

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Máster en Ciencias de la
Ingeniería y Gestión Ambiental**

TEMA:

**GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS PARA
POBLACIONES MENORES DE 30000 HABITANTES**

Autor: Ing. Civil Fabián Patricio Lascano Martínez

Director de Tesis: Vinicio Jaramillo G. Ph.D, M.Sc, Ing.

Ambato – Ecuador

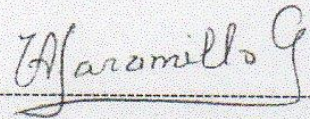
2007

Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato:

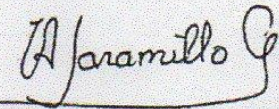
El Comité de Defensa de la Tesis "GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES MENORES DE 30000 HABITANTES", Presentada por el Ingeniero Fabián Patricio Lascano Martínez, y conformado por el M.Sc. Ing. Ibán Mariño, M.Sc. Ing. Francisco Mantilla y M.Sc. Ing. Francisco Pazmiño; Ph.D.Ing. Vinicio Jaramillo, Director de Tesis; Ph.D.Ing. Vinicio Jaramillo, Director Académico y Administrativo del programa y presidido por el M.Sc.Ing. Luis Velásquez, Director del CEPOS – UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisada la Tesis de Grado escrita en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa de la Tesis, remite la presente Tesis para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



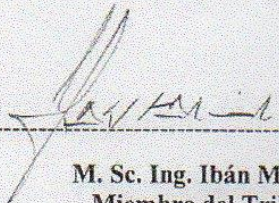
M. Sc. Ing. Luis Velásquez Medina
DIRECTOR DEL CEPOS



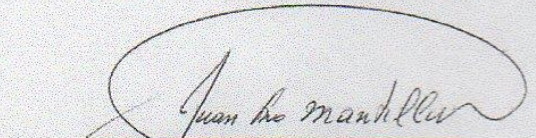
Ph.D.Ing. Vinicio Jaramillo
Director Académico Administrativo



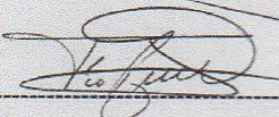
Ph.D.Ing. Vinicio Jaramillo
Director de Tesis



M. Sc. Ing. Ibán Mariño
Miembro del Tribunal



M.Sc.Ing. Francisco Mantilla
Miembro del Tribunal

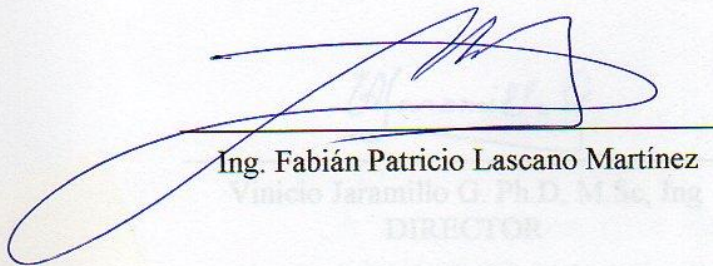


M. Sc. Ing. Francisco Pazmiño
Miembro del Tribunal

AUTORÍA

La presente guía para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de Rellenos Sanitarios para poblaciones menores de 30000 habitantes, se la ha realizado con la finalidad de que los pequeños Municipios puedan utilizar este documento como un soporte para la implementación de un Relleno Sanitario en su respectiva localidad.

Ambato, 25 de Enero del 2008

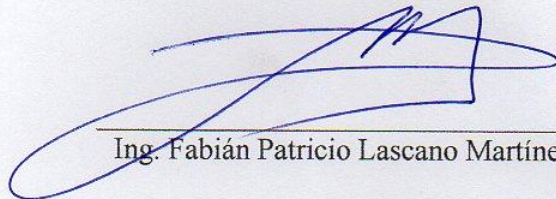


Ing. Fabián Patricio Lascano Martínez

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que la Resolución del Problema Profesional, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo de investigación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



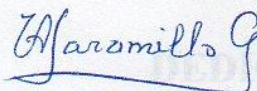
Ing. Fabián Patricio Lascano Martínez

C.C. 1802604791

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo “GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES MENORES DE 30000 HABITANTES”, ha sido realizado íntegramente por el Ing. Fabián Patricio Lascano Martínez, el cual se encuentra concluido y lo dirigí observando los lineamientos técnicos reglamentarios, por lo tanto autorizo el trámite correspondiente.

Ambato, 25 de Enero del 2008



Vinicio Jaramillo G. Ph.D, M.Sc, Ing
DIRECTOR

A mi esposa Dámarys, a mis hijos Fabián Andrés y Ariana

Fabián Lascano Martínez

DEDICATORIA

A mis padres que desde el cielo
continúan guiando mi camino.

A mi esposa Dámarys, a mis
hijos Fabián Andrés y Ariana.

Fabián Lascano Martínez

AGRADECIMIENTO

A todas las personas e Instituciones que colaboraron para la ejecución de la presente Tesis de Grado.

Fabián Lascano Martínez

INDICE DE CONTENIDOS

Detalle	Pág.
Portada	I
Hoja de Aprobación	II
Autoría de Tesis	III
Certificación	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos	VII VIII IX X XI
Índice de tablas	XII
Índice de gráficos	XIII
Resumen Ejecutivo	XIV
Introducción	XVI

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1	Formulación del problema	1
1.2	Contextualización	1
1.3	Análisis del Problema	2
1.4	Formulación del problema	2
1.5	Objetivos	3
1.6	Terminología	4

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1	Generalidades	7
-----	---------------	---

Detalle	Pág.
2.2 Residuos Sólidos Municipales	7
2.2.1 Concepto	7
2.2.2 Clasificación y composición de los residuos sólidos Municipales	7
2.3 Reciclaje	8
2.3.1 Definición	8
2.3.2 Beneficios del reciclaje	9
2.3.3 Etapas del proceso de reciclaje	9
2.4 Relleno Sanitario	11

CAPITULO III METODOLOGIA

3.1 Actividades	13
3.2 Selección del sitio	13
3.3 Principios básicos para el funcionamiento del relleno	15
3.4 Consideraciones de diseño	15
3.4.1 Emplazamiento del Relleno Sanitario	16
3.4.2 Proceso de Impermeabilización	16
3.4.3 Construcción del Relleno Sanitario	17
3.4.3.1 Construcción de celdas	17
3.4.3.2 Cobertura de celdas	18
3.4.3.3 Manejo de líquidos percolados	18
3.4.3.4 Manejo del Biogas	18
3.4.3.5 Plan de monitoreo ambiental	19
3.4.3.6 Plan de cierre	19

CAPITULO IV ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 Análisis de residuos sólidos	20
4.2 Resultados	21

Detalle	Pág.
----------------	-------------

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	23
5.2	Recomendaciones	24

CAPITULO VI
PROPUESTA

6.1	Diseño del Relleno Sanitario	26
6.1.1	Diagnóstico del sistema	26
6.1.1.1	Aspectos históricos	26
6.1.1.2	Ubicación y características geográficas	26
6.1.1.3	Aspectos físicos del área de estudio	26
6.1.1.4	Área de influencia	27
6.1.1.5	Aspectos demográficos y urbanísticos	27
6.1.1.6	Diagnóstico de las vías	29
6.1.1.7	Salud	29
6.1.1.8	Industria y comercio	29
6.1.1.9	Servicios públicos básicos	29
6.1.2	Estudio de calidad y cantidad de desechos sólidos	30
6.1.2.1	Cantidad	30
6.1.2.2	Calidad de los residuos sólidos	35
6.1.3	Proyección de la población	35
6.1.4	Características del terreno	36
6.1.5	Clima	39
6.1.5.1	Condiciones climatológicas	39
6.1.6	Producción de lixiviado y sistema de drenaje	39
6.1.7	Tratamiento de lixiviados	43
6.1.8	Chimeneas para gestión de biogás	45

6.1.9	Disposición de desechos hospitalarios peligrosos	46
6.2	Operación y mantenimiento	48
6.2.1	Organización administrativa	49
6.2.1.1	Estructura orgánica	50
6.2.2	Descripción de puestos	52
6.3	Capacitación	56
6.4	Procedimientos de operación	57
6.4.1	Horario de operación	57
6.4.2	Control de acceso	57
6.4.3	Detección de residuos prohibidos	58
6.4.4	Irregularidades en los vehículos	58
6.4.5	Control de tráfico	59
6.4.6	Comunicación con el conductor	59
6.4.7	Recepción de residuos	60
6.4.8	Almacenamiento de residuos en el sitio	61
6.5	Disposición de residuos	62
6.5.1	Construcción de celda	64
6.5.2	Segregación de residuos sólidos en el relleno	68
6.5.3	Uso de la maquinaria	68
6.5.4	Control y mantenimiento adicionales en la operación	68
6.5.4.1	Control de humedad	69
6.5.4.2	El viento y los materiales livianos	69
6.5.4.3	Olores	70
6.5.4.4	Insectos	71
6.5.4.5	Roedores	71
6.5.4.6	Aves	72
6.6	Procedimientos de manejo del sistema de tratamiento de los lixiviados	74
6.6.1	Procesos de descomposición de los residuos	74
6.6.2	Manejo de lixiviados	75
6.6.3	Mantenimiento del sistema de tratamiento de lixiviados	76
6.7	Estudio de impacto ambiental	77

Detalle	Pág.	
6.7.1	Objetivos	77
6.7.2	Alcance del estudio	78
6.7.3	Marco legal	78
6.7.4	Línea base	79
6.7.5	Condiciones legislativas y normativas	79
6.7.6	Determinación del área de influencia y de las áreas sensibles	81
6.7.6.1	Determinación del área de influencia	81
6.7.6.2	Identificación y evaluación de impacto ambiental	81
6.7.6.3	Identificación , análisis y valoración de los impactos ambientales significativos	84
6.7.7	Plan de manejo ambiental	86
6.7.7.1	De las restricciones	87
6.7.7.2	De los servicios	87
6.7.7.3	Del cerco y caseta de control	87
6.7.7.4	De la señalización	87
6.7.7.5	De las vías de acceso y salida	88
6.7.7.6	De los vigilantes	89
6.7.7.7	De los controles	89
6.7.8	Normas para controlar, prevenir o mitigar los impactos ambientales durante la ejecución del Relleno Sanitario	91
6.7.8.1	Recomendaciones para los campamentos	93
6.7.8.2	Disposiciones referentes a materiales de préstamo	94
6.7.8.3	Disposiciones para el movimiento de tierras	95
6.7.8.4	Disposiciones para la excavación de zanjas	96
6.7.8.5	Equipo de protección personal	96
6.8	Plan de cierre del Relleno Sanitario	98
6.9	Plan de monitoreo	100
6.9.1	Monitoreo de la calidad del agua	101
6.9.2	Monitoreo del componente aire	105
	Bibliografía	110
	Vita	112

INDICE DE TABLAS

Tabla No		Pág.
2.1	Fuentes de residuos sólidos municipales en la comunidad	8
4.1	Residuos sólidos a recibir diariamente	21
6.1	Total de habitantes	27
6.2	Tipo de vivienda	28
6.3	Población económicamente activa según grupos ocupacionales	28
6.4	Población económicamente activa según ramas de actividad	28
6.5	Índices de salud	29
6.6	Servicios Básicos	30
6.7	Determinación de la situación Per-Cápita residencial	32
6.8	Tratamiento de la información – Determinación de PPC	34
6.9	Calidad de los residuos sólidos	35
6.10	Calicatas	37
6.11	Perfil del Subsuelo	38
6.12	Producción de líquidos lixiviados por precipitación y tipo de relleno	41
6.13	Datos típicos composición de lixiviados provenientes de vertederos Nuevos y maduros	43
6.14	Concentraciones típicas	45
6.15	Residuos – Procesos – Subproductos	74
6.16	Puntos de toma de muestras de agua	101
6.17	Tabla de parámetros de monitoreo de descargas líquidas	102
6.18	Tabla de parámetros de monitoreo de lixiviados	104
6.19	Tabla de parámetros de monitoreo de emisiones a la atmósfera	106

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico No	Pág.
2.2 Proceso de reciclaje	10
3.1 Método de trinchera	13
3.2 Excavación de zanjas	14
3.3 Método de área	14
3.4 Cobertura	15
3.5 Colocación de geotextil y geomenbrana	17
6.1 Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables	39
6.2 Celda Hospitalaria	48
6.3 Organigrama conceptual de un relleno sanitario	51
6.4 Morfología de la celda diaria	63
6.5 Compactación de capas de residuos sólidos	64
6.6 Compactación de residuos	65
6.7 Proceso de construcción de celda diaria (A)	66
6.8 Proceso de construcción de celda diaria (B)	66
6.9 Proceso de construcción de celda diaria	67
6.10 Mallas móviles para control de materiales ligeros	70
6.11 Identificación de roedores	72
6.12 Sistema de control de aves	73
6.13 Letrero de operación de Relleno Sanitario	88
6.14 Letrero de acceso de Relleno sanitario	88

RESUMEN EJECUTIVO

El crecimiento de la población, así como el desarrollo industrial, la urbanización y otros procesos y efectos del desarrollo experimentado por los países de América Latina, vienen produciendo un incremento considerable en la cantidad y variedad de los residuos sólidos generados en las actividades desarrolladas por la población.

Los problemas ocasionados por un inadecuado manejo de estos residuos están afectando, tanto a las grandes ciudades y sus zonas marginales, como a las pequeñas poblaciones rurales. En muchos Municipios el manejo empírico del servicio de aseo urbano, con una evidente falta de criterios técnicos, económicos y sociales, ha ocasionado que este servicio carezca de una adecuada planificación y organización, lo cual se ha traducido en altos costos de funcionamiento que las mismas municipalidades han tenido que subsidiar consumiendo buena parte de su presupuesto.

Consecuencia de lo anterior, es el déficit económico permanente que existe en un gran número de servicios de aseo y, las inadecuadas prácticas de disposición final de las basuras, las cuales por la falta de recursos, interés o conocimientos técnicos se descargan inapropiadamente dentro o fuera de las áreas urbanas, dando origen a un sin número de basureros dispersos, los que generan, entre otros, un problema social y de salud pública.

El problema social tiene su base en las personas que se dedican a segregar y comercializar los residuos, quienes realizan estas actividades en condiciones riesgosas y precarias inaceptables en una sociedad moderna. El peligro para la salud pública surge en los mismos basureros, los que además de causar malos olores y problemas estéticos, son cuna y hábitat de moscas, ratas y otros vectores de enfermedades y fuentes de contaminación del aire o de fuentes superficiales o subterráneas de agua.

Lo indicado anteriormente podría controlarse, si la disposición final de las basuras se hiciera en una forma adecuada, tal como un relleno sanitario operado correctamente, lo que además permitiría prevenir la contaminación.

EXECUTIVE SUMMARY

Population growth, as well as industrial development, urbanization and other processes and effects of development experienced by Latin American countries, have been producing a considerable increase in the amount and variety of solid waste generated in the activities developed by the population.

The problems caused by improper handling of this waste are affecting both large cities and their marginal areas, as well as small rural populations. In many Municipalities, the empirical management of the urban cleaning service, with an obvious lack of technical, economic and social criteria, has caused this service to lack proper planning and organization, which has resulted in high operating costs than the same Municipalities have had to subsidize consuming a good part of their budget.

As a consequence of the above, it is the permanent economic deficit that exists in a large number of cleaning services and, the inadequate practices of final disposal of garbage, which due to lack of resources, interest or technical knowledge are discharged inappropriately inside or outside of urban areas, giving rise to a number of scattered landfills, which generate, among others, a social and public health problem.

The social problem is based on people who are dedicated to segregating and marketing waste, who perform these activities in unacceptable risky and precarious conditions in a modern society. The danger to public health arises in the same dumps, which in addition to causing bad odors and aesthetic problems, are the cradle and habitat of flies, rats and other vectors of diseases and sources of air pollution or surface or underground water sources.

The above could be controlled, if the final disposal of the garbage was done in a suitable way, such as a sanitary landfill operated correctly, which would also allow to prevent contamination.

INTRODUCCIÓN

El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos es complejo y se ha venido agudizando con el crecimiento y desarrollo económico de la sociedad; provocando a su vez una serie de inconvenientes sanitarios, tales como, la generación de focos de infección y vectores contaminantes de fuentes hídricas y recursos naturales.

Para el tratamiento de los desechos urbanos no es suficiente conocer los aspectos generales, como por ejemplo: recolección, reciclaje y disposición final; sino también el aplicar nuevos conceptos y tecnologías sostenibles, en donde los residuos, especialmente los orgánicos se direccionen hacia procesos, en los cuales no solo se reduzca la cantidad, sino también se pueda obtener un producto o subproducto(s) que generen un valor agregado.

En la actualidad la búsqueda de soluciones adecuadas, para la gestión integral de residuos sólidos urbanos, desde el punto de vista ambiental, técnico y económico ha hecho necesario el desarrollo de diversas alternativas que presenten características de sostenibilidad, una de estas alternativas es el Relleno Sanitario, tema en el cual se enfoca el presente trabajo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema principal en la mayoría de ciudades pequeñas es la poca o inadecuada gestión que realizan los gobiernos de turno por construir, operar y mantener un relleno sanitario, esto se agrava debido a la crisis económica y a la debilidad institucional que obligan a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas.

Debido a lo anteriormente mencionado, es imprescindible orientar a los pequeños Municipios la manera de implantar un relleno sanitario como la mejor solución para la disposición final de los desechos sólidos, escogiendo la mejor alternativa de acuerdo a la posibilidad económica Municipal.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN

El relleno sanitario manual, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente para POBLACIONES MENORES A 30000 HABITANTES. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento. Teniendo las siguientes ventajas de implantar un relleno sanitario de tipo manual:

- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compostación.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Un relleno sanitario manual es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.
- Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.

- Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc.
- Un relleno sanitario manual puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal

1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

- La capa de cobertura tiene que ser de por lo menos 15 cm compactada
- Los desechos orgánicos se compactan en un 12% como máximo.
- Se debe impermeabilizar el suelo con arcilla u otro material similar para evitar la filtración de líquidos percolados.
- Los líquidos percolados tienen una DBO de 4800 mg/lt
- Los desechos orgánicos tienen un 70% de agua

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario manual, debido a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionada en general por factores tales como:
 - La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario manual.
 - La negativa de la población en establecer un relleno sanitario manual cerca a su localidad al asociar el término "relleno sanitario" al de un "botadero de basuras a cielo abierto".
 - La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales.
 - El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.
- La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe estar en manos del encargado del servicio de aseo,

debiendo éste contar a su vez con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras.

- Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se muestran renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.
- Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años después de terminado el relleno, por lo tanto se dificulta el uso del terreno. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

1.5 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Contribuir tanto a facilitar la toma de decisiones como a enfrentar la construcción de los rellenos sanitarios manuales, obras de saneamiento básico que aunque pequeñas, tienen un gran significado para elevar la calidad de vida de la comunidad, conservar el ambiente, y proteger los recursos naturales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Orientar a los pequeños Municipios en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario manual, de manera que la obra sea realizada de acuerdo a las condiciones de la zona.
- Determinar los Efectos de la inadecuada gestión de residuos sólidos.
- Analizar la gestión de los residuos sólidos Municipales.
- Diferenciar entre un botadero a cielo abierto y un relleno sanitario.
- Diseñar de un relleno sanitario manual.

- Determinar la forma de control, operación y mantenimiento del relleno sanitario manual.
- Estudio de Impacto Ambiental
- Determinación de costos

1.6 TERMINOLOGÍA

Ciudad pequeña. Asentamiento humano de aproximadamente 5.000 habitantes o menos que cuenta con un trazo urbano definido.

Relleno sanitario manual. Método simple de enterramiento sanitario de los residuos sólidos con el empleo de mano de obra y herramientas simples.

Residuo sólido. Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los produce.

Zona rural. Área donde se establece una población dispersa, sin trazo urbano definido que alberga a menos de 5.000 habitantes.

Basura. Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido —con excepción de excretas de origen humano o animal— que carece de valor para el que la genera o para su inmediato poseedor. Están comprendidos en la misma definición los desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de hospitales y de mercados, entre otros. Es sinónimo de desechos o residuos sólidos.

Biodegradable. Dicho de la materia orgánica, cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.

Biogás. Mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.), producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

Celda. Conformación geométrica que se les da a los RSM y al material de cubierta debidamente compactado mediante equipo mecánico o por los trabajadores de un relleno sanitario.

Compactación. Acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. El propósito de la compactación en el relleno sanitario es disminuir el volumen que ocuparán los RSM a fin de lograr una mayor estabilidad y vida útil.

Contaminante. Todo elemento, materia, sustancia, compuesto, así como toda forma de energía térmica, radiación ionizante, vibración o ruido que, al incorporarse o actuar en cualquier elemento del medio físico, altera o modifica su estado y

composición o afecta la flora, la fauna o la salud humana. Debe entenderse como medio físico el suelo, el aire y el agua.

Cubicación. Cuantificación del volumen de cualquier material o vacío tomando como unidad el metro cúbico.

Degradable. Dicho de determinadas sustancias o compuestos, cualidad de descomponerse gradualmente mediante medios físicos, químicos o biológicos.

Densidad. Masa o cantidad de materia de un determinado RSM contenida en una unidad de volumen.

Diseño. Trazo o delineación de una obra o figura. Se aplica el término al proyecto básico de la obra.

Disposición final. Depósito definitivo de los RSM en un sitio en condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.

