga, pala, retroexcavadora)		2	3	0
Mecánico para reparación de maquinaria pesada.		1	1	0
Responsable de balanza y portería		1	2	1
Obreros para el relleno	Colocado, compactado y cubierta de residuos	3	6	8
	Construcción de chimeneas			
	Limpieza de canales y drenaje			
	Mantenimiento de planta de tratamiento de lixiviados			
Total de Personal		8	16	9

11.1.3 Procedimiento Y Operación

11.1.3.1 Procedimientos De Disposición De Residuos

Un relleno sanitario localizado y diseñado cuidadosamente puede convertirse en un tiradero a cielo abierto, si no es adecuadamente operado. Cada instalación destinada para relleno sanitario tiene características únicas que solo pueden ser aprendidas mediante el conocimiento, la experiencia y el continuo entrenamiento.

La operación y el mantenimiento adecuado de un relleno sanitario es necesario para:

- Evitar que el relleno sanitario se convierta en un tiradero a cielo abierto.
- Minimizar o eliminar los impactos hacia las propiedades adyacentes.
- Reducir los costos de operación (a largo plazo).
- Reducir los conflictos con las instancias reguladoras o normativas.
- Reducir accidentes, demandas e indemnizaciones.
- Demostrar la capacidad operativa.
- Satisfacer las necesidades de disposición final de residuos sólidos de la región.

11.1.2.2 Revisión del Plan de Relleno

Como punto de partida, se puede decir que cualquier relleno sanitario bien manejado debe contar con un plan de operación y desarrollo futuro. Esos planes definirán de manera clara y precisa, cómo se desarrollará un proyecto de relleno sanitario, abarcando desde la fase de construcción de la primer celda de residuos sólidos hasta la fase de la clausura final del sitio.

El plan de operación que normalmente se prepara dentro del proyecto de diseño, es un elemento básico para utilizarse como una primera fuente de información, sobre los aspectos técnicos del relleno y las actividades que se realizarán para su adecuada operación.

Considerando que la mayoría de los rellenos sanitarios que se proyectan en nuestro país, tienen una vida útil relativamente grande (generalmente más de 10 años), es necesario que el personal consulte regularmente el plan de operación, con la finalidad de que el responsable del relleno sanitario, tenga la plena certeza que las operaciones y el desarrollo del sistema se están realizando, conforme a las especificaciones establecidas en el mediano y largo plazo, o en todo caso, servirá para identificar el momento oportuno para modificar o adecuar los procedimientos de operación vigentes, principalmente pensando en los cambios que se requerirán conforme a las nuevas disposiciones legales que se promulguen.

11.1.2.3 Horario de Operación.

Típicamente el horario de operación del relleno sanitario, será impuesto por el programa de recolección. Es posible, sin embargo que las prácticas de la recolección se acomoden a la operación del sitio. Generalmente los sitios de disposición final son abiertos de las 6 a.m. a las 6 p.m. Las horas de operación deben tomar en consideración las condiciones de tráfico local.

El horario de operación puede ser modificado, basándose en la cantidad de residuos sólidos por recibir durante una determinada época. Si el sitio no funciona durante las 24 horas del día, las básculas dejarán de operar temprano, de manera paulatina, para alcanzar a cubrir los residuos sólidos y limpiar. Es recomendable colocar contenedores en la entrada del acceso al relleno, para la recepción de pequeñas cantidades de residuos sólidos después de las horas de operación.

Es necesario que el personal llegue a las instalaciones temprano para preparar el equipo y el área de trabajo en donde se recibirán oportunamente a los vehículos recolectores. Algunos de las actividades importantes que hay que realizar para ello son : la reubicación de las mallas móviles para el control de materiales ligeros, mantenimiento preventivo del equipo , carga de combustible, preparación de las áreas de descarga y limpieza de los caminos internos.

11.1.2.4 Control de Acceso y Operación de Báscula.

La caseta de control y el área de pesaje representan la primera fase de las operaciones del relleno sanitario y constituye el principal control para:

- Detectar residuos sólidos prohibidos.
- Localizar irregularidades en los vehículos.
- Dirigir los vehículos al área adecuada.
- Comunicarse con el conductor.
- Registrar la entrada de los vehículos.

Es indispensable que los rellenos sanitarios cuenten con un sistema de pesaje, dado que se debe conocer la cantidad de residuos sólidos que ingresan, con el fin de establecer parámetros de control de la operación, así como para la asignación de tarifas y cobros. Cuando no hay básculas, el chequeador de acceso debe ser muy diestro en la determinación precisa del volumen de residuos en los vehículos, normalmente, debe contar con indicadores de capacidad de carga de cada tipo de vehículos, los cuales son generados con base en estadísticas de pesaje de vehículos en otros sitios.

11.1.2.4.1 Detección de residuos prohibidos.

Dado que no es posible separar los residuos que son transportados por los vehículos recolectores y/o de transferencia, en la entrada, la revisión del contenido de estos vehículos debe hacerse en el frente de trabajo. Otros tipos de vehículos, especialmente aquellos que no tienen una procedencia definida deben inspeccionarse en la entrada. Estos vehículos representan el grupo más sospechoso para el ingreso de residuos prohibidos al sitio.

Los vehículos que transporten residuos no autorizados deberán detenerse en la entrada y reportarse al residente del relleno para tomar las medidas a que haya lugar.