Impacto ambiental. Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Lixiviado o percolado. Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura y atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes. Otros factores que contribuyen a la generación de lixiviado son el contenido de humedad propio de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

Material de cobertura. Capa superficial de tierra en cada celda que tiene como finalidad aislar los residuos del ambiente externo, controlar infiltraciones y la presencia de fauna nociva.

Reciclaje. Proceso mediante el cual ciertos materiales de la basura se separan, recogen, clasifican y almacenan a fin de reincorporarlos al ciclo productivo como materia prima.

Rehúso. Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado de la misma manera que antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

Usuario. Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, ya sea como propietario del inmueble en donde este se presta o como receptor directo de dicho servicio.

Vectores. Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.

Vida útil. Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir basura de manera continua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Los residuos sólidos comprenden todos los desechos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son denominadas como inútiles o superfluas; y comprenden toda la masa heterogénea de los desechos de una comunidad.

Algunos fenómenos ecológicos tales como la contaminación de aire, suelo y agua han sido atribuidos a la gestión y a la carencia de políticas apropiadas para el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

De otro lado hay diferencias entre los residuos sólidos municipales generados en países desarrollados con respecto a los generados en países en vía de desarrollo, tanto en composición como en cantidad (la tasa de generación de residuos sólidos es dos a cuatro veces mayor en países desarrollados que en Latinoamérica).

En Latinoamérica hace 30 años la generación de residuos per-capita era de 500 g/día, mientras que en 1995 se estimó en unos 1000 g/día per- capita (275.000 ton/día). De los cuales se considera que solo el 70% es recolectado y de ello solo el 30% se dispone en rellenos sanitarios; predominando los botaderos a cielo abierto con quema indiscriminada de desechos y sin tratamiento de lixiviados.

En la actualidad la búsqueda de soluciones adecuadas, para la gestión integral de residuos sólidos urbanos, desde el punto de vista ambiental, técnico y económico ha hecho necesario el desarrollo de diversas alternativas que presenten características de sostenibilidad, Aldemar Martínez (2005)

2.2 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)

2.2.1 Concepto. - Los residuos sólidos municipales o urbanos comprenden todos los residuos que provienen de actividades principalmente humanas desarrolladas en los núcleos de concentración poblacional, tales como capitales, municipios y pequeñas poblaciones. Donde se genera una masa heterogénea producto de la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parques y jardines.

2.2.2 Clasificación y composición de los residuos sólidos municipales. Los residuos sólidos municipales se pueden clasificar según su procedencia o fuentes de

generación y su naturaleza. En la tabla 1 se exponen las instalaciones o actividades y los tipos de residuos sólidos relacionadas con las fuentes de generación.

Tabla 2.1 Fuentes de residuos sólidos municipales en la comunidad.

Fuente	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan	Tipos de residuos sólidos
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques residenciales de baja, mediana y elevada altura, etc., unifamiliares y multifamiliares.	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, madera, vidrio, latas de hojalata y aluminio, electrodomésticos, neumáticos, pilas, residuos peligrosos.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	(Como en comercial)
Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación / renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios municipales	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo	Residuos especiales, basura, barreduras de la calle, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. *Gestión integral de residuos sólidos. Volumen I. México: McGRAW-HILL, 1994. p. 47.*

2.3 RECICLAJE

Es importante aclarar la diferencia que existe entre el concepto de recuperación y el de reciclaje, entendiéndose el primero como todas aquellas actividades que involucran únicamente la recolección de residuos sólidos, transporte, separación y limpieza; donde el material recuperado no sufre ningún tipo de transformación. Por otra parte el reciclaje es un estado donde se incluye la recuperación pero con la posterior transformación en un nuevo producto.

2.3.1 Definición. Proceso conformado por el conjunto de actividades necesarias para que las materias primas que componen un producto ya utilizado por el consumidor final, se reintegren a un proceso productivo similar o diferente al que anteriormente fueron sometidas.

Otra definición de reciclaje es la siguiente: Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelven a los

materiales sus potencialidades de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos, María Molina (2000).

2.3.2 Beneficios del reciclaje. Existen tres razones básicas por las cuales el reciclaje es la mejor opción:

- Beneficios ambientales: la vida del ser humano debe girar en torno a la protección del medio ambiente, procurando siempre alcanzar el desarrollo sostenible. Este es uno de los beneficios más importantes, puesto que con el reciclaje se disminuye la explotación de recursos naturales, el empleo de sustancias químicas perjudiciales para el ambiente y se disminuye la cantidad de residuos depositados en vertederos o relleno sanitarios.
- Aspectos económicos: los materiales recuperados o reciclados pueden comercializarse, con lo cual aumentan las posibilidades que por lo menos se pueda recuperar la inversión en los procesos de recuperación y reciclaje. Además, se obtiene un ahorro en costos de producción por el menor precio de compra de la materia prima reciclada respecto a la materia prima virgen.
- Beneficios sociales: el reciclaje es una fuente de empleo donde principalmente se benefician los recicladores informales, quienes ven en el la oportunidad de mejorar sus condiciones de vida. Además los municipios mejoran su imagen por medio de la “cultura de la no basura”.
- Fundamentos legales: en los países desarrollados los gobiernos están obligando a reciclar, imponiendo penalizaciones, económicas y civiles a quienes no acaten las normas legales impuestas; además de establecer incentivos para estimular el reciclaje.

2.3.3. Etapas del proceso de reciclaje. Las etapas que conforman el proceso de reciclaje son las siguientes:

- Separación en la fuente: los residuos sólidos inorgánicos generados en la fuente pueden ser separados de los residuos orgánicos únicamente, o pueden ser separados por el tipo de material, sea este papel y cartón, plástico, vidrio, metales, etc. Lo ideal es que sean separados en la fuente de generación por tipo de material; pero esta actividad representa para el consumidor final disponer de un mayor espacio, mas recipientes de deposito, y además los volúmenes generados a nivel

municipal (comercial y doméstico) no son muy representativos respecto a los generados a nivel industrial por lo cual muchas veces el consumidor final no le encuentra justificación.

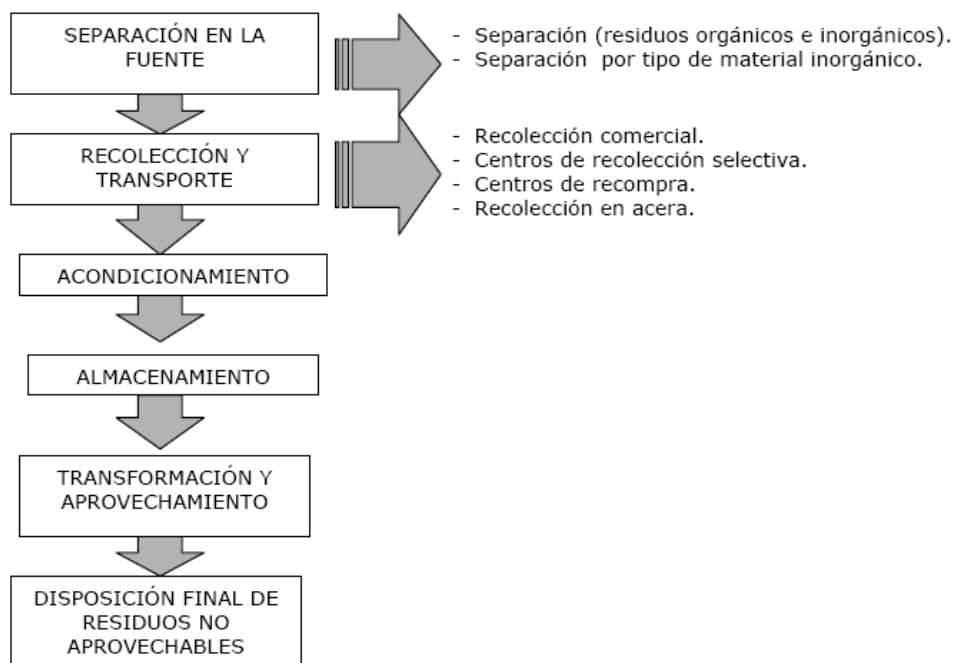
- Generalmente la separación en la fuente de generación (hogares, oficinas, colegios, restaurantes, etc.) se lleva a cabo empleando dos recipientes, uno para residuos orgánicos y otro para los inorgánicos.

- Disposición final de residuos no aprovechables: aquellos residuos que no pudieron recuperarse son vertidos en rellenos sanitarios controlados que cumplan con las condiciones adecuadas.

- En la figura 2.2 se puede apreciar el proceso de reciclaje con sus respectivas etapas.

- Todos los métodos de separación en la fuente, recolección, transporte, adecuación y tratamiento; emplean tecnologías con ventajas y limitaciones. Lo importante es tener presente, que no hay una respuesta o una solución única, por lo cual se deben evaluar las condiciones que se presentan en el lugar donde se pretenda implementar un sistema de recuperación y reciclaje de residuos sólidos municipales.

Figura 2.2 Proceso de reciclaje.



Gestión ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos. Bogotá: ICONTEC, 1999.

2.4 RELLENO SANITARIO

Los Rellenos Sanitarios son obras que se utilizan para la disposición de residuos sólidos urbanos y a su vez, no contaminar el medio ambiente. La contaminación es el factor principal de los rellenos sanitarios, y, es por eso que debemos de tomar en cuenta todas las medidas y estudios de control. Ya que la contaminación nos da muchos riesgos, para la salud de los seres Humanos y el Medio Ambiente. Las medidas y estudio que se deben de realizar son: Estudio detallista de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y escoger el lugar hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero. El relleno sanitario se emplea en comprimir la basura lo más que se pueda y después cubrirla con una capa de tierra y otros materiales y así consecutivamente colocar otra capa de basura, hasta que el relleno sanitario se complete. Este es un procedimiento de ingeniería para la utilización de residuos sólidos en el suelo, de modo que se le dé protección al medio ambiente.

Tipos de relleno sanitarios: Con o sin trituración, Con o sin compactación de lixiviados, Con o sin selección previa y Con o sin recuperación de gases. Pero debemos de tener recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Ventajas.

- Bajo costo inicial, operación y mantenimiento.
- Aprovechamiento de terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc.
- Solucionar el problema, completo y definitivo, a numerosos municipios importantes que se ven todavía abrumados por numerosos costos; humos, olores, plagas, molestias públicas que se generan con otros métodos de eliminación de basura.
- Un relleno sanitario puede empezar a trabajar en poco tiempo como método de eliminación.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

Desventajas.

- Debe tener una buena planificación sobre todo con una buena concientización del ciudadano, para adoptar medidas pertinentes puede provocar contaminación del suelo, aire, agua y desvalorización de terrenos aledaños.
- Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Obstrucciones en las tendencias del crecimiento de la población.
- Asentamientos de villas inestables ocupados por minadores que subsisten de los materiales que seleccionan de los desechos.

Conclusión.

Es necesario decir que un relleno sanitario preparado correctamente puede llegar a originar suficientes fuentes de trabajo, con el reciclado de papel, vidrio, metales, etc., se obtienen ganancias, y se resuelve parte del problema de la basura, y el económico. Si se utilizan los residuos orgánicos se lograrían cultivar esos terrenos que estarán fértiles por todos los desechos orgánicos que han recibido; esto evitaría que los minadores anden vagando por los basurales donde pueden llegar a quedar contaminados. De esta forma la municipalidad puede tener otros ingresos de dinero y puede llegar a adquirir su propia planta recicladora, fuente (www.arqhys.com).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 ACTIVIDADES

- Investigación
- Trabajo de campo
- Recopilación de información
- Tabulación de datos
- Estudio de impacto ambiental

3.2 SELECCIÓN DEL SITIO

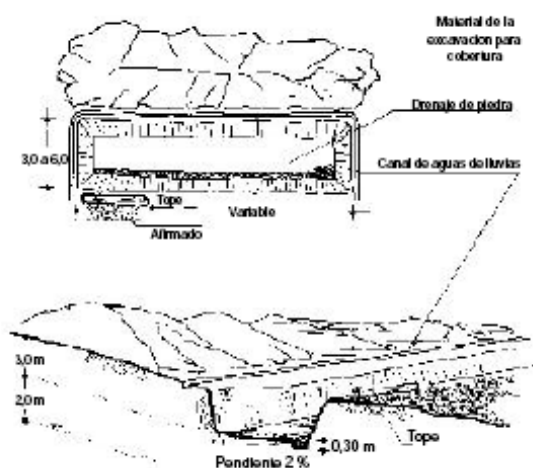
Para construir un relleno sanitario es importante seleccionar el terreno que reúna Condiciones técnicas adecuadas como son: topografía, nivel a que se encuentran las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir la basura.

De acuerdo con las características del terreno, el relleno sanitario puede construirse siguiendo los métodos de área, zanja o una combinación de ambos métodos.

El Método de Zanja o Trinchera Se utiliza generalmente en terrenos planos.

Se hace una zanja de 2 o 3 metros de profundidad. La basura se deposita dentro, luego se compacta y se va cubriendo con la misma tierra que se sacó de la zanja.

FIGURA 3.1 MÉTODO DE TRINCHERA



Fuente: Jorge Jaramillo, Rellenos sanitarios manuales. (2002)

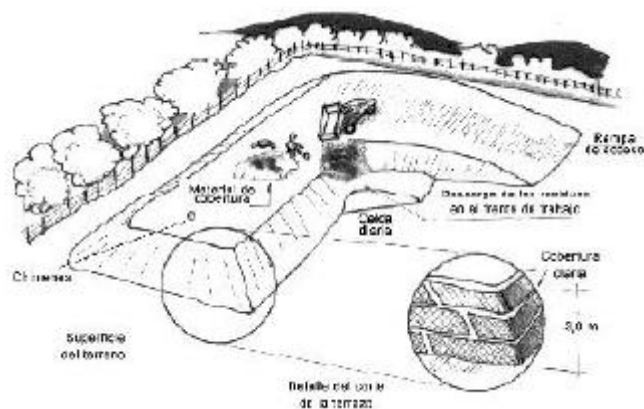
El método de área se puede utilizar tanto en terrenos planos como para rellenar depresiones o canteras abandonadas. La tierra utilizada para cubrir la basura debe ser traída de otros sitios como laderas o montañas, la basura se deposita directamente en el suelo, en el caso del terreno plano; o de partes más profundas hacia las más altas, en el caso de las depresiones, la basura se esparce, compactada y recubre diariamente con una capa de 10 a 20 cm de tierra.

FIGURA 3.2 EXCAVACIÓN DE ZANJAS



Fuente: Autor

FIGURA 3.3 MÉTODO DE ÁREA



Fuente: Jorge Jaramillo, Rellenos sanitarios manuales. (2002)

3.3 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL RELLENO

El relleno debe contar con:

- Una buena compactación de los desechos sólidos, antes y después de cubrirlos con tierra.
- Cubrimiento diario de la basura con una capa de tierra o material similar.
- Controlar con drenajes y otras técnicas los líquidos o percolados y los gases que produce el relleno, para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- Evitar por medio de canales y drenajes que el agua de lluvia ingrese al relleno sanitario.
- Una supervisión constante, tanto de los administradores como de las organizaciones comunales.

FIGURA 3.4 COBERTURA



Fuente: Autor

3.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

La construcción de un relleno sanitario es una completa obra de ingeniería, la cual debe ser adecuadamente diseñada y planificada, de modo que constituya una solución técnica y económicamente viable, a la vez de eliminar o mitigar los impactos negativos que pudiera generar sobre su entorno.

Por eso las consideraciones de diseño, comprende las siguientes etapas:

- Recopilación de información para potenciales sitios (emplazamiento).
- Diseño del relleno sanitario.
- Operación del Relleno.

3.4.1 Emplazamiento del Relleno Sanitario

El emplazamiento, condiciona y restringe fundamentalmente el diseño, construcción y operación del relleno sanitario. El diseño de un relleno no puede ser aplicado a otro con diferente emplazamiento, debiendo analizarse una serie de aspectos para obtener los nuevos parámetros de diseño, construcción y operación correspondientes a la nueva ubicación. Estos aspectos corresponden básicamente a:

- Restricciones de Localización
- Disponibilidad de Terreno
- Condiciones de Suelo y Topografía
- Condiciones Climatológicas
- Hidrología de Aguas Superficiales
- Condiciones Geológicas e Hidrogeológicas
- Uso Final del Terreno
- Otras Consideraciones

3.4.2 Proceso de Impermeabilización

El objetivo de la impermeabilización es el de crear un depósito estanco para la disposición final de los residuos, de modo que éstos y sus subproductos (biogás y lixiviado) queden totalmente aislados del medio circundante. El orden de estas capas es el siguiente:

- Capa de arcilla, pero actualmente puede ser reemplazada por un geosintético denominado GCL (geosynthetic clay liner)
- Membrana geosintética de polietileno de alta densidad (HDPE), esta se utiliza para evitar la contaminación de las napas freáticas por los lixiviados y/o percolados.
- Geonet (optativo), sistema de drenaje para lixiviados.
- Geotextil, es una capa que brinda soporte a la geomembrana impermeabilizante por el tráfico constante de maquinarias pesadas.

FIGURA 3.4 COLOCACIÓN DE GEOTEXTIL Y GEOMENBRANA



Fuente: Autor

3.4.3 Construcción del Relleno Sanitario

La operación del relleno sanitario constituye la construcción propiamente tal del mismo, por cuanto son los residuos recibidos los que dan origen a las celdas, unidades constructivas básicas del relleno. Junto con la construcción del relleno, se desarrollan obras paralelas, como la construcción de drenajes verticales para la posterior extracción del biogás, y se aplican planes orientados a un manejo adecuado de los residuos, fiscalizando la naturaleza de los residuos ingresados, aplicando un continuo control de vectores sanitarios, definiendo programas de manejo de los subproductos del relleno, etc.

Los pasos a seguir son:

3.4.3.1 Construcción de celdas

La forma en que se realice la construcción de la celda es muy importante, ya que de ello dependerá en gran medida el grado de consolidación y estabilidad estructural que alcanzará el relleno, características que a su vez determinarán el uso posterior que se le dará al sitio.

La celda que contiene los residuos, debe cumplir en todo momento el requisito de mantenerlos totalmente confinados, con el fin de: evitar la salida de olores, la emergencia de larvas de insectos, evitar al máximo la salida de líquido percolado,

permitir que se logren rápidamente condiciones anaeróbicas, evitar que se propaguen con facilidad combustiones que se pudieran producir internamente en el relleno, evitar el acceso de roedores, etc.

3.4.3.2 Cobertura de celdas

El objetivo básico de la cobertura de la celda es aislar los desechos confinados en su interior del ambiente exterior, de modo de crear, en el menor tiempo posible, condiciones anaeróbicas para la estabilización microbiológica de los desechos, impedir la propagación de vectores contaminantes que pudiera producirse al estar los residuos en contacto con el medio ambiente por tiempos prolongados y a la vez impedir la infiltración del agua de precipitación que caiga sobre el relleno, la cual aumenta el volumen de lixiviados generados.

3.4.3.3 Manejo de líquidos percolados

El flujo constante de líquido percolado hasta el depósito de acumulación y el no afloramiento del mismo a los pies de las celdas con residuos es un indicador del correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

3.4.3.4 Manejo del biogás

La generación de biogás en un relleno sanitario, en general, comienza alrededor de los 6 a 8 meses después de colocados los residuos sólidos y se prolonga por un lapso de 15 años después del término de la operación final del relleno.

La forma de extracción de biogás que se emplea ha sido ampliamente probada y sus resultados hasta el día de hoy son eficientes: la construcción de chimeneas de drenaje que permiten la evacuación natural o forzada del biogás, desde el fondo del relleno hasta la superficie.

La medida más importante para evitar molestias causadas por la dispersión de emisiones olfatorias es la cubierta diaria de los desechos. La cubierta con tierra impide considerablemente el contacto de los gases productos de la biodegradación con el aire.

3.4.3.5 Plan de monitoreo ambiental

Este plan de monitoreo consiste en inspecciones y tomas de muestras para analizar el comportamiento y evolución de los distintos agentes, de modo que ellos no representen riesgos a la salud humana o del medioambiente, a la vez que no constituyan riesgos de operación para el normal desarrollo de las actividades en el relleno sanitario.

3.4.3.6 Plan de cierre

Una vez finalizada la operación del relleno sanitario se debe dar comienzo a un proceso denominado Plan de Cierre, en el cual se llevan a cabo los procesos de abandono y recuperación del terreno.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS A RECIBIR DIARIAMENTE

Los volúmenes de producción y características de residuos sólidos son muy variables, ciudad por ciudad, país por país, en función de los diferentes hábitos y costumbres de la población, de las actividades dominantes, del clima, de las estaciones y otras condiciones locales que se modifican con el transcurso de los años.

Estas variaciones influyen mucho en la búsqueda de la solución más apropiada a los problemas involucrados en las operaciones del servicio de aseo. Las operaciones básicas a las que es necesario dar solución son: el almacenamiento, la recolección y la disposición final.

En la determinación de la frecuencia se necesita tener en cuenta los siguientes factores:

- Composición física de la basura (contenido de desperdicios y humedad)
- Condiciones climáticas
- Consideración sanitaria
- Recurso disponible para la recolección

En cuanto a la selección de los vehículos recolectores, es muy común el uso de camiones compactadores. En este caso, la sobrecarga de los vehículos es muy probable por la alta densidad de la basura, lo cual provoca el desgaste prematuro de los vehículos, sobre todo de los resortes y ejes traseros. Por lo tanto, es muy importante seleccionar la combinación oportuna de cajas y chasis teniendo en cuenta las características de la basura en cuestión.