11.1.2.4.2 Irregularidades en los vehículos.

Algunas de las posibles violaciones que se pueden detectar en la entrada son:

- Cargas sin cubrir.
- Transporte de líquidos y su posible escurrimiento.
- Negligencia e incumplimiento de medidas de seguridad.
- Sobre peso en los vehículos.
- Otros.

Es conveniente para los responsables del sitio coordinarse con la policía municipal y otras instituciones encargadas de la aplicación de la legislación relativa al transporte, con el fin de asegurar que se cumpla con las disposiciones legales establecidas para evitar irregularidades en el peso, la cubierta de la carga del vehículo, el escurrimiento de líquidos ; ya que de lo contrario se pueden originar problemas a la población aledaña a las vías de acceso al relleno, creando descontento y rechazo a la existencia del sitio de disposición final.

11.1.2.4.3 Control de Tráfico.

Hay rellenos que tienen varias áreas de operación. En ocasiones las áreas dependen del tipo de vehículos, tales como los de descarga automática contra los de descarga manual. En otros sitios el tipo de residuos, por ejemplo, residuos de jardinería, determinan a donde debe ir el vehículo. En la mayoría de los rellenos es una práctica de operación cambiar frecuentemente los frentes de trabajo en función de las condiciones del clima y otros factores. Adicionalmente a los señalamientos adecuados, el controlador de acceso o el operador de la báscula, deben proporcionar instrucciones verbales a los conductores, para agilizar las actividades y evitar confusiones.

Comunicación con el conductor

La mayoría de las operaciones en la báscula y el acceso dependen de la comunicación con los conductores de los vehículos. Los transportistas que ingresan por primera vez necesitarán ayuda para llegar al área de descarga, conocer el reglamento y los procedimientos del relleno, pago de las tarifas, etc. Los vehículos desconocidos deben chequearse para verificar que no están cometiendo irregularidades y sus conductores responder respecto al tipo de residuos que transportan. Esta es el área donde se deben checar los contenedores vacíos para certificar su lavado, contarlos o en todo caso para aprobar su descarga. Lo mismo se aplica para residuos especiales.

Registros.

El control de planeación, presupuestos y costos requiere de registros exhaustivos y precisos. El peso de los residuos que ingresan al sitio constituye la estadística más importante. Todos los cálculos relacionados con los costos y la eficiencia se basan en esta cifra. El volumen de los residuos recibidos es insignificante para el cálculo de los costos relevantes, la eficiencia de operación, la vida útil esperada y otros parámetros importantes. El encargado del control generalmente debe registrar información sobre:

- Identificación del vehículo.
- Peso bruto del vehículo.
- Tara del vehículo (pesando directamente o de registros anteriores).
- Fecha y hora de entrada y salida.
- Tipo de residuos (domiciliarios, industriales, especiales, etc.).
- Cargos y facturación.
- Peso del material de cobertura importado.
- Cualquier información especial.

Estos datos deben resumirse y concentrarse para cada día. Se requieren reportes semanales, anuales o mensuales. La revisión rutinaria de estos registros en forma estadística puede ayudar a los operadores en la planeación e implementación de los ajustes necesarios para la operación.

11.1.2.4.4 Recepción de Residuos.

El residente del relleno debe ser capaz de distinguir entre los residuos no peligrosos que pueden ser aceptados en el relleno y los residuos que la Ley define como peligrosos. Para facilitar la toma de decisiones y por lo tanto prohibir la entrada de residuos peligrosos al relleno, todos los rellenos deben operar bajo las siguientes condiciones:

- Cadáveres o partes de animales.
- Materiales altamente combustibles o explosivos (Gasolinas, aceites, etc.).
- Excremento o estiércol sin previa estabilización biológica.
- Residuos de procesos industriales.

11.1.3. Almacenamiento de Residuos en el Sitio.

Aunque no es deseable, en algunos casos es necesario almacenar residuo, fuera de las áreas de relleno, principalmente debido a imprevistos o en otros casos porque no siempre es conveniente permitir el acceso hasta los frentes de trabajo a los pequeños generadores.

Debido a esto, es necesario establecer los lineamientos básicos para el almacenamiento temporal de residuos en el sitio de disposición final. Con esta perspectiva se recomienda que el almacenamiento temporal de residuos sólidos en este tipo de instalaciones se realice conforme a los siguientes lineamientos:

- Se prohíbe la descarga de residuos sobre el suelo, fuera de los frentes de trabajo.
- Esta área para almacenamiento deberá estar fuera de zonas de inundación y contar con los letreros y señalamientos alusivos a su función.
- El acceso a esta área sólo será permitido a los pequeños generadores que cumplan con los requisitos que establezca la administración del relleno.
- En esta área no se recibirán residuos diferentes de los aceptados por el relleno.
- No se permitirá que los contenedores sobrepasen su capacidad de almacenamiento.

11.1.3.1 Prácticas de Disposición de Residuos.

Existen dos métodos básicos para la operación de los rellenos sanitarios: el de Trinchera y el de Área. Otras opciones son simplemente modificaciones de los dos métodos anteriormente señalados. El método de trinchera es muy difícil de ejecutar, debido a que los diseños actuales demandan la implementación de un sistema de impermeabilización (natural o artificial) de la base del relleno y de sistemas de captación y desalojo de lixiviados. El método de área es actualmente el más utilizado, principalmente porque se adapta con mayor facilidad a la existencia de la infraestructura mencionada. En todo caso los diseños actuales, admiten excavaciones mayores para alcanzar la profundidad deseada y proceder a la construcción de sistemas de impermeabilización y captación de lixiviados, para posteriormente operar el sitio mediante el método de área.