En resumen, es indispensable que los funcionarios del servicio de aseo conozcan bien las características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos actuales de su ciudad así como sus proyecciones futuras. Estos conocimientos son fundamentales para un debido cumplimiento de las siguientes tareas:

- Planeamiento adecuado del servicio de aseo a corto, mediano y largo plazo
- Dimensionamiento del servicio de aseo
- Selección de equipos y tecnologías apropiados.

El análisis de la basura tiene como objetivo el permitir conocer en forma fidedigna dichas características, al objeto de contar con los antecedentes necesarios para dar correcta solución a los problemas que se plantean.

Tabla de toneladas esperadas por día en relación a la población atendida

Población Atendida habitantes	Producción per cápita Kg / hab. / día					
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
	Toneladas x día					
3000	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
5000	1.5	2	2.5	3	3.5	4
10000	3.0	4	5	6	7	8
25000	7.5	10	12.5	15	17.5	20
50000	15	20	25	30	35	40
75000	22.5	30	37.5	45	52.5	60
100000	30	40	50	60	70	80

Manual
Manual o mecanizado
Mecanizado

Rendimientos en Rellenos Manuales

Operación	/hr-hombre
Movimiento de desechos	0.95 ton
Compactación de desechos	20 m ²
Movimiento de tierra	0.37 m ³
Compactación de celda	20 m ²

Selección de Equipo basada en población y tonelaje diario

Población	Ton métricas / día	Maquina(s) Requerida(s)
0- 20000	0-45	D3 ó 933
20000- 60000	45-136	D4 ó 939 y un 816
60000- 100000	136-226	D5 ó D6 ó 953 y 816

Fuente: Manual de rendimiento edición 29 Caterpillar

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El relleno sanitario es el elemento básico para la disposición de los residuos sólidos. La principal razón para ello es que los rellenos han ofrecido tradicionalmente a las municipalidades la operación más fácil y barata para la disposición final de la basura.

Entre los factores que deben considerarse prioritariamente para definir nuevas ubicaciones de rellenos sanitarios, están los criterios de diseño, ingeniería, legales, reglamentarios, de impacto ambiental político y económico.

Al decidir sobre la localización de un nuevo relleno sanitario, los factores que deben considerarse son la salud, la seguridad, los accesos, el clima, el drenaje, la zonificación, la distancia para el transporte y la opinión pública.

La aceptación por parte de los pobladores es generalmente uno de los obstáculos más importantes con que se topan las autoridades. Los lugares con mayor posibilidad de éxito son aquellos que están en zonas industriales o en áreas regionales que dan servicio a varias comunidades y que se encuentran alejadas de desarrollo residencial.

Otro factor que no puede perderse de vista, una vez que el relleno este saturado, es la posibilidad de dar al relleno sanitario una aplicación económica o recreativa, como por ejemplo un estadio, un parque.

Se ha encontrado que un aspecto crítico en la implantación exitosa de sistemas de gestión integral de los residuos sólidos municipales es educar al público en general sobre la administración responsable de los desechos sólidos. Este proceso debe empezar desde los primeros años escolares y estar diseñado para llegar a personas de cualquier edad, así como a todos los sectores económicos de la sociedad.

Los rellenos sanitarios deben ser diseñados y construidos con una capacidad mínima de 5 años y máxima de 30.

El espacio para rellenos sanitarios debe ser considerado como un recurso valioso en vista de que, en un futuro no muy lejano, la mayoría de las municipalidades empezará a sufrir escasez de este tipo de localidades.

A pesar de que pueden estar bien diseñados y construidos, los rellenos sanitarios mal operados pueden provocar impactos importantes sobre la salud humana y sobre el medio ambiente en general (suelo, agua y aire).

5.2 RECOMENDACIONES

Crear una estructura administrativa para la gestión de los residuos sólidos. Capaz de implantar planes regionales de gestión integral de los residuos y de supervisar el funcionamiento del sistema.

Conocer en forma precisa la cantidad e identidad de los residuos generados en la zona, incluyendo los desechos industriales.

Implementar métodos apropiados de recolección y transporte de los residuos sólidos.

Prever la capacidad adecuada para disposición final

Efectuar programas de reducción en la fuente y de reciclaje de los residuos, tanto domiciliarios como industriales.

Ejecutar los planes para la clausura, limpieza y control de los actuales botaderos a cielo abierto, en caso de haberlos.

Contar con un plan de acción agresivo para la implantación de las diversas componentes de un sistema de gestión integral de los residuos sólidos incluyendo programas de educación para la niñez, de motivación para la ciudadanía y de incentivar para las empresas e instituciones.

Debe alentarse a la industria para que considere seriamente las componentes de reducción de origen exceso de materiales de envasado y requerimientos para la disposición final, durante el proceso de diseño de sus productos. También debe animarse a las empresas a eliminar o reducir, tanto como sea posible, las cantidades de envase y de producto que deban finalmente ser desechadas por los consumidores.

Es necesario establecer programas de capacitación para operadores de rellenos sanitarios. Deben considerarse como operadores de relleno sanitario aquellas personas que, durante el desempeño de su trabajo, ejercen juicios que directa o indirectamente pueden afectar la correcta operación de un relleno sanitario.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

El Relleno Sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

6.1.1 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA

6.1.1.1 Aspectos Históricos

Se detallaran las principales referencias históricas y sociales del lugar en el que se va a realizar el diseño del relleno sanitario.

6.1.1.2 Ubicación y características geográficas

Contendrá la ubicación de la Cabecera cantonal, distancias con referencia a la ciudad más cercana, coordenadas, superficie y se determinara las zonas rurales y urbanas con sus respectivos nombres, además contendrá los límites cantonales.

6.1.1.3 Aspectos físicos del área de estudio

- **Clima**

Se investigará el tipo de clima predominante en la zona de estudio, temperaturas en las diferentes épocas del año, precipitaciones, velocidad del viento y demás datos que nos den una idea clara del clima.

La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se deben recopilar para establecer las especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general.

- **Topografía**

Se hará una descripción breve de los rasgos topográficos principales de la zona, su altura en m.s.n.m. y se indicará el tipo de zona a la que pertenece.

- **Suelos**

Mediante un análisis se determinará el tipo de suelo predominante en la zona.

6.1.1.4 Área de influencia

- **Límite del área urbana**

Es importante realizar un plano señalando en forma muy clara el límite del área urbana con su superficie.

6.1.1.5 Aspectos demográficos y urbanísticos

Es necesario conocer el número de habitantes meta para definir la cantidad de Residuos Sólidos que se han de disponer.

Ejemplo:

- **Población y vivienda**

Tabla 6.1

Total de habitantes

AREAS	TOTAL HAB.	HOMBRES	MUJERES
Urbana	6299	2991	3308
Rural	28626	13531	15095
Periferia	5562	2580	2982

La densidad poblacional de la ciudad de es de 78.9 hab/Km2 .

Tabla 6.2***Tipo de vivienda***

	TOTAL VIVIENDAS	TIPO DE VIVIENDA						
		CASA O VILLA	DEPARTAMENTO	CUARTOS EN ALQUILER	MEDIAGUA	RANCHO	COVACHA	CHOZA
Zona Centro	1696	1422	67	92	109	1	4	1
Periferia	1487	1375	1	2	93	5	5	6

- Aspectos socioeconómicos

Tabla 6.3***Población económicamente activa (PEA) según grupos ocupacionales***

GRUPOS DE OCUPACIÓN	TOTAL (%)
Miembros, profesionales técnicos	4.73
Empleados de oficina	1.64
Trab. de los servicios	5.85
Agricultores	29.25
Operarios y Operadores de maq.	20.82
Trab. no calificados	35.84
Otros	1.87
TOTAL	100

Tabla 6.4***Población económicamente activa (PEA) según ramas de actividad***

RAMA DE ACTIVIDAD	TOTAL (%)
Agricultura, ganadería, caza, pesca, silvicultura	56.71
Manufactura	8.42
Construcción	6.59
Comercio	7.72
Enseñanza	3.27
Otras	17.20
TOTAL	100

6.1.1.6 Diagnóstico de la red vial

- **Descripción de la red**

Se realizará una descripción del tipo de calzada, calles asfaltadas, empedradas, de tierra etc, y se las representará en un plano indicando el estado de las vías.

6.1.1.7 Salud

Se realizará un análisis de los Subcentros de Salud y Hospitales con que se cuenta y se recabará la información necesaria para realizar un cuadro de índices de salud similar al que se muestra en el siguiente ejemplo.

Tabla 6.5

Índices de salud

INDICE DE SALUD	RURAL	URBANO	TOTAL
Tasa de mortalidad infantil (o/oo)			
Desnutrición crónica de niños menores de 5 años (%)	62.39	47.32	60.33
Desnutrición Global de niños menores de 5 años (%)	65.67	46.24	63.32
Hogares con saneamiento básico (%)	4.50	31.48	45.56
Personal de salud por cada 10000 hab.	36.10	78.60	42.80
Personal equivalente de salud en el Sector Público por cada 10000 hab.	1.63	38.67	7.34
Personal equivalente de salud en el sector privado por cada 10000 hab.	0.11	12.05	1.95
	1.52	26.62	5.39

6.1.1.8 Industria y comercio

Base principal de la economía de la zona, en el caso de ferias determinar el número de ferias por semana y los principales productos de expendio, en el caso de zonas industriales de igual forma.

6.1.1.9 Servicios públicos básicos

Se presentará un resumen sobre la cobertura de los servicios básicos.

Ejemplo.

Tabla 6.6

SERVICIOS BASICOS	TOTAL (%)
Abastecimiento de agua potable (red pública)	80.40
Alcantarillado sanitario (red pública)	30.40
Servicio eléctrico	83.61
Servicio telefónico convencional	19.50

6.1.2 ESTUDIO DE CALIDAD Y CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS (DEMANDA ACTUAL)

6.1.2.1 Cantidad

Es claro que los tipos de generadores de residuos sólidos en la ciudad pueden clasificarse en domésticos, comerciales, institucionales, de barrido, hospitalarios, básicamente, y de hecho como sucede en la gran mayoría de municipios, los desechos de origen domiciliar representan alrededor del 80% de la totalidad de basura generada, lo sucede con la composición física de la basura, en la que el 80 % de los residuos producidos son de tipo orgánico, entre el 6 y 7% es papel y cartón, cerca al 10% es plástico, alrededor del 2% es vidrio, entre los principales componentes de la basura.

En este sentido, se planifica y lleva adelante el trabajo de campo correspondiente para determinar el PPC (producción per cápita de basura).

- Cálculo del tamaño de la muestra

Siguiendo el mismo procedimiento que establece la Norma respectiva, calculamos el tamaño de la muestra:

t: factor que para $n > 30$, es igual a 2

s: estimación de la variación de la población, que puede ser hasta 20%

N: tamaño de la población en unidades muestrales

d: se tomará entre 0.02 a 0.10 kg/hab-día

La varianza de la producción por vivienda/día varía entre 0.0225 a 0.25.

Cuando se estima que N es grande en comparación con n, la relación $n/N < 0.05$, por lo que se puede tomar como una aproximación de n la relación:

$$n = \frac{t^2 \times s^2}{d^2}$$

Ejemplo. Se asume que el valor máximo esperado de s es del 15%. De acuerdo a la condiciones de la ciudad el valor del PPC estará alrededor de 0.6 kg/hab-día y aceptando un rango entre 0.58 a 0.62 kg/hab-día

Entonces aplicando la fórmula, el valor del tamaño de la muestra será:

$$n = \frac{4 \times 0.0225}{0.0016}$$

$$n = 56.25$$

El tamaño final de la muestra es de 56.

- **RESULTADOS**

El trabajo de campo, como es conocido consiste en entregar una funda diaria a 56 hogares-viviendas previamente seleccionadas en un plano de la ciudad. Cada día de muestreo se recolectan las fundas entregadas, se las pesa y registra, y se entrega otra funda para retirarla el siguiente día.

Finalmente, la información se procesa como lo establece la Norma y se obtiene el PPC en Kg/hab-día.

Los datos de campo y el procesamiento de la información puede observarse en los siguientes cuadros:

- **DATOS DE CAMPO**

Tabla 6.7

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE

DETERMINACION DE LA PRODUCCION PER-CAPITA RESIDENCIAL

FORMULARIO DE CAMPO

RESPONSABLE: **ING. FABIAN LASCANO MARTÍNEZ**

CODIGO DE LA MUESTRA: **M1**

ENTREVISTA	
FECHA DE ENCUESTA:	
DIRECCION:	
NUMERO DE HABITANTES UNIDAD FAMILIAR:	2 HABITANTES

DIA	PESO (KG)	Nº HABITANTES	KG/HAB-DIA
MIERCOLES	0,50	2	0,25
JUEVES	2,00	2	1,00
VIERNES	2,30	2	1,15
SABADO	3,60	2	1,80
DOMINGO			
TOTAL/PROMEDIO	8,40	2	4,20

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE

DETERMINACION DE LA PRODUCCION PER-CAPITA RESIDENCIAL

FORMULARIO DE CAMPO

RESPONSABLE: **ING. FABIAN LASCANO MARTÍNEZ**

CODIGO DE LA MUESTRA: **M2**

ENTREVISTA	
FECHA DE ENCUESTA:	
DIRECCION:	
NUMERO DE HABITANTES UNIDAD FAMILIAR:	2 HABITANTES

DIA	PESO (KG)	Nº HABITANTES	KG/HAB-DIA
MIERCOLES	1,50	2	0,75
JUEVES	2,30	2	1,15
VIERNES	1,50	2	0,75
SABADO	6,00	2	3,00
DOMINGO			
TOTAL/PROMEDIO	11,30	2	5,65

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE

DETERMINACION DE LA PRODUCCION PER-CAPITA RESIDENCIAL

FORMULARIO DE CAMPO

RESPONSABLE: **ING. FABIÁN LASCANO MARTÍNEZ**

CODIGO DE LA MUESTRA: **M55**

ENTREVISTA	
FECHA DE ENCUESTA:	
DIRECCION:	
NUMERO DE HABITANTES UNIDAD FAMILIAR:	4 HABITANTES

DIA	PESO (KG)	Nº HABITANTES	KG/HAB-DIA
MIERCOLES	1,50	4	0,38
JUEVES	1,10	4	0,28
VIERNES	2,00	4	0,50
SABADO	1,00	4	0,25
DOMINGO			
TOTAL/PROMEDIO	5,60	4	1,40

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE

DETERMINACION DE LA PRODUCCION PER-CAPITA RESIDENCIAL

FORMULARIO DE CAMPO

RESPONSABLE: **ING. FABIÁN LASCANO MARTÍNEZ**

CODIGO DE LA MUESTRA: **M57**

ENTREVISTA	
FECHA DE ENCUESTA:	
DIRECCION:	
NUMERO DE HABITANTES UNIDAD FAMILIAR:	5 HABITANTES

DIA	PESO (KG)	Nº HABITANTES	KG/HAB-DIA
MIERCOLES	6,00	5	1,20
JUEVES	7,00	5	1,40
VIERNES	7,00	5	1,40
SABADO	6,00	5	1,20
DOMINGO			
TOTAL/PROMEDIO	26,00	5	5,20

Tabla 6.8

TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

DETERMINACION DE PRODUCCIÓN PER-CÁPITA (PPC)

input

No. pers	prod. Basura			
X1	Y1	X1^2	Y1^2	X1Y1
4	0,98	16	0,96	3,92
5	2,45	25	6,00	12,25
4	1,50	16	2,25	6,00
2	1,55	4	2,40	3,10
2	1,32	4	1,74	2,64
7	0,32	49	0,10	2,24
5	5,20	25	27,04	26,00
6	1,10	36	1,21	6,60
8	7,10	64	50,41	56,80
5	3,45	25	11,90	17,25
5	6,40	25	40,96	32,00
5	2,60	25	6,76	13,00
5	2,70	25	7,29	13,50
5	1,10	25	1,21	5,50
6	7,30	36	53,29	43,80
3	4,10	9	16,81	12,30
7	1,62	49	2,62	11,34
5	0,80	25	0,64	4,00
8	3,90	64	15,21	31,20
5	1,00	25	1,00	5,00
6	1,74	36	3,03	10,44
4	7,50	16	56,25	30,00
4	6,60	16	43,56	26,40
3	0,80	9	0,64	2,40
2	0,63	4	0,40	1,26
6	11,20	36	125,44	67,20
4	2,00	16	4,00	8,00
3	1,10	9	1,21	3,30
5	3,80	25	14,44	19,00
5	3,40	25	11,56	17,00
3	1,25	9	1,56	3,75
6	8,60	36	73,96	51,60
4	5,00	16	25,00	20,00
6	5,30	36	28,09	31,80
6	2,45	36	6,00	14,70
6	2,80	36	7,84	16,80
4	1,30	16	1,69	5,20
4	1,30	16	1,69	5,20
3	2,20	9	4,84	6,60
5	3,45	25	11,90	17,25
5	1,10	25	1,21	5,50
8	4,50	64	20,25	36,00
5	1,50	25	2,25	7,50
4	1,60	16	2,56	6,40
3	1,20	9	1,44	3,60
5	0,58	25	0,34	2,90
7	8,70	49	75,69	60,90
3	5,00	9	25,00	15,00
9	5,20	81	27,04	46,80
5	2,60	25	6,76	13,00
245,00	160,89	1327,00	835,46	863,94
	Y1	X1^2	Y1^2	X1Y1
	0,61			

Con este proceso obtenemos la producción per cápita en Kg/hab/día.

6.1.2.2 CALIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Como en el caso de la cantidad, la calidad obviamente no puede ser tomada en forma aislada por lo que en base a muestreos se establece los resultados obtenidos en un cuadro similar al siguiente:

Tabla 6.9

Calidad de los residuos sólidos

Componente	Porcentaje (en peso)
Desperdicios cocina	76.0
Desechos patios y jardines	0
Papeles y cartones	5.7
Textiles	2.2
Plásticos	9.1
Metales	0.4
Vidrios	1.8
Cerámicas y piedras	0
Cueros	1.6
Otros(tierras, pañales, pilas, etc.)	3.2

En el caso de existir otro tipo de residuos se los colocarán en la tabla mostrada.

6.1.3 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Resulta de suma importancia estimar la población futura que tendrá la comunidad por lo menos entre los próximos 5 a 10 años, a fin de calcular la cantidad de residuos sólidos que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

El crecimiento de la población se podrá estimar por métodos matemáticos, o bien vaciando los datos censales en una gráfica y haciendo una “proyección” de la curva dibujada.

A continuación, un ejemplo de método matemático referido al crecimiento geométrico; es decir, al de las poblaciones biológicas en expansión, para el cual se asume una tasa de crecimiento constante.

La siguiente expresión nos muestra su cálculo:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento de la población

n = (t final – t inicial) intervalo en años

t = variable tiempo (en años)

Sin embargo, se recomienda comparar los resultados obtenidos con otros métodos de proyección.

6.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

La geología y características específicas del suelo del terreno son algunos de los factores más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el sitio.

Gracias a estos se puede obtener información acerca de posibles desplazamientos de las infiltraciones de agua y de una eventual contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Al mismo tiempo, el estudio del suelo permite evaluar la estabilidad del terreno y la localización y calidad del banco de material de cobertura.

Sin lugar a dudas, en los proyectos de relleno sanitario para las grandes ciudades estos análisis tienen una importancia capital y deben ser una exigencia básica en cualquier estudio; pero para el caso de comunidades muy pequeñas, no es necesario ser demasiado rigurosos si, como ya se dijo, se considera la reducida magnitud de las obras y el tipo de residuos que generan. En lo posible, se debe recurrir a los servicios de un geólogo o de otro profesional con conocimientos en estos temas.

Los estudios de campo para poblaciones con menos de 5.000 habitantes pueden consistir solo en simples pruebas de percolación y análisis del suelo.

A continuación, se hará una breve descripción de los principales parámetros que se deben tener en cuenta en el análisis y la evaluación cualquier terreno:

Tipo de suelo: un relleno sanitario debe estar localizado de preferencia sobre un terreno cuya base sean suelos areno-limo-arcillosos (arena gruesa gredosa, greda franco-arcillosa); también son adecuados los limo-arcillosos (franco-limoso pesado, franco-limo-arcilloso, arcillo-limoso liviano) y los arcillo-limosos (arcillo-limoso pesado y arcilloso). Es mejor evitar los terrenos areno-limosos (franco arenosos) porque son muy permeables.

Permeabilidad del suelo: es la mayor o menor facilidad con que la percolación del agua ocurre a través de un suelo. El coeficiente de permeabilidad (k) es un indicador de la mayor o menor dificultad con que un suelo resiste a la percolación del agua a través de sus poros. En otras palabras, es la velocidad con la que el agua atraviesa los diferentes tipos de suelo.

Trabajos de Campo

Se realizará sondeos directos, mediante la excavación de calicatas de 1.50m de profundidad y se tabulará los resultados obtenidos. Ejemplo:

Tabla 6.10

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	UBICACIÓN
Calicata 1	1.50	9874724 N 772520 E 2816 m.s.n.m fuera del área del proyecto
Calicata 2	1.50	9874750 N 772207 E 2773 m.s.n.m dentro del área del proyecto
Calicata 3	1.50	9874836 N 772256 E 2792 m.s.n.m dentro del área del proyecto

Resumen

Del análisis de las muestras obtenidas de las calicatas 2 y 3 se observa que el subsuelo en general es homogéneo conformado por arcillas limosas de baja permeabilidad y ligeramente expansivos. (CH) de tonalidad café.