11.1.3.2 Construcción de celda

- Descargar los residuos sólidos sobre el área que conformará el correspondiente frente de trabajo del día.
- Usar estacas de nivelación para el control de la altura de la celda y dar la pendiente adecuada para facilitar el drenaje por gravedad. El nivel de la superficie superior de la celda debe ser entre 2 y 5 por ciento, mientras que la altura de celda comúnmente es de aproximadamente 2.4 a 3.5 m.
- Las dimensiones de la celda están especificadas en el proyecto y pueden consultarse también en el plan de relleno. Estas dimensiones deberán coincidir con el volumen de los residuos compactados en el sitio, al final del día de trabajo.

11.1.4 Cobertura.

Cubierta Intermedia.

La superficie que envuelve la celda diaria terminada y que estará expuestas al ambiente por un período de más de una semana, hasta que se coloque una nueva celda sobre ésta, sufrirá los efectos de las condiciones climatológicas y posiblemente el frecuente paso de vehículos. Normalmente estas superficies son cubiertas adicionalmente, con una capa de 0.30 m de espesor de tierra compactada. A esta capa se le conoce como cubierta intermedia y tiene la función de proteger a la cubierta diaria y prevenir la intrusión de agua al relleno por un período más largo.

Para la colocación de la cubierta intermedia, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Una vez que se tiene una superficie rellenada, ya sea una franja o una capa, en la cual no se tenga previsto depositar residuos sólidos por un tiempo largo; se descargará sobre la cubierta diaria, el material para la conformación de la cubierta intermedia.
- Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de 30 cm.

Cubierta final

Cuando el relleno ha alcanzado el nivel planeado, se deberá colocar una cubierta final de no menos de 60 cm de espesor. Esta cubierta es necesaria para permitir el tráfico ligero y minimizar los efectos que ocasionan los asentamientos diferenciales, tal como el afloramiento de residuos por el efecto de fracturas y agrietamientos. Esta cubierta, también ayudará a evitar que la lluvia fluya hacia el interior de los residuos confinados:

- Una vez que se tiene una área de una capa, etapa o la totalidad del relleno, terminadas; descargar sobre el área por cubrir, el material para la cubierta final.

- Posteriormente, se extenderá el material y se compactará el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de 30 cm.
- Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de 60 cm.

11.1.4.1 Prácticas de operación recomendables.

A continuación se presenta una serie de recomendaciones para lograr una efectiva operación del relleno sanitario:

- No se debe realizar disposición alguna cuando no esté presente un supervisor. El sitio debe ser cerrado cuando no se cuente con el personal suficiente para la prestación del servicio.
- Mantener una separación de 2.5 a 3.0 m entre los equipos de compactación y los vehículos recolectores o de transferencia.
- Todos los residuos recibidos en el relleno deben ser dispuestos sanitariamente y no deberá exceder un periodo de 48 horas después de su ingreso.
- Los residuos deben trabajarse inmediatamente después de ser depositados en el frente de trabajo y no permitir que se acumulen o que únicamente los residuos se conformen de una a dos veces por día.
- Para asegurar el máximo aprovechamiento de la capacidad del relleno, los residuos deben vaciarse en la base de la celda o rampa de disposición y trabajarse en ese mismo nivel.
- Los residuos deben ser esparcidos en la superficie del frente de trabajo en capas de entre 30 y 90 cm.
- Nunca se debe depositar residuos en aquellas áreas, en donde se estén efectuando maniobras de excavación.
- Los residuos esparcidos en el frente de trabajo se deben compactar conforme a los requerimientos de compactación establecidos en el proyecto ejecutivo y en concordancia.

11.1.5. Uso Efectivo de Maquinaria.

La construcción de un relleno sanitario requiere de equipo pesado, conforme al grado de dificultad que presente el sitio para ello. Generalmente, este elemento de trabajo resulta ser una fuente importante en las inversiones destinadas al control de los residuos sólidos y por lo tanto, su uso efectivo es vital para el desarrollo eficiente de las operaciones en el relleno sanitario. La operación y el mantenimiento del equipo ocupan un lugar clave en los costos asociados con la operación de los sistemas de disposición final. Por tal razón, la adecuada selección del equipo por utilizar, debe realizarse de manera racional y tomando en cuenta el método de operación y las condiciones reales de trabajo a las que estarán sujetas. Las funciones básicas del equipo para un relleno sanitario caen dentro de las siguientes categorías:

- Preparación del sitio incluyendo desmonte y despalme.
- Compactación y manejo de residuos.
- Excavación, transporte y aplicación de cubierta diaria.
- Esparcimiento y compactación de la cubierta final.

11.2 Inspección y Supervisión

La inspección y la supervisión en un relleno sanitario son actividades orientadas para asegurar que la operación se realice de manera óptima y en consecuencia evitar problemas económicos, sociales, técnicos y/o ambientales.

Si en el relleno sanitario no se efectúa una buena supervisión y un adecuado mantenimiento, se corre el riesgo que se caiga en la práctica como si se tratará de un tiradero a cielo abierto, con sus inconvenientes.

Las actividades dentro de la supervisión son:

- Verificar que se respete el horario de operación, en caso de no respetarse esto, determinar áreas de descarga para evitar que se haga en lugares no apropiados.
- Hacer visitas aleatorias al lugar donde se lleve a cabo el control de acceso, verificando que éste se realice adecuadamente, a fin de asegurar que tengan acceso sólo los camiones y personas autorizados.
- Verificar que en el registro de entradas y salidas se anoten los siguientes datos: lugar de procedencia, número de placas, número económico, hora de ingreso, tipo de camión y peso bruto.
- Supervisar el control de la calidad de los residuos sólidos que ingresan al sitio, a fin de asegurar que no se reciban residuos industriales o peligrosos. Esto se realizará mediante visitas aleatorias al área de acceso y observar los registros de entradas y salidas.
- Verificar el funcionamiento y la operación de la báscula para camiones. Realizando visitas aleatorias y comprobando con un peso de referencia conocido el ajuste correcto de la báscula.
- Vigilar con especial cuidado el procedimiento de pesaje de los vehículos recolectores y los de material de cubierta, para detectar los errores posibles.
- Revisar que los vehículos, al llegar al patio de maniobras, sean orientados para descargar lo más cerca posible al frente de trabajo; y que el patio esté organizado y limpio.
- Verificar que la orientación del tráfico y descarga, en el patio de operaciones, sea la más adecuada para evitar pérdida de tiempo.
- Verificar que se realice un buen mantenimiento de las herramientas, equipos y dotación de implementos de protección de los trabajadores.
- Verificar que el frente de trabajo esté en condiciones operativas en todo momento, aun cuando se presenten lluvias intensas.
- Vigilar que el drenaje en el frente de trabajo sea inmediato y se conduzca al sistema de desagüe.
- Revisar que las celdas por construir cada día, sean identificadas por medio de estacas que fijarán los límites de las mismas, éstos límites serán indicados a los operadores de los tractores.
- Vigilar que se compacten correctamente los residuos y el material de cubierta.

9.3 Controles físicos del sitio y control de la operación

En estas instalaciones es importante tener un buen control tanto del sitio como de su operación, con la finalidad de poder asegurar que no se causarán molestias a los habitantes más cercanos o a las personas en tránsito por esa zona, ni al ambiente.

Los responsables de la operación de los rellenos sanitarios, serán los encargados de velar por el control de estas instalaciones y sus procedimientos operativos. Las prácticas que ellos sigan determinarán el grado de alcance en la protección ambiental y a la salud humana.

11.3.1 Control de humedad

La importancia del control de entrada de líquidos al interior de las áreas de relleno generalmente se subestima. Es responsabilidad del operador, manejar el sitio de tal modo que se controle al máximo la entrada al de humedad hacia las celdas de relleno.

- El control de la humedad se puede lograr mediante:
- La obtención del máximo peso volumétrico en los residuos sólidos depositados.
- La construcción del relleno de tal manera que se alcance la elevación máxima y la aplicación del material de cubierta final, en el menor tiempo posible (desarrollo vertical acelerado).
- Favoreciendo los escurrimientos.
- Controlando las depresiones en las superficies del relleno.

11.3.2 Control de residuos sólidos

El control de los residuos que ingresan a relleno sanitario inicia antes de que éstos sean captados por los vehículos de recolección. El operador debe conocer a quienes están transportando residuos al relleno sanitario y tener información de la fuente y las características de los residuos recibidos en el sitio. Los residuos no autorizados por los

instrumentos legales vigentes, no deben ser admitidos en ninguna de las instalaciones de relleno sanitario.

En los rellenos sanitarios, la disponibilidad de espacio es vital, por lo que, una vez que los residuos sólidos son depositados en el frente de trabajo, es responsabilidad del operador, obtener la máxima densidad para los residuos depositados dentro de un lugar específico, para aprovechar al máximo dicho espacio. La máxima densidad debe ser alcanzada mediante el confinamiento, compactado y cobertura de los residuos.

11.3.3 Controles adicionales de la operación.

La densidad se puede incrementar por el paso frecuente del tráfico vehicular sobre las áreas rellenadas.

La sobrecarga de áreas rellenadas, con bancos de material de cubierta, también ayudará a la compactación.

11.4 Ingreso de residuos

La complejidad de la operación de un relleno sanitario, estará en función del tipo de residuos que reciba.

A continuación se describe la atención que se requiere, cuando por causas de fuerza mayor, es necesario recibir y disponer residuos especiales:

Entre los residuos voluminosos se incluye aparatos eléctricos, muebles, troncos de árbol etc. Estos residuos deben manejarse de la siguiente manera:

- Disponerse en un área separada del área principal de trabajo.
- Descargarse en el pie de talud y compactar otros residuos alrededor de ellos.
- Compactar los objetos voluminosos en suelo firme, para incrementar la compactación.
- Recuperar y revender chatarra.

b.- Residuos Infecciosos.

- Los residuos infecciosos requieren una aprobación especial para su manejo y disposición final. Deberá contarse con la misma, antes de iniciar su depósito.
- Preferentemente, deberán ser incinerados o esterilizados previamente a la disposición para eliminar los agentes patógenos; y
- Disponerse en un área separada del área principal de trabajo.
- No practicar la disposición conjunta.

c.- Animales Muertos.

En los sitios de disposición final de nuestro país es común que lleguen animales muertos a las áreas de relleno. Por tanto en algunas ocasiones será necesario recibirlos y los procedimientos recomendados para su manejo dentro del relleno son:

- Las mascotas domésticas, pueden enterrarse conjuntamente con los residuos sólidos.
- Los animales mayores deberán disponerse en un área separada del área principal de trabajo.
- Cuando por causas de fuerza mayor, se depositen los animales grandes con los residuos sólidos, será necesario cubrir con un espesor mínimo de 0.30 m de material de cubierta.
- Es recomendable colocar los cadáveres de animales en bolsas de plástico antes de enterrarlos.

d.- Recipientes de plaguicidas.