En la calicata 1, el suelo en general está dominado por arenas limosas permeables no expansivas de color café (SM).

Tabla 6.11

PERFIL DEL SUBSUELO

PERFORACION	CALICATA 1	CALICATA 2	CALICATA 3
PROFUNDIDAD	PERFIL ESTRATIGRAFICO VERTICAL		
0.00 m	ML	CH	CH
-1.50 m	SM	CH	CH

PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS

ESTRATO	ESPESOR (m)	CONSOLIDACION Cv (cm ² /sg)	HUMEDAD 0%	EXPANSION	PERMEABILIDAD K (cm/sg)
SM	1.10	12.8798	27	Baja	0.488 * E-04
CH	1.50	5.8098	De 26 a 27	Baja	0.311 * E-05
		5.9238			0.422 * E-05

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm ²)	COHESION (Kg/cm ²)	FRICCION (grados)
2	1.50	1.23	0.30	12
3	1.50	1.23	0.30	12

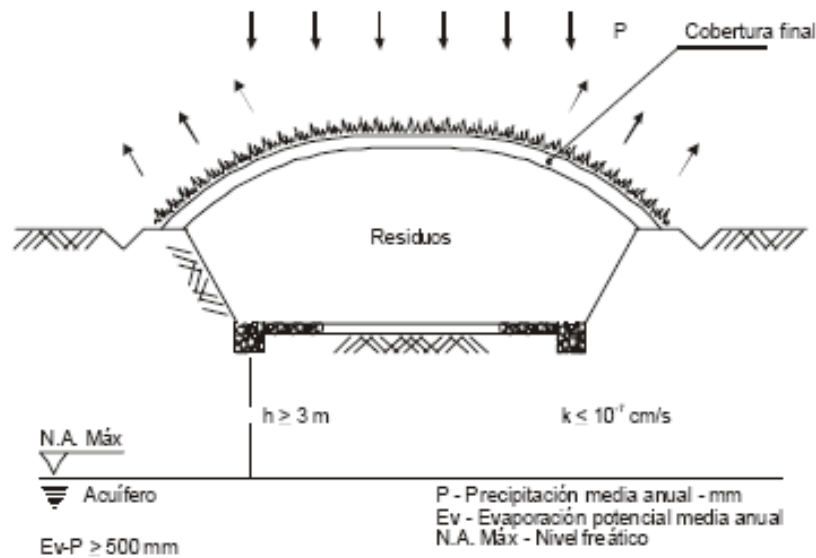
Los suelos entonces tienen una tendencia a impermeabilidad relativa, recordándose que una permeabilidad mínima recomendada para la fundación de un relleno sanitario está alrededor de $1.0 \cdot 10^{-7}$ cm/seg.

6.1.5 CLIMA

6.1.5.1 Condiciones climatológicas

La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se deben recopilar para establecer las especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general.

Figura 6.1 Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables



Fuente: Jorge Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. (2002)

6.1.6 PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO Y SISTEMA DE DRENAJE

Los principales efluentes contaminantes que se producen en un relleno sanitario, que no es sino un reactor biológico, son los líquidos lixiviados (también conocidos como líquido percolado), y el biogás, generados principalmente por la estabilización biológica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos, una vez confinados.

La técnica recomienda controlar el lixiviado mediante un sistema de drenajes ubicado en el fondo del relleno, para captarlos y conducirlos fuera del cuerpo del relleno.

Inicialmente debe estimarse la producción del mismo, mediante un balance hídrico que considere la cantidad de agua que se infiltra, el flujo de posibles aguas subterráneas, la capacidad de retención propia del medio filtrante (en este caso la basura), y la autoproducción de agua o contenido propio de agua que tiene la basura.

La ecuación a considerar es la siguiente:

$$L = I + A_s + A_p - C_r$$

Donde:

L: Cantidad de lixiviados producidos (mm)

I: Cantidad de agua infiltrada (mm)

A_s: aguas subterráneas

A_p: Autoproducción de agua

C_r: Capacidad de retención de agua

Se espera que la cantidad de agua subterránea (A_s) sea nula.

La cantidad de autoproducción de agua y la capacidad de retención de campo por lo general es mínima de acuerdo al volumen de basura/día a manejarse en este tipo de rellenos sanitarios por lo que se la puede considerar despreciable, salvo casos especiales.

De acuerdo a estas consideraciones, la ecuación se convierte en:

$$L = I$$

Es decir que la cantidad de lixiviados será igual a la cantidad de agua infiltrada, infiltración producto de las precipitaciones pluviales en la zona, de todas maneras habrá que construir un sistema de drenaje que pueda servir para eventos de producción de lixiviados esporádicos.

El siguiente cuadro, considera el grado de compactación de la basura y la precipitación:

TABLA No. 6.12**Producción de líquidos lixiviados por precipitación media y tipo de relleno**

Tipo de relleno	Producción de lixiviados (% de la precipitación)	Producción de lixiviados (m ³ /(ha*día))		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Manual	60	11.51	24.66	49.32
Con maquinaria liviana	40	7.67	16.44	32.88
Con maquinaria pesada	25	4.79	10.27	20.55

Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Eva Roben DED, Municipio de Loja, 2002

Para el dimensionamiento de los drenes se utiliza el método de Wilkins, para canales con medio granular en su interior:

$$V = 53,45P \times Rh^{0.5} \times J^{0.25}$$

donde:

V: Velocidad media de flujo (cm/s),

P: Porosidad del medio granular (entre 0.40 y 0.50)

Rh: Radio hidráulico del medio granular (cm)

J: Pendiente del dren (m/m)

$$Rh = (P \times D_s) / (6 (1 - P))$$

donde:

Ds: Diámetro promedio del material granular

P: Porosidad del medio granular (entre 0.40 y 0.50)

Ejemplo de cálculo:

Asumiendo que:

$$D_s = 6 \text{ cm}$$

Caudal de diseño es de $10 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{día}$

Área total del relleno 2.0 hectáreas, tenemos:

$$R_h = (0.45 * 6) / (6 * (1-0.45))$$

$R_h = 0.82 \text{ cm}$, reemplazando en la ecuación 13.1, entonces

$$V = 52.45 * 0.45 * 0.82^{0.5} * 0.03^{0.25}$$

La velocidad media de flujo, en este caso de precolación será de $V = 0.09 \text{ m/s}$

El caudal de diseño Q es igual,

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{día} * 2.0 \text{ has} = 20 \text{ m}^3/\text{día} = 0.00023 \text{ m}^3/\text{s} = 0.23 \text{ lt/s}$$

$$\text{Si } Q = A * V,$$

donde:

Q : caudal en m^3 ,

A : área del dren en m^2 ,

V : velocidad en m/s

El área del dren será:

$$A = Q/V$$

$$A = 0.00023 \text{ m}^3/\text{s} / 0.09 \text{ m/s}$$

$$A = 0.00002 \text{ m}^2$$

El área del dren será de 0.00002 m^2 , ó 0.21 cm^2

Si el dren resultante es muy pequeño como en el presente caso, y constructivamente imposible de realizarlo, en la práctica es conveniente realizar un dren mínimo de 20 cm por 20 cm, de sección cuadrada.

Los drenes secundarios descargarán en un dren principal, los mismos que deben tener una pendiente adecuada y se deberán detallar en el plano constructivo.

6.1.7 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

El proceso de degradación de la materia orgánica, en procesos lentos que alcanzan hasta 30 años o más, origina un líquido que contiene en solución o suspensión una serie de compuestos orgánicos y otros compuestos que caracterizan estos líquidos como altamente contaminantes para el ambiente y peligrosos para la salud.

Tabla No. 6.13

Datos típicos composición de lixiviados provenientes de vertederos nuevos y maduros

Constituyente	Relleno nuevo (< 2 años) Rango	Relleno nuevo (< 2 años) típico	Relleno maduro (> 10 años)
DBO5 (mg/l)	2000-30000	10000	100-200
COT (mg/l)	1500-20000	6000	80-160
DQO (mg/l)	3000-60000	18000	100-500
SS (mg/l)	200-2000	500	100-400
N org (mg/l)	18-800	200	80-120
PH	4.5-7.5	6	6.6-7.5
Coliformes totales (NMP por 100 ml)		6 E+6	
Coliformes fecales (NMP por 100 ml)		3 E+6	

Fuente: Gestión integral de residuos sólidos, Tchobanoglous, Vol 1

Los principales componentes contaminantes de los lixiviados, como puede observarse en el cuadro, son las cargas orgánicas y los coliformes totales y fecales, además de algunos metales pesados característicos.

Los sistemas de tratamiento para disminuir la concentración de metales pesados, sin embargo, son muy costosos pues requieren de una tecnología muy cara, poco accesible para la economía de nuestros municipios, y de costos operativos altos. Algo parecido podría decirse de las tecnologías más avanzadas en cuanto a eficiencia para disminuir los otros contaminantes.

Ante esta realidad, se plantea diseñar un sistema simple básicamente para reducir la carga orgánica, como un tratamiento fácil de manejarse, y consiste en un filtro percolador.

Este reactor consiste en un medio filtrante de material pétreo bien clasificado, entre 3 y 10 cm, en las caras de este material se adhiere una película bacteriana, la misma que constituye el medio para que la materia orgánica sea degradada, esta película se renueva periódicamente, por lo que el medio filtrante debe ser lo suficientemente espaciado, y deberá contar con un canal recolector de fondo. El filtro así construido es de fácil mantenimiento, incluso puede ser lavado.

Parámetros para el cálculo:

Ejemplo de cálculo:

Datos Asumidos:

- Cantidad de lixiviado: $10.0 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{día}$
- Área del relleno: $4426.22 \text{ m}^2 = 0.443 \text{ Has}$
- La tasa de remoción de carga orgánica de estos reactores: $0.40 \text{ kg DBO}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{día})$

Entonces:

El caudal de lixiviado será, $Q = 0.443 \text{ has} * 10.0 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{día}) = 4.43 \text{ m}^3/\text{día}$

La carga orgánica, $CO = 15000 \text{ mg DBO}_5/\text{lt} * 4.43 \text{ m}^3/\text{día} = 66 \text{ kg DBO}_5/\text{día}$

El volumen necesario del reactor, $V_{fp} = 66 \text{ kg DBO}_5/\text{día} / 0.4 \text{ kg DBO}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{día})$

El volumen del filtro percolador es 165 m^3

Si asumimos una altura de 2.0 m, el área corresponde a 10 m de largo por 8 metros de ancho.

Con estas medidas procedemos a elaborar el plan correspondiente y las especificaciones que sean necesarias para su construcción.

6.1.8 CHIMENEAS PARA GESTIÓN DE BIOGÁS

La estabilización biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos produce también diferentes gases orgánicos, de distintos procesos con productos y subproductos volátiles. Este gas en la fase conocida como metanogénica se compone de metano, bióxido de carbono, gas sulfídrico, y otros, en diferentes concentraciones, dependiendo de varias variables. Una concentración y características ilustrativas son las siguientes:

Tabla No. 6.14

Concentraciones típicas

Componente	Porcentaje (base volumen seco)
Metano	45-60
CO ₂	20-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0.1-1.0
Amoniaco	0.1-1.0
CO	0-0.2
Sufuros, disulfuros, mercaptanos,etc.	0-1.0
Constituyentes en cantidades traza	0.01-0.6

Fuente: Gestión integral de residuos sólidos, Tchobanoglous, Vol 1

Este gas puede ser explosivo si se encuentra confinado en mezclas con oxígeno del 5 al 15% en volumen, por lo que es conveniente evacuarlo controladamente del relleno.

Origina riesgos tanto para el medio circundante y para los trabajadores del relleno, aportando además al efecto invernadero, se conoce que su efecto es 29 veces más alto que el propio CO₂.

Por tanto se diseña una red de chimeneas, las mismas que se construirán desde la base misma del relleno; consisten en chimeneas verticales formadas por piedra bola contenida en una malla de gallinero y armada por listones de madera, de sección cuadrada de 0.40 m de lado, y que se irán elevando en módulos previamente contruidos, sujetos con alambre.

Las chimeneas serán independientes del sistema de drenaje de lixiviados, para evitar que estas sirvan de medio adicional para la entrada de agua lluvia.

Al alcanzar la altura planificada, cada chimenea será coronada por un quemador simple que consiste en un tubo de 0.50 m de largo, el que se encenderá y será protegido por un tanque de 55 galones agujereado, colocado al revés.

6.1.9 DISPOSICIÓN DE DESECHOS HOSPITALARIOS PELIGROSOS

En cuanto a la generación de residuos sólidos hospitalarios, un estudio efectuado por la OPS/ECC en 1991 en los países de Centro América y Panamá calculó los siguientes valores promedio para los hospitales en las capitales de esos países:

- i) Generación unitaria por cama: 3,0 kg/cama/día
- ii) Parte no peligrosa y manejable como RSM: 1,5 kg/cama/día
- iii) Parte de residuos reciclables: 1.0 kg/cama/día
- iv) Parte de residuos hospitalarios peligrosos: 0,5 kg/cama/día

Estos valores no tienen grandes diferencias con los de los países desarrollados y del resto de América, y son aplicables en la actualidad.

Tomando como base estos valores se realiza el cálculo del volumen de las celdas para este tipo de desechos.

La celda será manejada separadamente del resto del relleno, la descarga de esta basura será realizada directamente por el vehículo recolector en la celda, sin intervención del personal de recolección; luego de lo cual el personal del relleno, debidamente equipado, procederá a evacuar restos de esta basura que eventualmente quede atrapada en el vehículo; finalmente el recolector y su personal abandonarán las instalaciones del relleno.

La basura así depositada en la celda será esparcida en su interior para evitar su acumulación en el sitio mismo de descarga. Esta operación será efectuada por el personal del relleno, provisto de mascarilla, botas, overol, gorra, y demás equipo de seguridad.

La basura será acomodada manualmente y no será compactada, evitando que las fundas en las que viene contenida, sean rotas.

La basura será cubierta inmediatamente con material de cobertura, en una capa de 0.15 a 0.20 m de espesor.

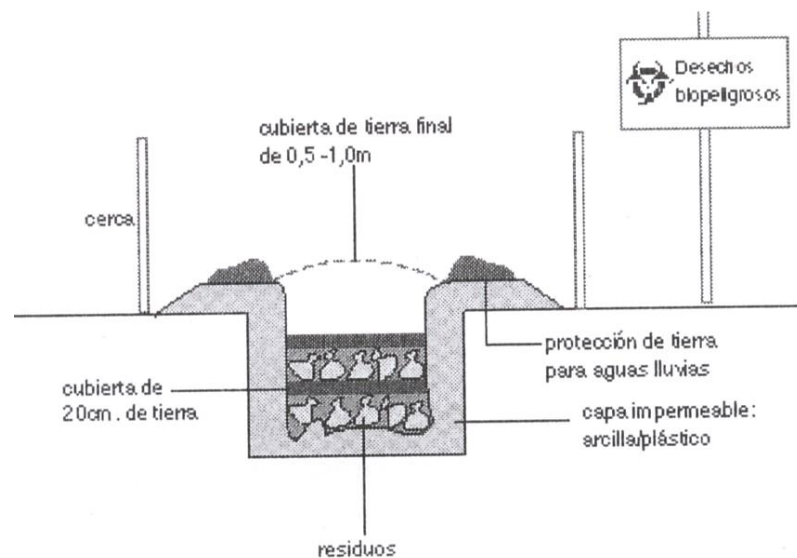
Para evitar la entrada de aguas lluvias a la basura recién dispuesta y cubierta, será conveniente tapar este sitio de trabajo con una lámina de plástico, de fácil obtención en el mercado local.

Este tipo de desechos, confinados exclusivamente, no producen biogás, por lo que no es necesaria la utilización de chimeneas.

Cabe aclarar que este sistema de operación funcionará siempre y cuando los centros de salud productores de estos desechos, cumplan con las disposiciones técnico-legales que obligan una eficiente separación de la fracción peligrosa al interior de estos centros, en caso contrario, a las celdas exclusivas para disposición de hospitalarios peligrosos llega cualquier tipo de basura, incluso orgánica, desvirtuando así el esfuerzo realizado por la Institución que se encuentre a cargo del manejo de este tipo de desechos..

Entre las disposiciones mencionadas se establece que los residuos peligrosos hospitalarios deben estar en fundas, de color rojo preferentemente, y los cortopunzantes serán embalados en recipientes rígidos e inactivados químicamente; en definitiva este tipo de basura se encontrará convenientemente aislada, antes de salir de las instalaciones de los centros de salud y entrar en contacto con el personal del servicio de aseo.

FIGURA 6.2 CELDA HOSPITALARIA



Fuente: COSUDE- Fundación Natura

6.2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Un relleno sanitario localizado y diseñado cuidadosamente puede convertirse en un botadero 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 son necesarios para:

- Evitar que el relleno sanitario se convierta en un botadero a cielo abierto.
- Reducir los impactos negativos potenciales en aire, agua y suelo.
- Minimizar o eliminar los impactos hacia las propiedades adyacentes.

- Reducir los costos de operación (a largo plazo)
- Incrementar la capacidad volumétrica y ampliar al máximo la vida útil.
- Establecer y mantener buenas relaciones públicas.
- Reducir los conflictos con las instancias reguladoras o normativas.
- Reducir accidentes, demandas e indemnizaciones.
- Demostrar la capacidad operativa.

Los procedimientos de operación para un relleno sanitario pueden variar, dependiendo de diferentes factores, entre los que se puede citar el tipo de relleno, el clima, las cantidades, tipos de residuos por recibir, la regulación a nivel local, estatal etc. Sin embargo, se pueden establecer ciertas actividades que son muy similares para todos los sitios, como una guía para quienes deben encargarse de su adecuado funcionamiento (GRCDA, 1988)

6.2.1 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

Como todo proyecto, un relleno sanitario, necesita organizar sus procedimientos administrativos, para lograr alcanzar sus objetivos con autosuficiencia económica y eficiencia técnica.

La buena administración se logra contando con una adecuada planeación y organización, a fin de que se realicen ordenada y eficientemente todas y cada una de las actividades a desarrollar dentro del relleno sanitario, tratando de cumplir con los lineamientos marcados por la Legislación Ambiental Vigente en Materia de Disposición Final.

Es importante hacer notar que en la actualidad en América Latina no se le ha dado la importancia suficiente al gerenciamiento de la disposición final de los residuos sólidos, y en general a todo el servicio de aseo público, provocada esta situación por el manejo centralizado a nivel municipal de la prestación de ese servicio; pero lo grave del caso, es que en muchas ocasiones no se tiene un conocimiento certero sobre los costos reales del servicio, y lo que es peor aún no se sabe en realidad como

se invierten los ingresos que reciben los municipios por concepto de la prestación del mismo; ya que todos los ingresos van a dar a la cuenta bancaria única del Municipio.

Por otro lado es importante realizar una labor de concientización de los riesgos que se corren al dar un mal manejo a la disposición final de los residuos, para que la comunidad y las autoridades se den cuenta, de que en realidad es muy importante que se pongan estas tareas en manos de gente capacitada profesionalmente para realizar estas funciones.

Es por tales motivos que en este capítulo se mencionan los aspectos a observar para proponer una estructura organizacional simple pero funcional, se establecen los requerimientos del personal para desarrollar las funciones administrativo- técnicas y operativas del relleno sanitario, los procedimientos básicos para la administración de recursos (materiales, financieros y humanos)

Como cualquier quehacer humano, unas instalaciones de este tipo pasarán por circunstancias no previstas que alteren su normal funcionamiento; sin embargo, la experticia que vayan adquiriendo los funcionarios municipales al manejar las instalaciones, proveerán de soluciones cada vez mejores y fruto del trabajo diario, allí precisamente radica la importancia de que al menos al principio, la operación del relleno esté en manos de la Municipalidad.

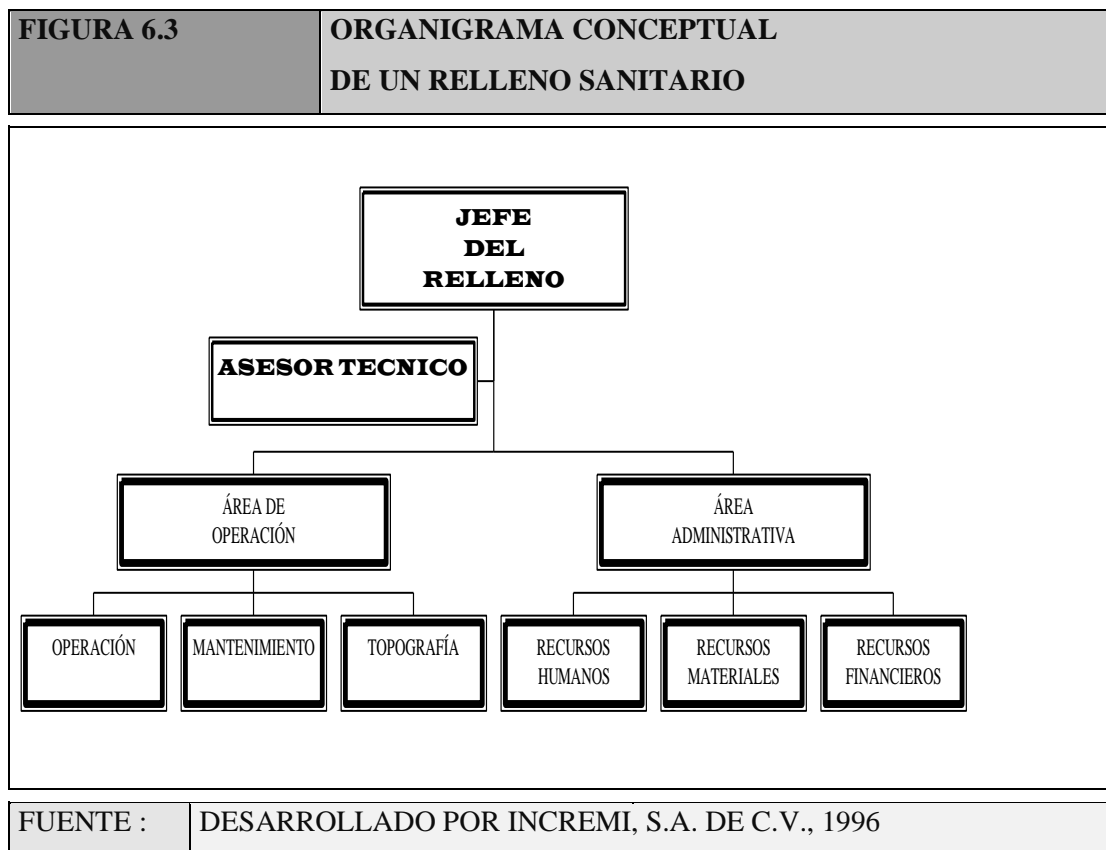
6.2.1.1 ESTRUCTURA ORGÁNICA

No se puede hablar o establecer una estructura orgánica “tipo”, para la administración y operación de un Relleno Sanitario, ya que la complejidad de la estructura dependerá básicamente de la magnitud de sitio, y del grado de autonomía que se le desee otorgar al mismo, para su operación.