Los recipientes de plaguicidas solamente podrán aceptarse en cantidades pequeñas y bajo la autorización y supervisión de la autoridad correspondiente, siempre que cumplan con lo siguiente:

- Deberán estar vacíos y haber sido enjuagados tres veces como mínimo.
- Deben recibirse por separado para inspeccionarlos.
- Remover el fondo de los recipientes o perforarlos en diferentes partes.
- Disponerse conjuntamente con otros residuos.

e.- Asbestos.

Para los asbestos se debe seguir un procedimiento especial y también contar con la autorización y supervisión de la autoridad competente. A continuación se presenta el procedimiento recomendado:

- Deberán envasarse en recipientes o bolsas perfectamente cerrados, las cuales pueden ser fácilmente verificadas.
- Los materiales voluminosos deben ser humedecidos y cubiertos antes de ser transportadas al relleno sanitario.
- La velocidad del viento no debe exceder los 16 Km/h durante la disposición de estos materiales.

f.- Llantas.

Las llantas crean problemas en la operación del relleno sanitario. Para su disposición adecuada, se recomienda lo siguiente:

- Las llantas almacenadas deben ser retiradas del área de relleno activa.
- Cortar o triturar las llantas antes de descargarlas en el frente de trabajo.
- Se debe establecer tarifas especiales para el manejo de llantas.

g.- Materiales Ligeros.

Estos materiales (papeles, plásticos, etc.), cuando no son manejados apropiadamente, pueden dispersarse a los alrededores del sitio de disposición final. Para su control se recomienda aplicar los siguientes procedimientos:

- Caja abierta: exigir el uso de cubiertas (lonas), en aquellos vehículos de caja abierta.
- Condiciones de viento: usar bardas perimetrales y móviles, plantar árboles que actúen como barreras rompedoras de viento, depositar los residuos en el piso, empujarlos sobre el talud, compactarlos y cubrirlos y cerrar aquellas áreas o sitios que llegan a ser inmanejables.

h.- Polvos

- Dentro de las medidas de control para polvos, se incluyen:
- Caminos: En caminos transitables en toda época del año (asfaltados) únicamente dar mantenimiento permanente. En caminos de terracería aplicar cloruro de calcio en proporción de 220 a 450 gramos por metro cuadrado sobre el suelo previamente humedecido con agua. (Más del 30 % de humedad).
- Actividades de movimiento de tierras: no existen controles específicos que regulen ésta actividad para reducir los posibles impactos fuera del sitio.

i.- olores.

Los olores normalmente son estacionales por naturaleza y pueden ser controlados a través de:

- La colocación de una cubierta sobre aquellos residuos que han alcanzado un estado avanzado de descomposición; si éstos requieren un manejo especial, se recomienda descargarlos y cubrirlos inmediatamente. El plan de control en las áreas de trabajo dependerá de la dirección del viento. Finalmente, es posible el uso de sustancias químicas para enmascarar los olores en casos especiales, sin embargo, éste método es muy caro y no siempre el más efectivo.
- El adecuado venteo del biogás.
- La colección, minimización y tratamiento de lixiviados.

j.- Ruido.

El ruido puede ser controlado mediante:

- Mantenimiento adecuado del equipo.
- Regular las horas de operación de tal forma que sean compatibles con los usos del suelo adyacente.
- Distancias apropiadas.

k.- Insectos.

- Los insectos básicamente incluyen moscas y mosquitos, aunque solamente a éstos. Los problemas potenciales de insectos son principalmente la transmisión de enfermedades, mala imagen y molestias a los habitantes cercanos.

El control de insectos puede ser realizado por:

- La cobertura oportuna de los residuos, para poner fuera de su alcance el alimento, el refugio y las áreas para su reproducción.
- Aplicación de soluciones insecticidas, sobre los residuos descargados en el frente de trabajo.

l.- Roedores.

Los roedores pueden provocar enfermedades, daños a la propiedad, y contaminación de alimento.

El reconocimiento de la presencia de roedores es a través de la inspección de las diferentes áreas del relleno y la identificación de: excrementos, madrigueras, hoyos en construcciones y bermas del relleno, materiales roídos y la observación directa de los roedores.

Los procedimientos recomendados para el control de roedores son los siguientes:

- Contratar a expertos en eliminación de plagas.
- Tener un estricto control del programa, ya que la simple eliminación de alimento, solamente causará el traslado del problema a otro sitio.
- Eliminación de sus refugios.
- Envenenamiento, mediante el uso de cebos.

m.- Aves

Las gaviotas frecuentemente usan los rellenos sanitarios como una fuente de alimento. Su presencia constituye un riesgo para las aeronaves que vuelan en el espacio aéreo del relleno y una fuente de contaminación para las aguas superficiales.

El control de aves es muy difícil. Algunas de éstas podrían pertenecer a especies protegidas o en peligro de extinción y por ello necesitarse permisos especiales si se pretende establecer un programa de eliminación.

n.- Incendios.

Los incendios generan problemas de seguridad, calidad de aire (salud), molestias y daños a la propiedad. En los rellenos sanitarios los incendios pueden ser difíciles de localizar, debido a que en ocasiones se generan en el interior de las celdas y el humo toma la ruta que le permita salir más fácilmente y no hacia la superficie directa sobre su ubicación.