Es por esta causa que sólo se recomendará un organigrama conceptual y una plantilla de personal mínimo para llevar a cabo la adecuada administración y disposición de los residuos sólidos dentro del relleno sanitario, con la finalidad de que esta sea tomada como base para estructurar al organismo que prestará el servicio, haciéndolo tan complejo como lo requieran las necesidades y el paso del tiempo.

Contiene información referente a las atribuciones, la estructura orgánica, las funciones de las potenciales unidades administrativas, los niveles jerárquicos, la responsabilidad y la descripción de puestos.

El organigrama proporcionado solamente es referencial, pero sirve de guía justamente para orientar las tareas a ser efectuadas en la instalación.



Las estructuras sugeridas serán para operar, controlar y vigilar el relleno sanitario, y deberán realizarse en forma integral las siguientes funciones:

- Operar, administrar y controlar correctamente el sistema de disposición final.
- Mantener en buen estado la maquinaria, equipo e instalaciones propias del relleno sanitario.
- Proporcionar el servicio de disposición final con el personal adecuado y debidamente capacitado para cumplir correctamente con la función asignada.
- Cumplir con los lineamientos y normas de control del relleno sanitario.

- Llevar el registro presupuestal de los egresos e ingresos efectuados para la operación del sistema, así como de los aspectos más importantes.
- Programar cursos de capacitación y adiestramiento para un mejor desempeño de las actividades.

6.2.2 DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

Como se puede deducir del Organigrama planteado, se requiere de una plantilla de personal que llene los requisitos mínimos necesarios para realizar adecuada y eficientemente las funciones de cada puesto. Por tal motivo, a continuación se hace una descripción de los puestos considerados como necesarios y las funciones que deberá realizar la persona designada a dicho puesto en el relleno sanitario.

Jefe del Relleno Sanitario.

Funciones

Planear, dirigir, supervisar y corregir las diferentes operaciones o actividades para el buen funcionamiento, conservación, mantenimiento y clausura del relleno sanitario.

Elaborar los informes necesarios para el Jefe Inmediato y concentrar la información diaria, semanal y mensual de la dependencia a su cargo.

Planear las actividades que exige la administración de recursos tanto económicos como humanos.

Descripción

Este puesto debe ser ocupado por un ingeniero con conocimientos en el área de disposición final, el cual tendrá que dirigir el avance del relleno sanitario, siendo además el responsable de controlar el funcionamiento, conservación y mantenimiento. Asimismo, desarrollará ciertas actividades de tipo técnico-administrativas.

Actividades Genéricas

- Generar los estados financieros mensuales de la operación del sistema de disposición final, considerando los gastos de operación y mantenimiento del relleno sanitario.

- Generar los controles de asistencia de los trabajadores, la asignación de horarios y turnos de trabajo, así como de los permisos y pagos de salarios.
- Seleccionar al personal idóneo para ocupar los puestos vacantes y promover los cursos de capacitación y adiestramiento para el personal.
- Realizar la adquisición y suministro de uniformes necesarios para que los trabajadores realicen adecuadamente sus funciones (overoles, botas, guantes), así como el equipo indispensable para el desarrollo de actividades especiales (mascarillas, gafas protectoras y cascos)
- Preparar los manuales de organización y procedimientos que apoyen y mejoren el presente manual, de acuerdo con las experiencias y la práctica que haya adquirido durante la operación del relleno sanitario.
- Llevar al día los estados de cuenta, además llevar el control de los gastos diarios.
- Llevar actividades en lo relativo a la Nómina, contratación y control del personal, adquisición de bienes y servicios.
- Efectuar la planeación y programación del avance del relleno establecido de acuerdo a las consideraciones planteadas en el proyecto ejecutivo.
- Elaborar reportes diarios, semanales y mensuales del avance de operación.
- Establecer los días y horarios de funcionamiento del relleno sanitario.
- Coordinar los frentes de operación establecidos de acuerdo a la planeación del sitio, tratando de obtener el máximo rendimiento de la maquinaria.
- Llevar el registro histórico de basura que llega al relleno.
- Optimizar la cantidad de tierra destinada para la cobertura diaria de los residuos.
- Planear, solicitar y supervisar el suministro de combustibles, aceites, graso y repuesto, herramientas y materiales, para evitar tiempos muertos en el mantenimiento y reparaciones menores del equipo y demás suministros para el trabajo.
- Solicitar y proporcionar el equipo de protección personal para la realización de las actividades diarias del personal.
- Informar a sus superiores el avance de operación del relleno sanitario conforme a lo establecido en la planeación del mismo, así como de todas las actividades importantes que se realicen. Asimismo llevará el registro de los costos reales de operación por tonelada o metro cúbico de basura recibida.

- Vigilar que los sistemas construidos para el control de lixiviados y biogás, sean operados adecuadamente.
- Efectuar periódicamente el monitoreo de las aguas subterráneas y de la generación del biogás, así como llevar a cabo las acciones preventivas y correctivas, cuando las condiciones del relleno sanitario pongan en riesgo la seguridad y la salud de la población o impacte negativamente al ambiente.

En resumen, el jefe del relleno efectuará las funciones de la jefatura administrativa y supervisará las de operación.

Asesor técnico.

Funciones

Planificará, coordinará y monitoreará la operación del relleno sanitario y asesorará en la toma de decisiones al Jefe del relleno. Se considera una dedicación de 10 horas/mes.

Descripción

Este puesto debe ser ocupado por una persona experta en manejo de rellenos sanitarios. Deberá acreditar experiencia en diseño, construcción y operación de al menos tres (3) rellenos sanitarios, en los últimos cuatro años; y que preferentemente tenga experiencia técnico-administrativa en gestión municipal.

Actividades Específicas:

- Se familiarizará completamente con el proyecto ejecutivo del relleno sanitario, al que tratará de ajustarse durante la operación.
- Diseñará y planificará los cambios necesarios al plan ejecutivo original, e instruirá al Jefe del relleno para su ejecución.
- Coordinará el funcionamiento del relleno sanitario con las autoridades municipales, asegurando que su funcionamiento se encuentre siempre bajo las normas ambientales vigentes.

Área de operación - mantenimiento:

Topógrafo (equipo de topografía)

El control de avance del relleno será mediante levantamiento topográfico, por lo que es necesario contar con un equipo de topografía mínimo, esto es: un topógrafo, un ayudante y cadeneros. El equipo puede ser proporcionado por otra dependencia Municipal (Departamento de Obras Públicas, por ejemplo), con el requerimiento de al menos 1 día por semana. La coordinación del trabajo estará a cargo del jefe del relleno.

El equipo servirá para levantar niveles y áreas de avance de relleno, cálculo de peso y volumen de basura confinada, etc.

Operador de maquinaria especializada.

Descripción:

Este puesto debe ser ocupado por personal con licencia profesional, con experiencia en el manejo de maquinaria especializada y de preferencia en el movimiento de residuos sólidos. Se encargará de operar la mini cargadora, que es un equipo sustentado en carriles, provisto con hoja topadora para el esparcido, acomodo y compactación de residuos sólidos, así como el esparcido, acomodo y compactación del material de cubierta; estará en condiciones de efectuar algunas reparaciones sencillas al equipo, y sugerirá y coordinará con el jefe del relleno el mantenimiento preventivo y correctivo necesarios.

Actividades Genéricas:

- Proceder a realizar la compactación de los residuos sólidos descargados por los vehículos recolectores, previo esparcimiento de los mismos, pasando con la maquinaria pesada sobre ellos de tres a cuatro veces, sobre el talud inclinado, hasta alcanzar una densidad promedio de 500 kg/m^3 .
- Extender y compactar la cubierta de tierra diaria, sobre la celda formada con los residuos sólidos depositados durante el día, empleando tierra que se acarreará del sitio destinado para este fin. Esta operación se realizará diariamente al final de la jornada.

- Ejecutar y dar seguimiento al programa de mantenimiento preventivo, con el propósito de prolongar la vida útil del equipo y evitar el paro de las actividades básicas del relleno sanitario.
- Llevar registros de entradas y salidas de herramienta, refacciones, combustibles y materiales requeridos para el adecuado funcionamiento de la maquinaria.
- Realizar las reparaciones menores y mantenimiento preventivo, coordinar todo lo relacionado con reparaciones mayores.

Obrero y guardián.

Descripción:

Este puesto será ocupado por personal no calificado, y efectuará diversas tareas como:

- Guiar a los vehículos recolectores y a la minicargadora en el frente de trabajo.
- Provisto de herramientas manuales ayudará en la manipulación de la basura antes de ser compactada y cubierta.
- Limpiará la hoja topadora de la minicargadora, a pedido del operador.
- Construirá las chimeneas para control de biogás.
- Limpieza de canales colectores de aguas lluvias y otras obras.
- Guardianía de las instalaciones y equipos del relleno sanitario.
- Otras tareas que delegue el Jefe del relleno.

Como se mencionó, la actividades administrativas serán realizadas por el Jefe del relleno, mientras sus funciones de coordinación de la operación no se vean comprometidas, caso contrario se asignará personal nuevo para estas tareas.

6.3 CAPACITACIÓN

La capacitación del personal podrá ser mediante la asistencia en el mismo sitio de trabajo, o a través de cursos intensivos especiales, en centros de capacitación o universidades y en escuelas de educación media-superior.

Un buen programa de instrucción no será útil solamente para el empleado, sino también para la Dependencia responsable del servicio; ya que el tiempo que el

empleado dedica a aprender nuevos procedimientos, métodos o técnicas, se compensa con creces, cuando logra un mayor rendimiento en su trabajo. La capacitación de nuevos funcionarios antes de que empiecen realmente a trabajar, es de importancia fundamental y puede evitar errores costosos y pérdidas de tiempo excesivas.

Las visitas de supervisores y personal operativo a otras instalaciones semejantes que se encuentren operando adecuadamente, pueden servir para que adquieran una visión más amplia de su trabajo.

6.4 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES

Se refieren a los procedimientos que deberán efectuarse antes de que los desechos sólidos sean depositados en el frente de trabajo de la celda, observando condiciones establecidas para la operación.

6.4.1 Horario de Operación.

Típicamente el horario de operación del relleno sanitario, será impuesto por el programa de recolección. En este caso, el horario de operación será de 10h00 a 18h00, de lunes a sábado. El relleno operará incluso en días festivos o feriados, cuando el servicio de recolección así lo haga.

El horario de operación puede ser modificado, basándose en la cantidad de residuos sólidos por recibir durante una determinada época.

Es necesario que el personal llegue a las instalaciones oportunamente 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.

6.4.2 Control de Acceso.

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

- DETECTAR RESIDUOS SÓLIDOS PROHIBIDOS.
- IDENTIFICAR IRREGULARIDADES EN LOS VEHÍCULOS.
- CONTROL DE TRÁFICO.
- COMUNICARSE CON EL CONDUCTOR.
- REGISTRAR LA ENTRADA DE LOS VEHÍCULOS.

A futuro el relleno debería contar 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 las operaciones de limpieza, así como para la asignación de tarifas y cobros. Cuando no hay básculas, el guardián primeramente y otro personal debe ser muy diestro en una apreciación del volumen de residuos en los vehículos.

6.4.3 Detección de residuos prohibidos.

Dado que no es posible separar los residuos que son transportados por los vehículos recolectores 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.

Es recomendable que las listas de residuos no autorizados se actualicen de manera regular y entregarse a los controladores de acceso y del frente de trabajo, LISTADOS QUE ESTARÁN A CARGO DEL JEFE DEL RELLENO. Los vehículos que transporten residuos no autorizados deberán detenerse en la entrada y reportarse para tomar las medidas a que haya lugar.

Los listados de desechos están a disposición en las normas técnicas respectivas.

6.4.4 Irregularidades en los vehículos.

Algunas de las posibles irregularidades 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.

- Sobrecarga en los vehículos.
- Otros.

Es conveniente para los responsables del sitio coordinar con otras dependencias 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.

6.4.5 Control de Tráfico.

En la mayoría de los rellenos es una práctica común de operación cambiar frecuentemente los frentes de trabajo en función de las condiciones del clima y otros factores. Adicionalmente a los señalamientos adecuados, el guardián debe proporcionar instrucciones verbales a los conductores, para agilizar las actividades y evitar confusiones.

6.4.6 Comunicación con el conductor.

La mayoría de las operaciones 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 y los procedimientos del relleno. Los vehículos desconocidos deben verificarse para certificar que no están cometiendo irregularidades y sus conductores responder respecto al tipo de residuos que transportan.

La caseta de control de acceso es el lugar donde se establece el trato directo con los usuarios del relleno sanitario. El trato debe ser amable y cortés, pero debe dejarse sentir que el sitio tiene reglas y procedimientos que deben seguirse.

Registros.

En la caseta de acceso se hacen y conservan todos los registros del relleno. El ámbito de esta actividad puede variar de un sitio a otro. La primera función del

control de acceso es registrar la entrada y salida de los vehículos. Si es posible, se deben registrar las horas correspondientes.

6.4.7 Recepción de Residuos.

El personal 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, debe operar bajo las siguientes condiciones:

El relleno debe aceptar únicamente:

- Los residuos sólidos considerados como no peligrosos por la legislación ambiental vigente. Si se trata de residuos especiales o industriales deben ir acompañados de un certificado de no-peligrosidad, emitido por la autoridad competente.
- Cualquier tipo de residuo cuyo estado o clasificación no estén adecuadamente definidos, requiere de una aprobación por escrito, de la autoridad correspondiente, previamente a su aceptación.
- También para el caso de los residuos especiales o industriales, el transportista deberá presentar además una declaración escrita de que los residuos transportados al relleno son los mismos recibidos del generador y que no se les han agregado materiales adicionales.
- **En ningún caso el relleno deberá aceptar residuos considerados como peligrosos por los listados o las pruebas de laboratorio establecidas por la legislación ambiental vigente. De éstos, los que más comúnmente llegan a los rellenos son los siguientes:**
 - Restos anatómico-patológicos.
 - Residuos hospitalarios peligrosos.
 - Materiales altamente combustibles o explosivos (Gasolinas, aceites, etc.)
 - Excremento o estiércol sin previa estabilización biológica.
 - Residuos de procesos industriales.

- **No se deben aceptar en el relleno líquidos, ni suelos o cualquier otro sólido con líquidos.**
- **Opcionalmente y dependiendo de las políticas del organismo responsable y/o de lo que establezca la legislación aplicable, se podrá restringir la recepción de (Carroll, 1996):**
 - Residuos generados fuera de la jurisdicción territorial de la entidad correspondiente.
 - Llantas usadas, con diámetros mayores de 0.80 m. o montadas en el rin, así como en cantidades superiores a cuatro unidades por semana, para los particulares.
 - Baterías automotrices o industriales.

6.4.8 Almacenamiento de Residuos en el Sitio.

Aunque no es deseable, en algunos casos es necesario almacenar residuos, 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 la finalidad de evitar que esta actividad perjudique el objetivo principal y la imagen del relleno sanitario. 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.
- En caso de no ser conveniente el acceso de los pequeños generadores a los frentes de trabajo, se deberá destinar un área para el almacenamiento de residuos y colocar contenedores con tapa para recibir sus residuos sólidos, estas áreas deben ser accesibles y estar cerca de la entrada del relleno, sin que obstruyan las vías de acceso.

- 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.
- Los contenedores para almacenamiento únicamente podrán ser movidos durante las operaciones de recolección y limpieza.
- Deberá establecerse un programa de desalojo y limpieza frecuente para dichos contenedores.
- Los contenedores tendrán que ubicarse en áreas bien ventiladas y preferentemente a resguardo de los elementos climatológicos.
- Los residuos almacenados fuera de las áreas de relleno, no podrán permanecer así, por más de tres días.
- Los residuos de estas áreas, una vez recolectados o movidos de las mismas, no podrán ser descargados en áreas distintas al frente de trabajo del relleno.
- No se permitirá la selección de subproductos (minado) en las áreas de almacenamiento temporal.

6.5 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

El método seleccionado para la disposición de los residuos en el relleno es el de área, conformando celdas, una contigua a la otra en secuencia espacial hasta formar una capa o plataforma.

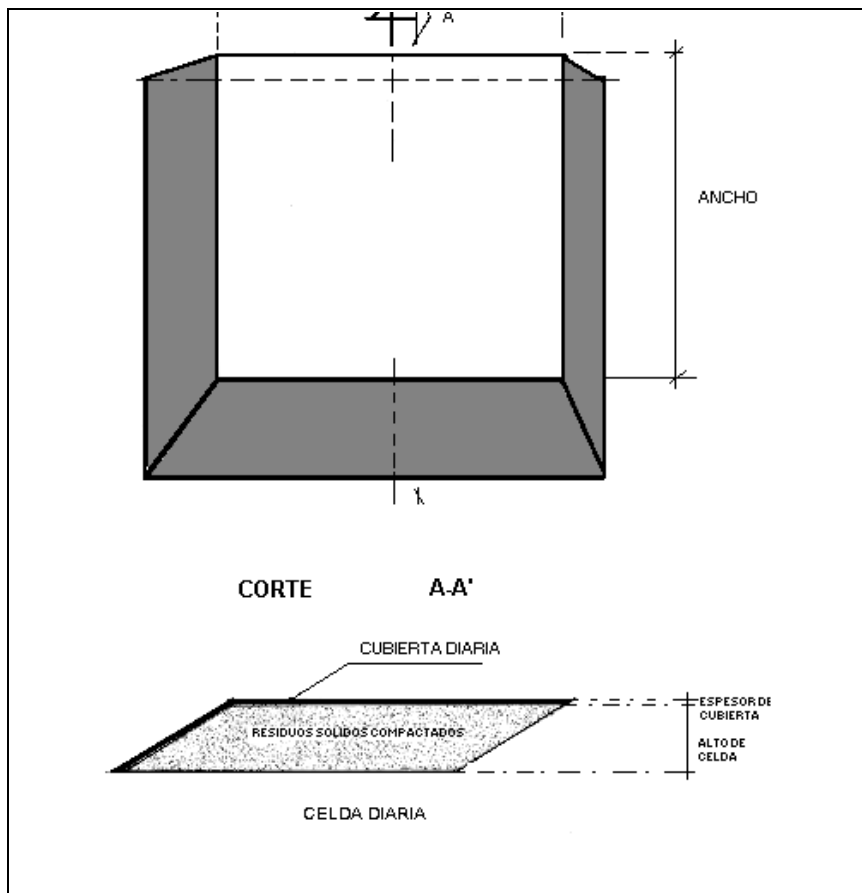
La celda unitaria o diaria constituye el elemento constructivo primario y común del relleno sanitario.

Los residuos sólidos recibidos son esparcidos y compactados en capas dentro de un área perfectamente delimitada y hasta un volumen definido.

Al término de cada día de operación, el área ya ocupada con residuos compactados, es cubierta completamente con una capa delgada de tierra de 0.15 m de espesor, que posteriormente es compactada.

Cuando los residuos son confinados en una celda, las posibilidades de que se inicie fuego interno se reducen al mínimo y en todo caso éste no puede propagarse fácilmente, la fauna nociva como roedores, moscas principalmente, no pueden tener acceso fácil a los residuos para conseguir alimento o madrigueras, también se reduce la cantidad de materiales expuestos a los elementos ambientales con lo que se minimiza la dispersión de residuos, microorganismos y polvos, al igual que se mitigan o eliminan olores y la producción de lixiviados, facilitando finalmente el control de los gases que emanan de las celdas del relleno.

FIGURA 6.4	MORFOLOGÍA DE LA CELDA DIARIA
-------------------	--------------------------------------

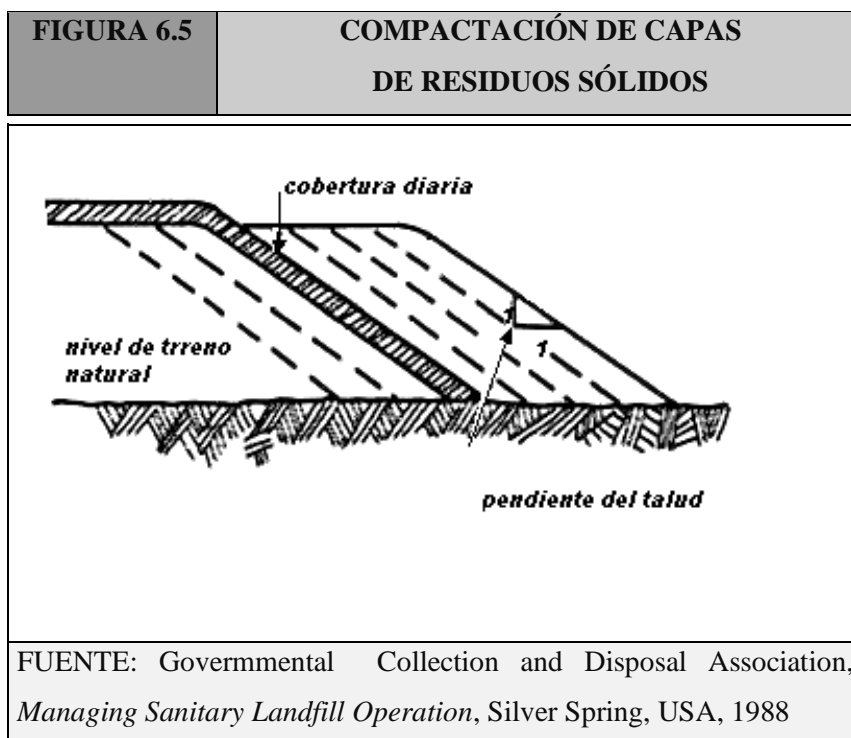


FUENTE :	PRÁCTICA PROFESIONAL, INGENIERÍA PARA EL CONTROL DE RESIDUOS MUNICIPALES E INDUSTRIALES, S.A. DE C.V., MÉXICO, 1996.
-----------------	---

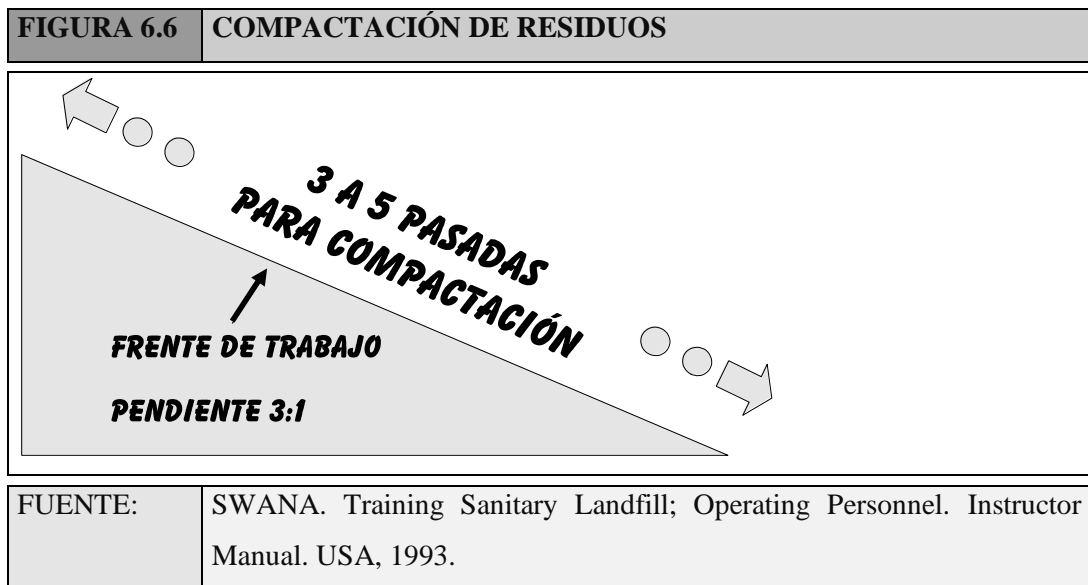
6.5.1 Construcción de celda

Una celda es construida mediante la compactación de residuos sobre una pendiente en capas sucesivas del mismo espesor. Los residuos son depositados al pie del frente de trabajo y empujados sobre el talud. Los pasos adecuados para la construcción de la celda se describen a continuación:

- 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 de agua pluvial por gravedad. El desnivel de la superficie superior de la celda debe ser entre **2%** y **3%**, mientras que la altura de celda es de aproximadamente 0.60 m (sólo basura)
- Las dimensiones de la celda, en planta, son:
 - Largo y ancho: 4.50 m
 - La altura es de (solamente de la basura): 0.60 m
 - La altura (con material de cobertura): 0.75 m
- La densidad recomendable para los residuos sólidos de una celda terminada es de alrededor de 500 Kg/m^3 o superior.
- Esparcir los residuos sólidos en el frente de trabajo en capas de 0.30 a 0.60 m de espesor (Figura 6.5)



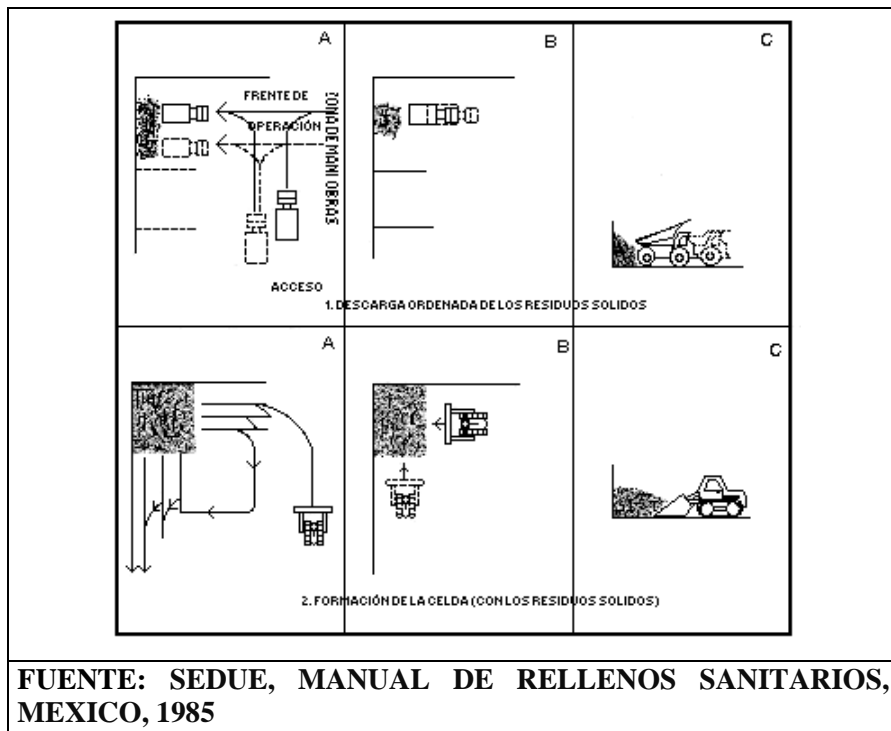
- Compactar los residuos sólidos con entre **3 y 5** pasadas sobre el talud.



- Una vez compactados los residuos del día, se descargan sobre los mismos el material para la **cubierta diaria**.
- Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de **15 cm**.

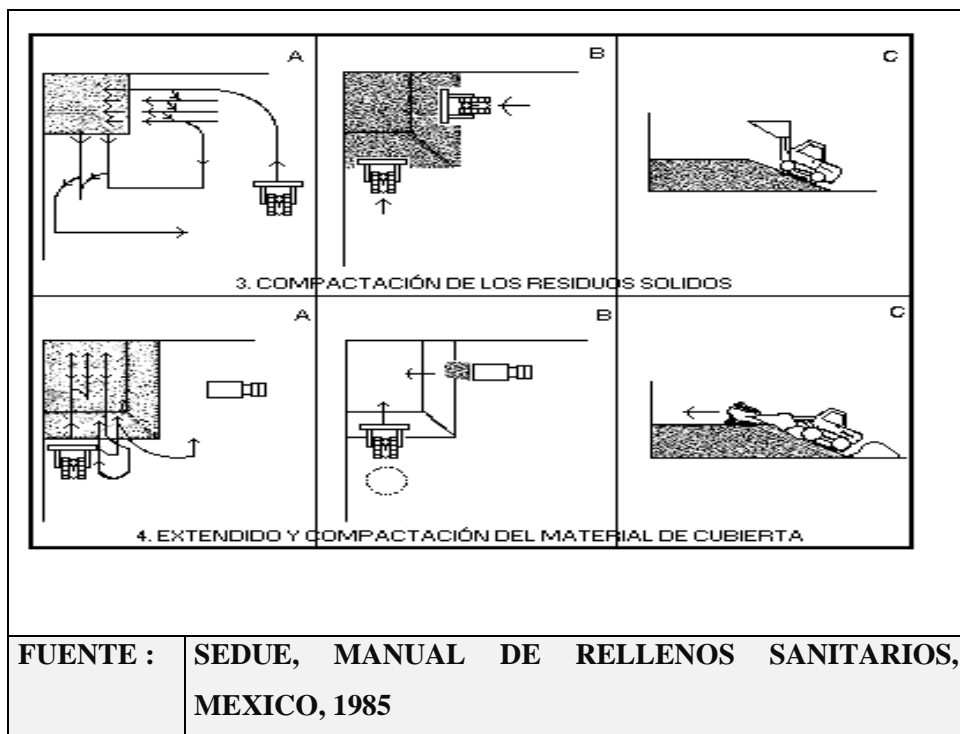
En las figuras siguientes se ilustra la operación y se presenta un flujograma de las actividades mínimas que se deben realizar para construir adecuadamente una celda de residuos sólidos.

FIGURA 6.7 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DIARIA (A)



FUENTE: SEDUE, MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS, MEXICO, 1985

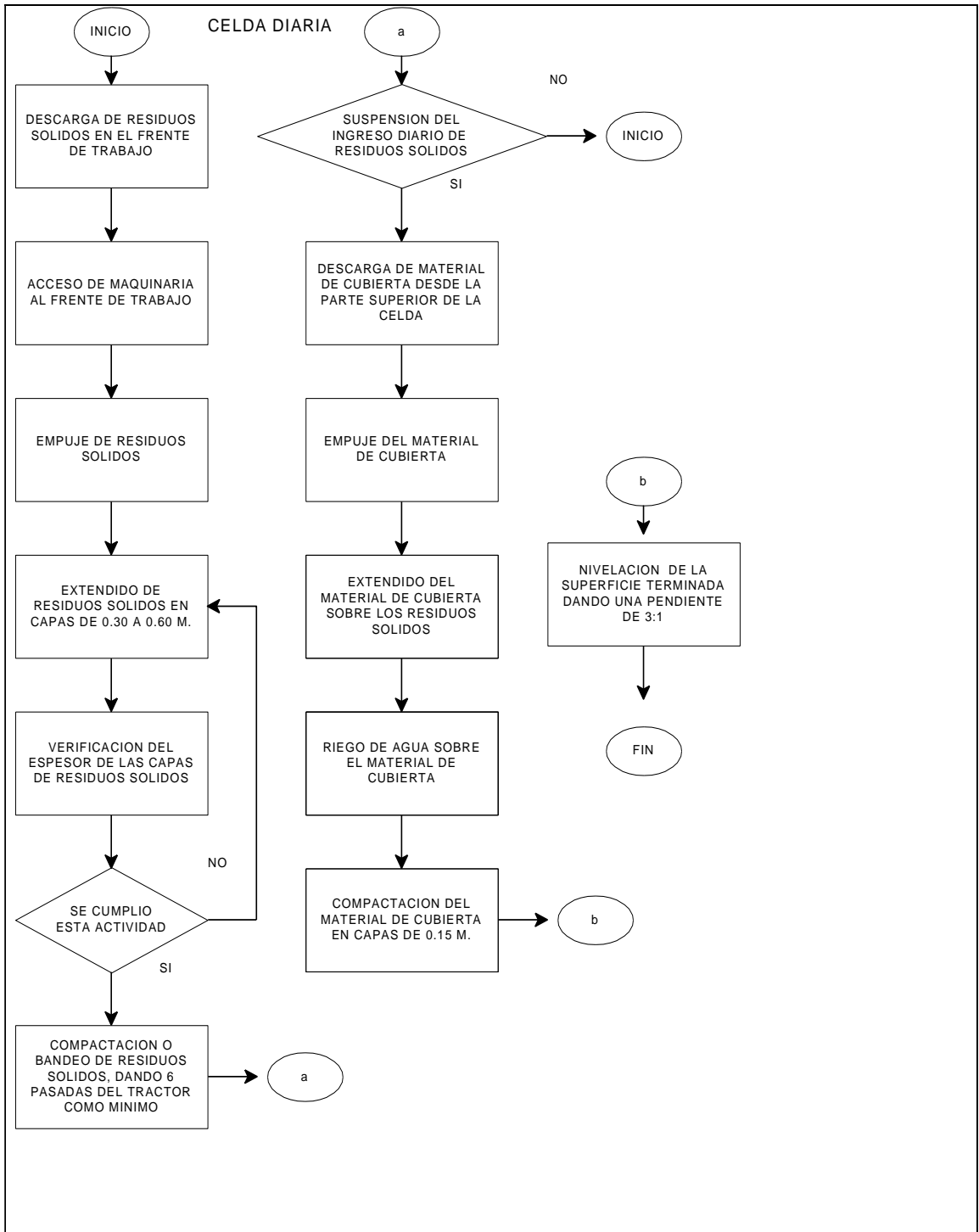
FIGURA 6.8 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DIARIA (B)



FUENTE : SEDUE, MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS, MEXICO, 1985

FIGURA 6.9

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DIARIA



FUENTE : Ingeniería para el Control de Residuos Municipales e Industriales, S.A. de C.V., México, 1996.

6.5.2 SEGREGACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO

La “MINADA” o selección informal de los residuos que llegan a los sitios de disposición final, para recuperar materiales que pueden ser reutilizados, es una práctica común en la mayoría de los municipios de nuestro país. En los rellenos modernos y en general a nivel internacional, esta práctica está prohibida en el frente de trabajo, principalmente debido a que representa un alto riesgo para la salud y la seguridad de los MINADORES e interfiere con las actividades normales del frente de trabajo.

6.5.3 USO DE LA MAQUINARIA

La construcción del relleno sanitario requiere de equipo especializado, en este caso una minicargadora. 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 el equipo debe destinarse exclusivamente para estos fines, por lo que no será retirado de las instalaciones del relleno bajo circunstancia alguna.

Las funciones básicas del equipo para un relleno sanitario caen dentro de las siguientes categorías:

- Preparación del sitio incluyendo rasanteo y retiro de cobertura vegetal.
- Manejo y compactación de residuos.
- Excavación, transporte y aplicación de cubierta diaria.
- Esparcimiento y compactación de la cubierta final.
- Funciones de apoyo.

6.5.4 CONTROL Y MANTENIMIENTO ADICIONALES EN 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.

Aparte de las actividades descritas en el Plan de Manejo Ambiental diseñado, se sugieren las siguientes:

6.5.4.1 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 de humedad hacia las celdas.

El control de la humedad se puede lograr mediante:

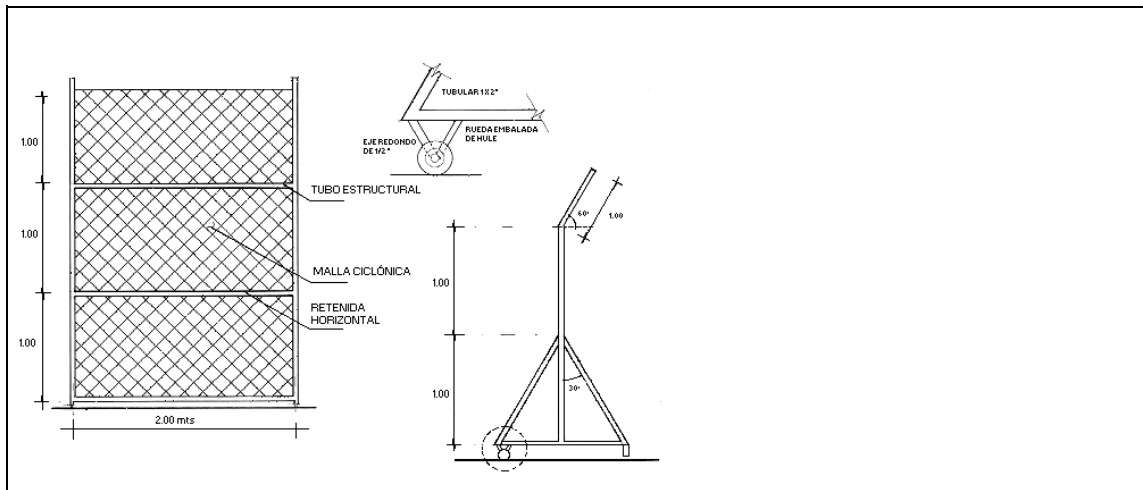
- La obtención del máximo peso volumétrico en los residuos sólidos depositados (500 kg/m^3 o más)
- La construcción del relleno de tal manera que se alcance la elevación máxima y la aplicación del material de cubierta final, en el menor tiempo posible (desarrollo vertical acelerado)
- Controlando las depresiones en las superficies del relleno, rellenando con material de cobertura las mismas.

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

La sobrecarga de áreas rellenas, con bancos de material de cobertura, también ayudará a la compactación.

6.5.4.2 El viento y los materiales livianos

Usar bardas perimetrales y móviles, o plantar árboles que actúen como barreras rompedoras de viento.

FIGURA 6.10**MALLAS MÓVILES PARA CONTROL DE MATERIALES LIGEROS****Polvos**

Dentro de las medidas de control para polvos, se incluyen:

- Depósito, esparcido, compactación y cobertura de residuos: mojar las áreas de trabajo para reducir el impacto hacia el exterior del sitio durante condiciones de estiaje o de fuertes vientos.
- El viento actúa en la cubierta final y en áreas aparentemente terminadas. Para su control se recomienda plantar árboles que sirvan como una barrera, con el propósito de reducir su velocidad (también reduce la visibilidad del sitio)

6.5.4.3 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, como las zeolitas, para enmascarar los olores en casos especiales, sin embargo, éste método es muy caro y no siempre el más efectivo.

- El adecuado venteo y quema del biogás.
- La colección, minimización y tratamiento de lixiviados.

6.5.4.4 Insectos

Los insectos básicamente incluyen moscas y mosquitos, aunque no solamente 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.

6.5.4.5 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:

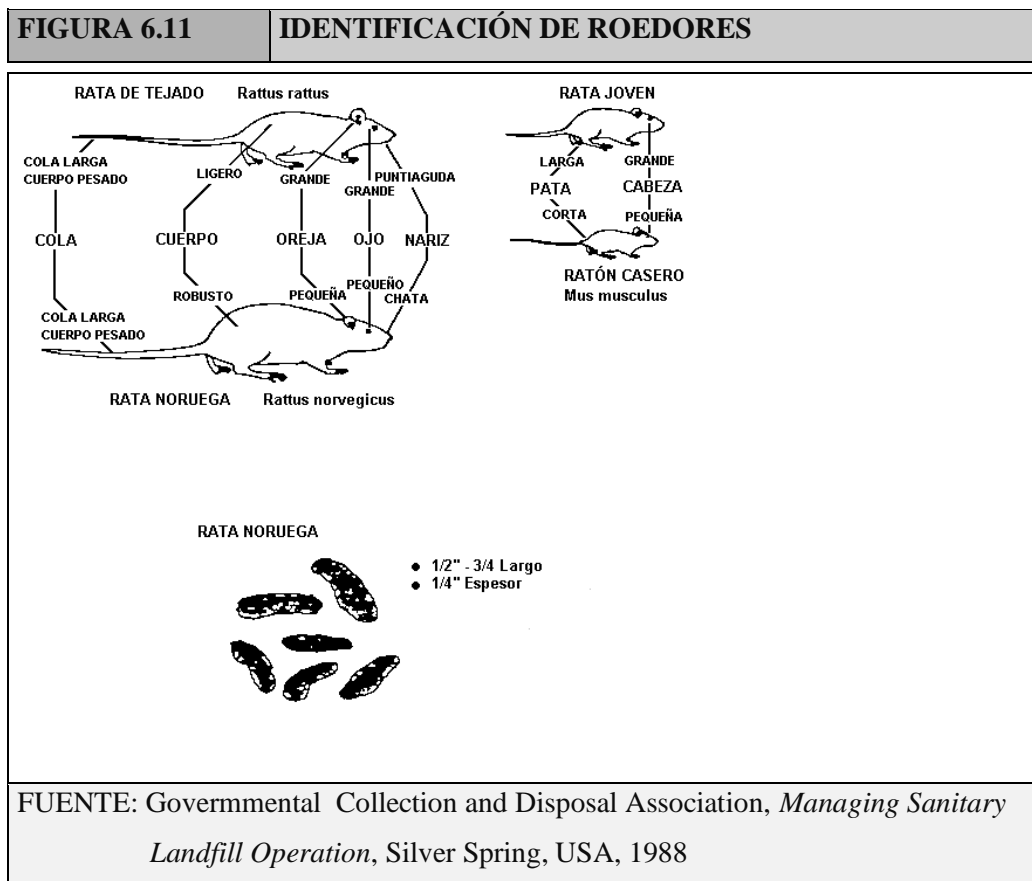
- excrementos
- madrigueras
- hoyos en construcciones y bermas del relleno
- materiales roídos.
- observación directa de los roedores.