Su control puede ser realizado de la siguiente manera:

Compactación efectiva de los residuos para reducir los vacíos y restringir las vías de acceso para el aire, Cobertura diaria de los residuos, Compactación adecuada del material de cobertura.

11.5 Procedimientos De Control De Asentamientos, Lixiviados Y Biogás

11.5.1 Procesos de Descomposición de los Residuos

Antes de analizar las prácticas de manejo de los lixiviados y biogás, es importante comprender de manera general los principios de la descomposición de los residuos dentro del relleno sanitario. El objetivo de comprender dicho proceso, se basa en lo siguiente:

- La localización y el diseño de las instalaciones están apoyadas en los impactos ambientales potenciales derivados de los productos que resulten de la descomposición.
- Las prácticas de operación afectan directamente la velocidad de la descomposición de los residuos sólidos.
- Los efectos adversos pueden ser planeados para minimizar sus consecuencias; y La viabilidad de la clausura y postclausura es seriamente afectada también por los productos generados durante la descomposición de la materia orgánica.

11.5.2 Velocidad de la descomposición.

Hay diferentes factores que afectan la velocidad de descomposición de los residuos sólidos. Estos incluyen las características físicas, químicas y biológicas de los residuos, tales como: Tamaño de partícula, Forma de partícula, Densidad, Composición. Componentes químicos, Número y distribución de microorganismos, Oxígeno, Humedad, Temperatura y pH.

11.5.3 Manejo de Lixiviados.

Cuando el agua pasa (percola) a través de varios materiales, remueve algo de los sólidos, a esta agua y lo que contiene se llama lixiviado.

El lixiviado es de aspecto desagradable, comúnmente tiene mal olor y puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Contiene materia orgánica e inorgánica. Algunos de estos materiales son tóxicos a los humanos y los animales. Esto significa que el lixiviado se debe mantener alejado de lagos y corrientes, así como del agua subterránea que puede consumir la gente.

La producción de lixiviados se puede prevenir: Manteniendo los líquidos fuera de los residuos sólidos y manteniendo el agua de lluvia fuera del relleno.

11.5.4 Migración de Lixiviados.

Las buenas prácticas de operación pueden resultar en una reducción de la generación de lixiviados. No hay técnicas que eliminen absolutamente la generación de lixiviado y éste no representa ningún problema, a menos que migre desde el punto de generación hacia las aguas superficiales o subterráneas.

Características de Migración

La migración de lixiviados ocurre cuando se satura una condición conocida como Capacidad de Campo. Dicha condición se refiere a la capacidad de un material para retener humedad libre en contra de la fuerza de gravedad. Procesos de Migración que pueden ocurrir:

La migración se puede dar cuando cualquier porción del relleno alcanza su capacidad de campo o desde los vacíos entre los residuos.

Descarga Superficial del Lixiviado

La descarga superficial normalmente ocurre a lo largo de la base de taludes, en el punto más débil en un sistema de cubierta o donde el suelo tiene la mayor permeabilidad. El uso de suelos impermeables como cubiertas diarias o intermedias puede originar escurrimientos a los lados del relleno. Dichos escurrimientos superficiales pueden producir: Olores y condiciones desagradables, Contaminación potencial del agua superficial, Infiltración del lixiviado al agua subterránea, Impacto a la flora del sitio

Descarga de Lixiviado al Agua Subterránea

La contaminación del agua subterránea se presenta si el lixiviado llega a alguno de estos cuerpos. Un método utilizado, para detectar la migración, es el monitoreo de la humedad del suelo bajo el relleno con lisímetros. Dicho monitoreo se efectúa principalmente para evaluar la calidad del agua, con respecto a la presencia del lixiviado.

Es importante diseñar el programa de monitoreo al mismo tiempo que se diseña el relleno, tomando en cuenta las etapas de construcción.

Minimización de fugas.

Las fugas son el resultado de imperfecciones en los sistemas de impermeabilización. Las fugas se pueden presentar tanto en los sistemas construidos con arcillas como en los que utilizan materiales sintéticos. La tasa de flujo en las fugas es directamente proporcional a:

La altura del lixiviado sobre la superficie impermeable, El tamaño de la imperfección, La permeabilidad de las capas subyacentes al sistema de impermeabilización.

La primera acción para evitar las fugas de lixiviados, consiste en efectuar una instalación bajo una estricta supervisión. Las pruebas constructivas y destructivas de los sistemas de impermeabilización, conjuntamente con especificaciones de construcción a detalle, son esenciales para eliminar los problemas asociados con materiales de mala calidad, mano de obra deficiente y daños accidentales.

Sistemas de Tratamiento de Lixiviados.

Hay varias opciones de tratamiento de lixiviados, la selección del proceso de tratamiento depende de la caracterización final del lixiviado, las opciones de disposición caen en cualquiera de las cuatro categorías siguientes:

- Descarga directa a un cuerpo receptor de aguas.
- Descarga a una planta de tratamiento pública.
- Recirculación al relleno.
- Aplicación o tratamiento sobre el suelo.

Tecnologías de Tratamiento de Lixiviados.