Los roedores, usualmente no son visibles durante las horas normales de trabajo. Si son observados, es un indicador de una severa infestación en el sitio. La figura 6.11, puede ser de ayuda para identificar su tipo.

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

- La cobertura oportuna de los residuos.

- 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.
- Cerco sanitario, mediante cebos espaciados y ubicados siempre al interior del cerco perimetral del relleno; este cerco debe ser montado y controlado por personal calificado.



6.5.4.6 Aves

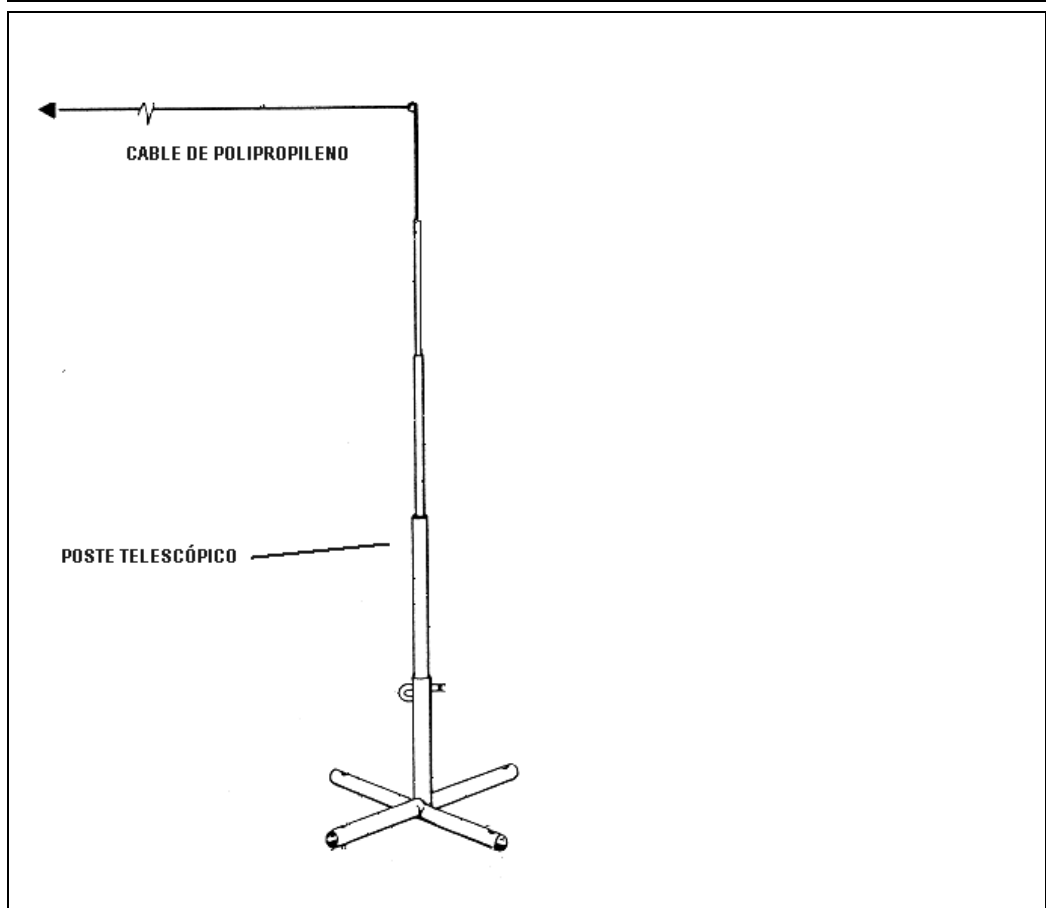
Los gallinazos u otras aves de carroña frecuentemente usan los rellenos sanitarios como una fuente de alimento.

Un método exitoso en el control de aves es el uso de cuerdas elevadas sobre el relleno, las cuales causan interferencia en el sistema de radar de algunos pájaros. En la figura 6.12 , se presentan los detalles constructivos de dicho sistema.

Otros métodos para el control de aves que han sido usados con diferentes grados de éxito, se listan a continuación:

- La cobertura oportuna de los residuos.
- Sistemas de emisión de ruidos.
- Uso de venenos y cebos.
- Emisión de grabaciones con sonidos de aves en situación de peligro.

FIGURA 6.12 | **SISTEMA DE CONTROL DE AVES**



FUENTE: Governmental Collection and Disposal Association, *Managing Sanitary Landfill Operation*, Silver Spring, USA, 1988

6.6 PROCEDIMIENTOS DE MANEJO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS

6.6.1 Procesos de Descomposición de los Residuos

Antes de analizar las prácticas de manejo del sistema de tratamiento de los lixiviados diseñado, es importante comprender de manera general los principios de la descomposición de los residuos dentro del relleno sanitario.

Todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero la fracción orgánica es la que sufre los cambios más importantes. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos. La descomposición se lleva a cabo a través de procesos físico químicos y biológicos. En la siguiente tabla se presentan las diferentes categorías de residuos, los procesos y los subproductos generados.

Tabla 6.15 Residuos – Procesos – Subproductos

RESIDUOS	PROCESOS	SUBPRODUCTOS
Materiales orgánicos (Papel, alimentos, trapo, etc.)	Biológico (Microorganismos)	Líquidos, gases y sólidos.
Residuos inorgánicos (metales)	Químico (Oxidación)	Compuestos de metales
Otros residuos	Biológicos y Químicos	Según el tipo de residuos
FUENTE:	Governmental Collection and Disposal Association, Inc., Training Course Manual, Manning Sanitary Landfill Operation, 1988.	

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
- Número y distribución de microorganismos
- Oxígeno

- **Composición.**
- **Componentes químicos.**
- **Humedad.**
- **Temperatura.**
- **PH**

Debido a la complejidad de las reacciones potenciales e interacciones, la cantidad, la velocidad de generación y los componentes químicos de los subproductos no pueden ser fácilmente determinados.

El relleno sanitario cuenta con un sistema de captación de lixiviado al interior del cuerpo mismo del relleno, sistema de conducción de este líquido hacia el exterior, y su conducción controlada al sistema de tratamiento.

Hay tres principales eventos que ocurrirán en el relleno sanitario por la degradación de los residuos sólidos:

- HUNDIMIENTOS Y ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.
- GENERACIÓN Y MIGRACIÓN DE BIOGÁS.
- GENERACIÓN Y MIGRACIÓN DE LIXIVIADOS.

6.6.2 Manejo de Lixiviados.

El lixiviado es de aspecto desagradable, comúnmente tiene olor muy agresivo y puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Contiene materia orgánica e inorgánica de diversa complejidad, en gran mayoría son sustancias tóxicas para los seres humanos y los animales, lo que significa que el lixiviado debe mantenerse lejos de fuentes de agua, así como del agua subterránea, antes de ser depurado.

La producción de lixiviados se puede prevenir:

- *MANTENIENDO LOS LÍQUIDOS FUERA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS*
- *MANTENIENDO EL AGUA DE LLUVIA FUERA DEL RELLENO*

La legislación (en países desarrollados) requiere que los lixiviados que hayan sido generados, se recolecten y traten para su disposición final. Este requerimiento dio como resultado la exigencia de dos o más capas de impermeabilización en el fondo de los rellenos. En un sistema de doble capa impermeable se requiere también de un sistema de detección de fugas. Un relleno diseñado y construido con doble capa

impermeable tiene una muy baja probabilidad de que el lixiviado pueda escapar, pero existe el riesgo.

Las predicciones de generación de lixiviado en el relleno son muy alentadoras, se espera una presencia mínima de este líquido, en condiciones normales de régimen pluvial en la zona.

Debido a costos básicamente, no se proyectaron pozos de monitoreo de agua subterránea alrededor del relleno. Los requerimientos básicos son de un pozo aguas arriba del área de relleno y dos o más pozos aguas abajo.

6.6.3 Mantenimiento del sistema de tratamiento de lixiviados

Una vez que se colectan los lixiviados y estos salen del cuerpo del relleno, son conducidos por medio de un drenaje principal a una primera caja de revisión, ubicada como puede observarse en el plano correspondiente (Memoria Descriptiva del Diseño del Relleno Sanitario)

De aquí, el líquido es conducido a un sistema de tratamiento que consiste de un Filtro Percolador, cuya función principal es disminuir la carga orgánica del líquido.

Mientras transcurre el tiempo, el responsable del relleno deberá monitorear este parámetro mediante la toma de muestras y su análisis correspondiente, hasta que el lixiviado, a la salida del filtro, presente una concentración de 500 mg/l de DBO5.

Mientras no alcance este nivel de concentración, el líquido puede ser descargado en la caja de revisión, y, dependiendo del caudal, será incluso reinyectado al relleno, siempre manualmente, en este último caso descargándolo directamente sobre la parte más antigua del relleno.

El filtro percolador debe ser mantenido de tal manera que no se acumulen algas en la entrada, o en la tubería de aspersion superficial, o en el canal de evacuación inferior.

La presencia de insectos en el filtro es común, y forma incluso parte de la población biológica del medio, habrá sin embargo que controlar periódicamente su proliferación.

6.7 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.7.1 OBJETIVOS

Objetivo General

- Establecer las características físicas, bióticas y socioeconómicas del área de influencia del proyecto de Relleno Sanitario, a fin de identificar, evaluar y analizar los impactos ambientales derivados de la ejecución del proyecto, y establecer un Plan de Manejo Ambiental.

Objetivos Específicos

- Cumplir con las Normativas Ambientales vigentes a nivel nacional, provincial y cantonal.
- Determinar la línea base (diagnóstico ambiental) del estado actual de conservación del área del proyecto en los componentes: físicos, bióticos y socioeconómicos.
- Describir las operaciones que conllevan cada una de las etapas del proyecto.
- Determinar la incidencia de los impactos asociados a la operación del proyecto en el ámbito local y regional. Definir el área de influencia del proyecto tanto directa como indirecta.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales significativos asociados a las actividades y operaciones desarrolladas por el proyecto.
- Estructurar el Plan de Manejo Ambiental que permita la aplicación de medidas de: prevención, control, mitigación, compensación, y rehabilitación de los posibles impactos ambientales que se produzcan durante la ejecución del proyecto.

- Establecer un programa de monitoreo continuo, para de esta manera cumplir con la normativa ambiental vigente y controlar la efectividad de la aplicación de las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental.

6.7.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

El Estudio de Impacto Ambiental cubrirá las fases de diseño, construcción, operación y cierre del proyecto.

6.7.3 MARCO LEGAL

- Constitución política de la República del Ecuador. Registro Oficial No. 1 del 11 de agosto de 1998.
- Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial No. 245 del 30 de julio de 1999.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Registro Oficial No. 97 del 31 de mayo de 1976.
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Agua. Registro Oficial No. 204 del 5 de junio de 1989.
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Suelo. Registro Oficial No. 989 del 30 de julio de 1989.
- Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, 2003.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental:
 - TÍTULO IV: REGLAMENTO A LA LEY DE GESTION AMBIENTAL PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

- Libro VI, Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.
- Libro VI, Anexo II. Norma de Calidad Ambiental para Recurso Suelo.
- Libro VI, Anexo IV. Norma de Calidad del Aire Ambiente.
- Libro VI, Anexo VI. Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos.

6.7.4 LÍNEA BASE

En base a lo estipulado en el LIBRO VI, artículo 17, del Texto Unificado de la Legislación secundaria se procede a describir el entorno ambiental (línea base o diagnóstico ambiental):

6.7.5 CONSIDERACIONES LEGISLATIVAS Y NORMATIVAS

El Marco Legal en el que se suscribirá el Estudio de Impacto Ambiental será el siguiente:

- **Constitución Política de la República.**- Constitución Política del Estado, publicada en el Registro Oficial (R.O.) No. 1 del 11 de agosto de 1998, en su Art. 3 considera como deberes primordiales del Estado: “defender el patrimonio natural y cultural del país y proteger al medio ambiente”, garantizando de esta forma derechos civiles de la población que le permitan vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

- **Ley de Gestión Ambiental.** R.O. No. 245 del 30 de julio de 1999 (Ley 99- 37).- La Ley de Gestión Ambiental (publicada en el R.O. No. 245 del 30 de julio de 1999) (Ley 99- 37). Establece normas básicas para la aplicación de políticas ambientales, además considera y regula la participación de sectores públicos y privados en áreas relacionadas al medio ambiente. El artículo 33, establece lo siguiente: “como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes parámetros de calidad ambiental, normas efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental...”. Otros artículos importantes que se consideraron los siguientes: 13,20, 21, 22 y 40.

- *Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*, 2003.

- *Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*. Registro Oficial No. 97 del 31 de mayo de 1976 y sus respectivos reglamentos:

- **Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**, en lo relativo al Recurso Agua. Registro Oficial No. 204 del 5 de Junio de 1989 (Acuerdo Ministerial No. 2144)

- **Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Suelo**. Registro Oficial No. 989 del 30 de Julio de 1992 (Acuerdo No. 14629)

- *Ley de Régimen Municipal*.- Que contempla aspectos tales como zonificación de unidades de planeamiento, delimitación de barrios y de zonas rurales, ocupación del suelo, densidad de la población, reservaciones territoriales, reglamentación de construcciones.

- *Texto Unificado de Legislación Ambiental*:

- **TÍTULO IV: REGLAMENTO A LA LEY DE GESTION AMBIENTAL PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

*Libro VI, Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:
Recurso Agua.*

Libro VI, Anexo II. Norma de Calidad Ambiental para Recurso Suelo.

Libro VI, Anexo IV. Norma de Calidad del Aire Ambiente.

Libro VI, Anexo VI. Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos. Esta Norma establece los criterios para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, en especial las Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno sanitario mecanizado.

- Ley de Patrimonio Cultural.- Fue creada para conservar, cuidar y proteger el legado de nuestros antepasados y de las “creaciones notables del arte contemporáneo”, persigue cumplir las disposiciones legales que garanticen la continuidad de estos bienes en poder del Estado y de los cuales somos partícipes.

El literal a) del artículo 7 considera bienes pertenecientes al Patrimonio Cultural a: “Los monumentos arqueológicos muebles e inmuebles, tales como: objetos de cerámica, metal, piedra o cualquier otro material pertenecientes a la época prehispánica y colonial; ruinas de fortificaciones, edificaciones, cementerios y yacimientos arqueológicos en general; así como restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con las mismas épocas.” Este mismo cuerpo legal en su artículo 22 establece que “los bienes pertenecientes al Patrimonio Cultural que corrieren algún peligro podrán ser retirados de su lugar habitual, temporalmente por resolución del Instituto, mientras subsista el riesgo.”

6.7.6 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y DE LAS ÁREAS SENSIBLES

6.7.6.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Para cada etapa del desarrollo del Relleno Sanitario y para cada actividad a realizarse se estima que esta tendrá una influencia sobre los componentes ambientales tales como geología, recursos hídricos, recursos bióticos y recursos socioeconómicos y culturales.

Por lo que se definen dos tipos de áreas de influencia, directa e indirecta. El área de influencia directa se define como el espacio físico particular donde las actividades del proyecto afectan con mayor o menor intensidad a los componentes ambientales específicos dentro del área propuesta. Mientras que el área de influencia indirecta se define como el espacio físico donde una acción relacionada a las operaciones podría afectar a uno o más de los componentes ambientales

6.7.6.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto de Relleno Sanitario de Santiago se relacionarán los diferentes componentes

ambientales del ecosistema con las actividades involucradas en el desarrollo del proyecto. A partir de esta interrelación se podrá establecer la importancia y el efecto que tendrán las actividades específicas para el proyecto en cuestión.

Considerando a las actividades involucradas en la Descripción del Proyecto, se identificarán aquellas actividades susceptibles de alterar las condiciones naturales del ambiente en el que se desarrollará el proyecto y los elementos que serán afectados en términos de tiempo y espacio. Por tal razón la identificación de impactos se efectuará mediante un análisis del medio y es el resultado de la consideración de las interacciones posibles comprendidas por:

- Percepción de los principales impactos y su calificación.
- Estimación o valoración de impactos cuantitativa
- Relación de los impactos con los procesos dinámicos que permita prever su evolución y determinar los medios de control y corrección.

El procedimiento utilizado para la identificación y evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto incluirá las siguientes fases:

- Revisión de la información biótica, abiótica, socioeconómica y cultural, obtenida en el campo para mostrar si la situación caracterizada por la línea base puede resultar modificada por las actividades a ejecutarse.
- Reconocimiento de cada actividad del proyecto e identificación de los componentes ambientales afectados.
- Construcción de matrices para identificar y evaluar los impactos en todas las fases del proyecto.
- Análisis de las matrices describiendo los impactos más significativos para posteriormente plantear el plan de manejo ambiental que incluye medidas de prevención, mitigación y compensación.

RELACIÓN, ESTUDIO Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES O COMPONENTES AMBIENTALES

VARIABLES AMBIENTALES AFECTADAS		
VARIABLES FÍSICAS	AIRE	Calidad del aire
		Nivel de ruidos
		Clima
		Ecosistema del aire
	AGUA	Calidad del agua
		Ecosistema del agua
	TIERRA	Calidad / capacidad
		Relieve y formas
		Ecosistema del suelo
	PROCESOS	Contaminación secundaria del aire
		Erosión del suelo
		Recarga de acuíferos

VARIABLES BIÓTICAS	FLORA	Interés
		Densidad
		Capa vegetal
	FAUNA	Calidad
		Abundancia
	PROCESOS	Repoblación vegetal
		Perturbaciones

VARIABLES PAISAJÍSTICAS	PAISAJE	Topografía
		Fisiografía
		Ocupación del suelo
		Contraste con el entorno
		Amplitud y profundidad de las vistas
		Accesibilidad
		Motivos acuáticos

VARIABLES SOCIO ECONÓMICAS	SOCIAL	Calidad de vida
		Estilo de vida
		Tráfico
		Salud
		Nivel de empleo
		Servicios colectivos
	ECONÓMICO	Cambio en el valor del suelo
		Incremento de nuevas industrias y servicios
		Egresos para la administración
		Actividades económicas inducidas
		Economía local

6.7.6.3 IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

Método de la matriz de Leopold

Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se apunta en el punto de intersección de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia.

Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Cuando se prevé un impacto, la matriz aparece marcada con una línea diagonal en la correspondiente casilla de esa interacción.

El segundo paso en el uso de la matriz de Leopold es describir la interacción en términos de magnitud e importancia. La magnitud de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud y una pequeña. Los valores próximos al 5 en la escala de magnitud representan impactos de extensión intermedia. La asignación de un valor numérico de la magnitud de una interacción

debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto.

La importancia de una interacción está relacionada con lo significativa que ésta sea, o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto. La escala de la importancia también varía de 1 a 10, en la que 10 representa una interacción muy importante y una interacción de relativa poca importancia. La asignación de ese valor numérico de la importancia se basa en el juicio subjetivo de la persona, el grupo reducido o el equipo multidisciplinario que trabaja en el estudio.

La matriz de Leopold puede utilizarse también para identificar impactos beneficiosos y adversos mediante el uso de símbolos adecuados como el + y el -. Adicionalmente, la matriz de Leopold puede emplearse para identificar impactos en varias fases temporales del proyecto, por ejemplo, para las fases de construcción, explotación y abandono, y para describir los impactos asociados a varios ámbitos espaciales, es decir, en el emplazamiento y en la región.

Una vez definida la magnitud, la importancia y el tipo de impacto se valora, definiendo la cantidad de impactos negativos y positivos, para luego cuantificar los valores obtenidos de la significancia de cada impacto, esta significancia nos permitirá de manera cuantificada calificar el grado de importancia de cada uno de los impactos definidos en el estudio, mediante un conteo y la correspondiente agregación de los resultados para los elementos.

A continuación, se detalla los valores y simbologías utilizadas para la matriz de Leopold.

MAGNITUD (M)

Intensidad	I	Afectación	A	Calificación C
Baja	1	Baja	1	1
Baja	1	Media	2	2
Baja	1	Alta	3	3
Media	2	Baja	1	4
Media	2	Media	2	5
Media	2	Alta	3	6
Alta	3	Baja	1	7
Alta	3	Media	2	8
Alta	3	Alta	3	9
Muy Alta	4	Alta	3	10

IMPORTANCIA (I)

Duración	D	Influencia	I	Calificación C
Temporal	1	Puntual	1	1
Media	2	Puntual	1	2
Permanente	3	Puntual	1	3
Temporal	1	Local	2	4
Media	2	Local	2	5
Permanente	3	Local	2	6
Temporal	1	Regional	3	7

Matrices de identificación de impactos ambientales significativos

A continuación se procede a elaborar las matrices de identificación de los impactos ambientales, en donde como ya se enuncio anteriormente, se relacionan las actividades causantes de los efectos ambientales durante las diversas etapas de proyecto con las variables ambientales afectadas consideradas para dicho estudio y de los sistemas que provocan mayores impactos ambientales.

6.7.7 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Los objetivos generales de este Plan son:

- Analizar las posibles acciones a ejecutar para prevenir, mitigar y compensar aquellos impactos no deseados (significativos y críticos).
- Describir los procesos, tecnologías, diseño, operación, y otros que se consideren necesarios para reducir los impactos negativos cuando corresponda.

6.7.7.1 De las restricciones

- En el Relleno Sanitario se podrá disponer de desechos sólidos no peligrosos y desechos semi – sólidos no peligrosos de origen inorgánico y desechos orgánicos que no hayan podido ser dispuestos en la compostera.
- Queda restringido el ingreso de desechos líquidos al relleno.
- Se prohíbe la quema de desechos sólidos en el sitio del Relleno y los alrededores del mismo.