Las tecnologías para el tratamiento de lixiviados pueden clasificarse de manera general en dos categorías: biológica y fisicoquímica. Hoy existe la tecnología adecuada para tratar en forma efectiva los lixiviados provenientes de los rellenos para residuos sólidos municipales. Los factores que requieren atención especial tanto en el diseño como en la operación son: la dificultad potencial para obtener una caracterización representativa de los lixiviados, la variación de la calidad de los lixivios con respecto al tiempo y la falta de datos basados en casos de tratamiento de lixiviados anteriormente implementados.

11.6 Manejo Del Biogás.

El biogás se produce de la degradación de los materiales orgánicos. El proceso se llama descomposición anaerobia. Los dos principales gases formados son metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2). El metano es del grupo de los alcanos, una mezcla del 5 al 15 % de metano en aire puede causar una explosión si existe una fuente de ignición.

El biogás se puede desplazar por el subsuelo e inclusive fuera del relleno. Si el gas se acumula dentro o bajo estructuras tales como edificios, drenajes u otros sistemas de conducción, puede ocasionar explosiones; es por ello que se construyen pozos de monitoreo en perímetro del sitio, con el fin de evaluar la cantidad de biogás que puede acumularse en dichas zonas no controladas.

11.6.1 Biogás.

La cantidad y composición del biogás depende entre otros factores, del tipo de materia orgánica contenida en los residuos sólidos, del grado de descomposición de ésta, etc. Se considera que los residuos con una gran fracción de material orgánico de fácil degradación producirán mayor cantidad de biogás. La tasa de producción de biogás es gobernada por la velocidad a la que los residuos se descomponen, así como a factores ambientales. Cuando la descomposición cesa, la producción de gas también se termina. La producción de gas comienza casi inmediatamente después de que los residuos sólidos son confinados en el relleno.

11.6.2 Factores que influyen en el desplazamiento del biogás.

El movimiento del biogás dentro de los estratos del relleno depende de la siguiente información:

- Espesor de los estratos, y edad de los residuos sólidos.
- Composición física de los residuos sólidos depositados.

- Permeabilidad del terreno y del material de cobertura.
- Características y clasificación del suelo adyacente al relleno
- Porcentaje de compactación de los residuos y del material de cubierta.

11.6.3 Evaluación del suelo para detectar la presencia del biogás.

La emigración del biogás hacia zonas no controladas puede detectarse de la siguiente forma: Percibiendo su olor característico, Revisando fracturas o grietas de la cobertura mediante un exposímetro, Observando incendios o desprendimiento de vapores entre las celdas así como en zonas circundantes, Muestreando sitio donde se sospeche que hay emigración de biogás.

Respecto al muestreo, se tienen las siguientes recomendaciones:

La profundidad del muestreo varía dependiendo de la geología y la distancia al relleno. Las pruebas iniciales se realizan normalmente entre 30 y 45 cm bajo la superficie del suelo debido a la capacidad limitada del equipo de prueba. Las pruebas se deben realizar principalmente, en el perímetro de zonas habitacionales.

11.6.4 Pozos de Monitoreo de Biogás.

Son estructuras que se construyen principalmente en las zonas circundantes al sitio, con el fin de evaluar y detectar el biogás acumulado en tres estratos del suelo. Tales instalaciones permanentes:

- El fácil análisis de rutina.
- Las ubicaciones de prueba uniformes.
- La verificación de los resultados con pruebas repetidas.

Equipo de Monitoreo.

Se utilizan exposímetros para detectar la presencia de metano. Estos equipos pueden utilizarse para varios propósitos como:

- Medición del porcentaje de gas en relación al límite explosivo inferior.
- Medición de la concentración total de gas como un porcentaje referido a gases totales.

Dichos equipos presentan variantes como:

- Alarmas auditivas.
- Alarmas visuales.

El equipo para límite explosivo inferior es más útil porque el peligro de explosión es una preocupación primordial. El límite explosivo inferior del metano es 5% en volumen en el aire, y es la concentración más baja de gas que puede producir una explosión si existe una fuente de ignición.

El límite explosivo superior del metano en aire es 15% en volumen, y es la máxima concentración de un gas que causa una explosión. Si las concentraciones de metano rebasan el 15% pueden provocar incendios pero no explosiones.

Control del Biogás.

Se pueden utilizar varios tipos de sistemas para controlar las emisiones y la migración del biogás (sistemas activos y pasivos), dependiendo de la cantidad que se genere. Dicho control puede consistir en: Venteo a la atmósfera, Combustión en pebeteros o quemadores, Incineración, Recuperación como fuente alterna de energía

Para ello pueden utilizarse los siguientes sistemas:

Sistemas de Control Activo.

Son pozos construidos a diferentes profundidades, equipados con un ducto y equipo mecánico, como sopladores y bombas de extracción. Estos sistemas incluyen: Pozos de extracción y/o trincheras (captación), Pozos de inyección de aire o trincheras (barreras).

Sistema de Trincheras de Venteo.

Consiste en una trinchera interceptora rellena de grava que contiene un tubo horizontal perforado o ranurado. El tubo se conecta a ductos verticales que permiten la acumulación del biogás para ventearlo a la atmósfera.

11.7 Clausura Del Sitio

Se diseñará el cierre del relleno sanitario para cuando finalice su vida útil, tomando en cuenta su conformación final, estabilidad de taludes, mantenimiento, monitoreo y control de contaminantes, así como su uso final.

El diseño de cierre del relleno sanitario, deberá incluir el aprovechamiento que se le dará al sitio, una vez concluida su vida útil, el cual estará acorde con el uso de suelo permitido, prohibiéndose el instalar edificaciones en general.

11.7.1 Infraestructura y Equipamiento.

Cuando se cierra un relleno sanitario, no hay necesidad de la mayoría del equipamiento y de la infraestructura. La balanza se puede sacar y trasladar al nuevo relleno o a otro lugar donde se la necesita; lo mismo los vehículos. Si el relleno dispone de luz y agua potable, esto se puede cancelar (salvo en el caso que exista otra infraestructura como, por ejemplo, una planta de lombricultura, que lo necesitaría).

La planta de tratamiento de las aguas lixiviadas y las chimeneas de evacuación de gas, además los dispositivos de incineración del gas de relleno (si hay) se necesitarán durante algunos años más. Se recomienda guardar una bodega con las herramientas que se necesitan para el mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas lixiviadas.

11.7.2 Controles posteriores al cierre del relleno sanitario.

Se debe realizar los siguientes controles después del cierre del relleno sanitario:

Estabilidad de taludes: La configuración de los taludes definitivos del relleno, deberá definirse de acuerdo a los lineamientos, que marque un análisis de estabilidad de taludes, realizado previamente Levantamiento topográfico del terreno Asentamientos y derrumbes (Control visual, una vez por año) Fugas del gas de relleno fuera del área (en rellenos grandes y en rellenos medianos cercanos de áreas pobladas, eso se debe controlar entre 2 y 4 veces por año durante los 5 primeros años después del cierre del relleno). Estado de la reforestación sobre el cuerpo del relleno, en los taludes y alrededor.

El estado de las plantas es un buen indicador si hay fugas de gas. Como el metano tiene un impacto asfixiante sobre muchas plantas, tanto en la atmósfera como en el suelo, un sitio con considerable menor densidad de vegetación indica una fuga de gas.

11.7.2.1 Mantenimiento de vías de acceso e infraestructura del relleno sanitario.

Posterior al cierre del relleno sanitario se debe realizar mantenimiento de las vías principales, de forma de poder acceder a las celdas y verificar que no existan agrietamientos, así mismo poder acceder a la infraestructura que funcionara durante muchos años (aproximadamente 20 años) posteriores al cierre, canales pluviales, drenes de captación y conducción de lixiviados, planta de tratamiento de lixiviados, chimeneas en las plataformas de residuos sólidos.

Este mantenimiento de deberá ser mínimamente 1 vez al año, en preferencia antes de las épocas de lluvia, para mitigar cualquier contingencia en el relleno sanitario ya cerrado.

11.7.2.2. Mantenimiento de la capa de cobertura cuando existen agrietamientos.

Se deberá elaborar un programa de mantenimiento de post-cierre del relleno sanitario para todas las instalaciones del relleno sanitario.

También se debe elaborar un programa de mantenimiento de la cubierta final, para reparar hundimientos provocados por la degradación de los residuos, así como los daños por erosión de escurrimientos pluviales y eólica.

11.7.3 Reforestación de las celdas antiguas y estabilizadas.

La arborización de un relleno sanitario es un tema muy importante. Se debe comenzar con este trabajo durante la construcción del relleno y continuar durante todo el periodo operativo. Después del cierre final, se deben sembrar plantas de la región adecuadas sobre todas las celdas cerradas o sobre la colina artificial entera. La arborización del relleno sanitario ayuda considerablemente a minimizar daños ambientales; además, contribuye a estabilizar los taludes y disminuye la cantidad de las emisiones. El eucalipto, el cedro o el pino pueden también ser utilizados para producir los palos y estacas necesarios en la construcción de chimeneas.

11.7.4 Realizar monitoreo de lixiviados, gases, contaminación de aguas subterráneas, superficiales.

Los sistemas de control y monitoreo de biogás, lixiviados y contaminación de aguas superficiales y subterráneas requieren de una atención continua, lo mismo que el sistema de drenaje pluvial y el control de la erosión, el período de post clausura podría comprender un tiempo de 20 a 30 años.

Factor a Monitorear	Frecuencia	Parámetros a Monitorear	Límites Permisibles
Lixiviados	Semestral	pH DQO, DBO OD: Oxígeno Disuelto Metales Pesados Conductividad Eléctrica Amoniac Nitratos Nitritos	No se cuenta con límites permisibles de acuerdo a norma vigente
Gases	Bimensual	Composición de Biogás: CH ₄ , O ₂ , N ₂	No se cuenta límites permisibles de acuerdo a norma vigente
Contaminación aguas superficiales	Semestral	pH DQO, DBO OD: Oxígeno Disuelto Metales Pesados Conductividad Eléctrica Amoniac Nitratos Nitritos	Límites del RMCH
Contaminación aguas subterránea	Semestral	pH DQO, DBO OD: Oxígeno Disuelto Metales Pesados Conductividad Eléctrica Amoniac Nitratos Nitritos	Límites del RMCH

Cuadro 5: Parámetros a monitorear en la etapa de post clausura de un relleno sanitario

11.8 Usos Finales Del Sitio De Relleno Sanitario.

Los sitios utilizados como relleno sanitario, una vez clausurados han sido acondicionados y utilizados como parques y recreación, jardines botánicos, áreas de estacionamiento, principalmente. Sin embargo el uso final de estos sitios como áreas verdes es lo más común. Para la construcción de cualquiera de las obras antes mencionadas se deberá dejar estabilizar el sitio en un periodo de 6 a 10 años, a fin de minimizar posibles efectos sobre la salud humana.