6.7.7.2 De los servicios

- El Relleno Sanitario deberá disponer en lo posible con los servicios mínimos como: suministro de agua, energía eléctrica, tanque séptico para las oficinas y línea telefónica.
- Además deberá mantener servicios higiénicos apropiados para el uso del personal.

6.7.7.3 Del cerco y caseta de control

- Se deberá diseñar un cerco para encerrar la propiedad, dicho cerco indicará los límites y servirá para el control de los animales en el sitio.
- Se deberá diseñar una Caseta de Control, a la entrada del Botadero de Desechos Sólidos, la cual tendrá como funciones principales:
 - Resguardar de las inclemencias del clima a los vigilantes del sitio.
 - Servir para guardar las hojas de control de entrada de personal y camiones con desechos sólidos en un pequeño escritorio.
 - Tener una de bodega de los elementos menores de trabajo, tales como palas, picos y carretas.
 - Servir como vestidor con casillas para guardar la ropa los trabajadores.

6.7.7.4 De la señalización

El horario de funcionamiento del Relleno Sanitario deberá ser señalado por medio de letreros y será de 08h00 a 18h00. En los letreros también se indicará el departamento municipal responsable del mismo y el número de teléfono para contactarse en caso de problemas.

Figura 6.13

Letrero de operación de Relleno Sanitario



También por medio de letreros deberá indicarse la prohibición a la entrada de personas ajenas a la operación y el peligro por la entrada y salida de vehículos pesados.

Figura 6.14

Letrero de acceso de Relleno Sanitario



TRAFICO DE VEHICULOS PESADOS



PROHIBIDO EL INGRESO DE
PERSONAS PARTICULARES

A su vez el relleno sanitario deberá poseer rótulos que indiquen las medidas de prevención de accidentes y emergencias de acuerdo al Plan de Salud y Seguridad Industrial

6.7.7.5 De las vías de acceso y salida

Los caminos de acceso y salida de los vehículos recolectores deberán recibir mantenimiento permanente.

En épocas secas y cuando el caso lo amerite, para evitar la presencia de material particulado por el movimiento de vehículos en los caminos de acceso y salida, se regará agua con aspersores mediante un camión tanquero y de esta manera mantener hidratada la vía convenientemente.

6.7.7.6 De los vigilantes

Se mantendrá un número adecuado de vigilantes en el relleno par cumplir con las siguientes funciones:

- Proteger la maquinaria y sacar los animales.
- Controlar y vigilar los vehículos que entran y salen.
- Controlar y vigilar a las personas que lleguen.
- Facilitar las obras correspondientes al saneamiento.

6.7.7.7 De los controles

El Departamento encargado del manejo del Relleno Sanitario deberá mantener condiciones necesarias para evitar la proliferación de vectores como: animales grandes, insectos, roedores y otros que afecten la salud humana y la estética del entorno.

Así mismo se buscarán medios para mantener controlados los malos olores provenientes del relleno.

Se debe ejercer el control sobre el esparcimiento de los desechos sólidos, partículas, polvo y otros materiales que por acción del viento puedan ser transportados a los alrededores del sitio de disposición final.

Se debe controlar mediante la caracterización y tratamiento adecuado los líquidos percolados que se originen por descomposición de los desechos sólidos de acuerdo al Plan de Monitoreo descrito en el presente EIA.

Medidas para el control de la entrada de desechos peligrosos.

Para el control de la entrada de desechos peligros se acatarán las siguientes medidas:

- Todo vehículo, sea municipal o privado, deberá ser registrado a la entrada y deberá declarar su contenido.

- Se llevará registro de control de ingreso que contendrá la fecha, la placa del vehículo, el nombre de la persona que lo conduce, y la procedencia de los residuos.
- Cualquier vehículo que contenga desechos que se cataloguen como peligrosos por el encargado del registro, deberá ser enviado al Departamento encargado para solicitar su respectiva autorización de descarga.
- En la Dirección de Gestión Ambiental se mantendrán registros de las autorizaciones de descarga entregadas por la misma para su respectivo monitoreo y control.

De la circulación vehicular hacia y en el relleno sanitario (Maquinarias)

El mantenimiento de la maquinaria a utilizarse, debe ser realizada en lugares destinados para el efecto (talleres, mecánicas, etc.). De esta manera se eliminará el depósito de residuos (aceite, gasolinas, aditivos, envases, utensilios, etc.) en las zonas del relleno sanitario, lo que a su vez evitará los riesgos de contaminar los suelos y principalmente las aguas.

En lo posible la maquinaria y vehículos a ser utilizados, deben estar en buenas condiciones de funcionamiento, de tal manera que se reduzca al mínimo la contaminación del aire debido a los gases emitidos por los escapes de la máquina y el ruido producido por maquinaria defectuosa, dando mantenimiento a la maquinaria, vehículos y equipos existente.

El acarreo o transporte de los materiales de construcción, material producto de excavación y de desechos de construcción será realizado por medio de equipos mecánicos en buenas condiciones, sin ocasionar molestias ni al tráfico vehicular ni a los habitantes. En zonas urbanas, para evitar la generación de olores y descarga de la basura durante el transporte se emplearán lonas para coberturas de los materiales.

En las calles donde la lluvia haya dejado el terreno resbaladizo o fangoso, los conductores de los vehículos y maquinarias del contratista disminuirán la velocidad

para no mojar o enlodar a los transeúntes que circulen por la acera y para eviten el deterioro de la fachada de las viviendas.

El vehículo y maquinarias no podrán estacionarse a una distancia menor a los 10 metros de la intersección con las calles.

Los motores de las volquetas y maquinarias estarán perfectamente calibrados a fin de disminuir la emisión de gases y partículas contaminantes.

Se verifican todos los días el buen funcionamiento de frenos, luces, plumas retrovisores etc. Los conductores serán chóferes profesionales de primera categoría.

El municipio recordará a los conductores la obligatoriedad de cumplir con las leyes de tránsito y transporte terrestre.

6.7.8 Normas para controlar, prevenir o mitigar los Impactos ambientales durante la ejecución del relleno sanitario

A continuación se describen las medidas preventivas y de control que se deberán ejecutar y satisfacer para mitigar los impactos ambientales negativos causados por la construcción y adecuación del relleno sanitario, considerando los aspectos relacionados con la salud pública, pérdida y/o deterioro de los recursos naturales renovables, e impactos socio - culturales en la comunidad.

- El cumplimiento de las medidas de mitigación de impactos ambientales negativos será coordinado y controlado por la unidad de Fiscalización de la Institución encargada del relleno sanitario.
- Si como resultado de la acción u omisión del contratista se produjera cualquier daño o perjuicio a la propiedad ajena, él deberá restaurar dicha propiedad a la condición anterior de ocurrido el daño o perjuicio, por su propia cuenta y a satisfacción del fiscalizador.
- Cuando el contratista deba ejecutar los trabajos contiguos a instalaciones de servicios públicos, que pudieran sufrir daños a causa de sus operaciones, no

deberá empezar dichos trabajos hasta hacerse los arreglos necesarios para proteger adecuadamente a las mencionadas instalaciones.

- Antes de ejecutarse la recepción provisional de la obra todo el terreno ocupado por el contratista en conexión con la obra, tendrán que ser limpiados removiéndose todos los escombros, materiales excedentes, estructuras provisionales, plantas y equipos, debiendo quedar todas las zonas de la obra en condiciones limpias y de buena presencia. Todas las estructuras de drenaje, cunetas y demás desagües deberán ser limpiadas, eliminando de los mismos cualquier acumulación de materiales extraños y efectuando los trabajos de mantenimiento necesarios para no causar daños ambientales.
- En los trabajos de excavación y relleno, el contratista tomará todas las precauciones necesarias para proteger y evitar daños y perjuicios en las propiedades colindantes con los límites de la obra, así como para que no interrumpan las servidumbres de tránsito, riego, servicios públicos y otros. Si fuere necesario para proteger instalaciones adyacentes, el contratista tendrá que construir y mantener por el tiempo necesario, por su cuenta y costo tablestacados, apuntalamientos y otros dispositivos apropiados; el retiro de estos también correrá por cuenta del contratista cuando no fueren requeridos más.
- Bajo ninguna circunstancia el contratista o alguna institución involucrada en el proyecto, promoverá y/o realizarán actividades que causen deforestación, erosión, contaminación y alteración del régimen hídrico.
- La fiscalización conjuntamente con el contratista, establecerán sitios de bote de materiales excedentes, que se produzcan como resultado de la ejecución de los diferentes rubros de construcción ejecutados, los cuales posteriormente serán enterrados para acondicionarlos en áreas que puedan incorporarse al paisaje con tratamientos de recuperación vegetal.
- Es necesario que, de acuerdo con las normas vigentes, se coloquen en los frentes de trabajo, señales reglamentarias preventivas e informativas con el propósito de suministrar a la comunidad información permanente, haciéndole conocer acerca de los riesgos y limitaciones existentes.

- Es necesario se efectúe una adecuada demarcación horizontal con pintura reflectante, a fin de complementar la señalización vertical y brindar seguridad tanto en el día como en la noche, y en toda condición de clima.
- Se tomará todas las medidas necesarias para asegurar las mejores condiciones de higiene, habitabilidad, nutrición y sanitarias de los empleados de los contratistas, subcontratistas y aquellos que por otras circunstancias se vinculen directamente con la construcción de la obra.
- El contratista deberá afiliarse al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social a todo el personal nacional, de acuerdo a las exigencias legales vigentes.
- A través de las autoridades de salud de la zona, se realizarán exámenes periódicos al personal que trabaja en la obra, a fin de prevenir posibles epidemias o enfermedades contagiosas, poniendo énfasis en enfermedades características del área, en caso de haberlas.
- Los obreros deberán ser provistos de toda la indumentaria necesaria para su protección, como son: casco, protectores bucales con filtros de aire adecuados que eviten la inhalación de polvo durante el movimiento de tierras, botas punta de acero, impermeables, guantes de cuero y gafas de protección.
- Se deberá evitar la presencia de vectores de enfermedades en las áreas de trabajo y en los sitios del campamento, para lo cual se adoptarán medidas que eliminen la presencia de éstos, evitando la formación de charcos o rellenándolos en caso de que existieran; igualmente, caso de ser necesario se deberá realizar controles mediante el uso de insecticidas, para lo cual se usarán aquellos que sean biodegradables.

6.7.8.1 Recomendaciones para los campamentos:

- El diseño y ubicación de los campamentos y sus instalaciones sanitarias deberán ser tales que no ocasione la contaminación de las aguas superficiales ni posibles fuentes de agua subterránea. En todo caso deberán ser aprobados previamente por el fiscalizador.
- Los campamentos deberán tener puestos de primeros auxilios, con las instalaciones necesarias para servicios de emergencia.

- Los campamentos deberán contar con instalaciones de agua corriente, agua potable, servicios sanitarios, fuerza eléctrica y deberán asegurar condiciones racionales de seguridad, comodidad e higiene.
- Todos los campamentos y patios de maquinaria deberán estar provistos de instalaciones sanitarias y de tratamiento de agua, sistemas de recolección y disposición de desechos sólidos.
- El tratamiento de aguas servidas generadas por el personal que labora en los campamentos se realizará mediante una fosa séptica con campo de infiltración. El esquema total estará integrado por: trampa de grasas, tanque séptico, caja de distribución, zanja de infiltración y pozo de absorción.
- Al abandonar los campamentos, las empresas contratistas deberán recoger y remover los desechos y enterrarlos en sitios alejados de cursos de agua, manantiales o nacientes de agua. Las superficies cuya cobertura vegetal se hayan alterado serán rehabilitadas.
- Los patios de maquinaria deberán contar con medidas de seguridad que eviten el derramamiento de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes.. Los residuos y desechos de hidrocarburos deberán ser cuidadosamente envasados y retirados del área del proyecto, para evitar toda posible contaminación.
- Los depósitos de materiales tóxicos seguirán las normas de seguridad establecidas en las Leyes y Reglamentos vigentes y serán hechos de conformidad con los procedimientos requeridos por la autoridad pública competente.
- El contratista no podrá quemar llantas, aceite quemado de motores o materiales similares que produzcan humo denso. En caso de que sea necesario realizar la quema, se tendrá mucho cuidado de manera que la quema de materiales no destruya o cause daños a la propiedad privada y provoque contaminación excesiva del aire.

6.7.8.2 Disposiciones referentes a materiales de préstamo:

- En terrenos planos sujetos a estancamiento de agua, de escurrimiento o drenaje muy lento y en las proximidades de poblados o asentamientos humanos, el contratista no excavará zanjas o fosas para extraer materiales de préstamo.

- El contratista no depositará el material sobrante en las corrientes de agua ni al aire libre, en lo posible empleará tal material para rellenar, o en la construcción de terraplenes.
- El contratista no verterá ningún material en terrenos de propiedad privada sin la previa autorización del dueño o de la comunidad, según sea el caso, debidamente ejecutada y notariada y con el visto bueno del fiscalizador.
- Los yacimientos de materiales y sitios para desperdicios de materiales excedentes deberán ubicarse de tal manera que no perjudiquen el paisaje y que en lo posible no causen perjuicios al medio ambiente y a los recursos naturales renovables. El contratista deberá conformar, explicar y arreglar los sitios de extracción o depósito de materiales para que tengan una buena apariencia.

6.7.8.3 Disposiciones para el movimiento de tierras:

- Se evitará en lo posible, la destrucción de la cobertura vegetal y la excavación fuera de la faja de dominio.
- Se preservará árboles de gran tamaño o de valor genético o paisajísticos. Los árboles a preservarse serán identificados y claramente marcados.
- En aquellos sitios en que las condiciones climáticas lo permitan y el diseño del movimiento de tierras lo prevea, los suelos con actividad biológica que necesariamente deban ser removidos deberán acumularse y conservarse para utilizarlos posteriormente en la reposición de la cobertura vegetal en áreas que requieran se reponga esta cobertura.
- En la ejecución de los cortes del terreno y en los rellenos, las crestas deben ser modeladas con el objeto de evitar terminaciones angulosas y se los cubrirá con material vegetal
- Los excedentes de materiales provenientes del movimiento de tierras, deberán ser dispuestos en sitios que no interrumpan el drenaje natural, ni que tengan pendientes superiores al 70%, por cuanto en las primeras lluvias estos materiales provocarán daños a los lugares situados al pie de la pendiente. Los lugares donde han sido dispuestos los materiales deben ser cubiertos de vegetación nativa, utilizando especies herbáceas y arbustivas.

6.7.8.4 Disposiciones para la excavación de zanjas:

- La excavación de zanjas en presencia de agua proveniente del subsuelo, aguas lluvias o de inundaciones, se realizará considerando seguridades para los trabajadores y para la obra misma, la eliminación temporal del agua se la puede realizar utilizando tablestacado, ataguías, bombero, cunetas y otros tipos de drenaje.
- Para evitar daños y molestias a la comunidad, el contratista deberá garantizar que el tiempo entre el momento en que se inicia la excavación de la zanja hasta su relleno incluyendo la colocación no sea mayor a 1 día.

El cumplimiento de las normas propuestas es responsabilidad de la compañía constructora bajo la supervisión de la unidad fiscalizadora del proyecto.

6.7.8.5 Equipo de protección personal

El personal encargado de la recolección y transporte de desechos sólidos debe cumplir con sus jornadas de trabajo, utilizando la vestimenta y equipos adecuados para proteger su salud.

Todo el personal que labore en el sistema de relleno sanitario debe tener uniforme completo para el ejercicio de su trabajo. El uniforme debe estar conformado por un overol o un pantalón y su respectiva camisa de color fosforescente o llamativo o con franjas de seguridad que permitan su identificación y visibilidad en horas de baja luminosidad.

Para el personal que conforma la cuadrilla además del uniforme debe tener un equipo de protección personal, que ofrezca seguridad, de tal manera que no se produzcan heridas, el mismo que garantizará atenuación de golpes en la cabeza, canillas y puntas de pies, protección contra olores, ruido y lluvia si es necesario. Deberá contemplarse el tipo, número de unidades y períodos de reemplazo.

El Equipo de Seguridad Personal (EPP) debe cumplir con las normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante las horas de trabajo los implementos de protección personal.

El personal que opere en el Relleno Sanitario deberá utilizar el equipo de seguridad respectivo:

- Casco
- Gafas de seguridad
- Botas
- Guantes
- Mascarilla
- Impermeable para lluvia

Casco



Se utilizará de manera obligatoria cuando se opere maquinaria pesada o se encuentre en áreas donde se este trabajando con ese tipo de equipos.

Protección ocular (Gafas de seguridad)



Se deberá utilizar lentes de seguridad especialmente cuando exista presencia de partículas sólidas, fluidos o polvo que puedan afectar a los ojos.

Botas de seguridad



Todos los empleados deberán utilizar protección a los pies que consiste en botas de caucho.

Guantes



Estos deberán utilizarse siempre, durante las actividades que impliquen algún tipo de riesgo a las manos y cuando se utilicen elementos de carácter peligroso, irritante o tóxico.

Mascarillas



Este tipo de protección debe ser utilizada cuando exista presencia de partículas que puedan afectar a las vías respiratorias, sean estos vapores y partículas, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Impermeables para protección por la lluvia



Se utilizarán impermeables para la protección de lluvia y evitar enfermedades respiratorias.

6.8 PLAN DE CIERRE DEL RELLENO SANITARIO

Se deberá dar aviso a la autoridad competente del término de las operaciones de disposición final de residuos, a más tardar 15 días después de que la instalación de relleno sanitario haya completado su capacidad autorizada para recibir residuos sólidos o cuando por cualquier otro motivo deje de disponer residuos sólidos, debiéndose iniciar en dicho momento la ejecución el presente Plan, que deberá haberse cumplido a más tardar en los 60 días siguientes.

Objetivos:

- Describir las medidas que deberán cumplirse una vez concluidas las funciones del relleno sanitario para evitar impactos sobre el medio ambiente.

Medidas respecto a la cobertura general

Una vez clausurada la última trinchera todo material sobrante será esparcido y compactado uniformemente sobre toda las trincheras clausuradas.

Sobre esa capa compactada se colocará una cobertura final que deberá ser la que corresponda de acuerdo al sistema de impermeabilización, según los criterios establecidos en la tabla siguiente.

Tabla 6.15

Configuración de Cobertura Final

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	CONFIGURACIÓN
I1	Capa de 60 cm. de material arcilloso con permeabilidad máxima de 10^{-7} cm/s colocada sobre una geomembrama de 0,5 mm de espesor, todo ello sobre una capa de material drenante de 30 cm de espesor y coeficiente de permeabilidad mínimo de 10^{-3} cm/s.
I2	Capa de 60 cm de arcilla con permeabilidad de máxima 10^{-7} cm/s.
I3	Capa de 100 cm de suelo con permeabilidad máxima de 10^{-5} cm/s.

Además, sobre dicha cobertura final se deberá colocar una capa de 15 cm de tierra capaz de sostener vegetación del lugar de emplazamiento de la instalación a objeto de minimizar la erosión del sistema de cobertura en el largo plazo.

Se cumplirán las medidas descritas en el Plan de Rehabilitación de Áreas Afectadas.

Se deberá diseñar la recuperación edáfica la cual comprende básicamente el suavizar las pendientes, rellenar las oquedades, confinar y cubrir los desechos sólidos

destapados. Se sembrará pasto o vegetación de raíz horizontal, para retener el suelo y protegerlo contra la erosión.

Se realizará un diseño paisajístico para entregar a la comunidad los terrenos ya recuperados y darle una utilización racional y acorde a las necesidades de la población.

Medidas de Habilitación

- Se construirá una cuneta de coronación definitiva en el perímetro de las trincheras y en la parte superior del área del relleno.
- Se verificará que los ductos de las chimeneas se encuentren abiertos a la atmósfera y si la generación de biogás es suficiente este se podrá combustionar para darle un uso posterior.
- Se colocarán rótulos en sendos letreros indicando que el relleno NO esta operando.
- Los sistemas de manejo de lixiviados, biogás y escorrentías superficiales deberán mantenerse por un período de al menos 20 años.
- Se cumplirán todo lo dispuesto en el Plan de Monitoreo por igual número de años.

6.9 PLAN DE MONITOREO

En este plan se definirán los procedimientos de monitoreo que se llevarán a cabo durante la operación del Relleno Sanitario y 15 años después de está, con el fin de controlar adecuadamente los impactos ambientales significativos.

Es muy importante llevar registros de control de la ejecución del presente Plan de Monitoreo. Estos registros nos permiten tener evidencia de los cambios que se susciten durante la operación del Relleno, además sirve de base para la toma de decisiones.

Objetivos:

- Realizar un seguimiento de evaluación y control de los impactos ambientales que han sido ocasionados durante todo el proyecto.

- Conocer y evaluar la efectividad de los diferentes planes de manejo propuestos en el presente estudio.

6.9.1 Monitoreo de la calidad del agua

Este monitoreo se realizará con el fin de determinar la variación de la calidad del agua en los cursos hídricos del área de influencia del Relleno Sanitario, y analizar y evaluar el funcionamiento de los programas contemplados en el Plan de Manejo Ambiental, destinados al control de la calidad de agua de los efluentes.

Muestreo

El agua será monitoreada en los siguientes puntos:

Tabla 6.16

Puntos de toma de muestras de agua

PUNTO 1	De las descarga del sistema de tratamiento de los lixiviados
PUNTO 2	A la salida de la cuneta de coronación de las aguas pluviales.
PUNTO 3	De la quebrada seca existente

El monitoreo se realizará mediante un muestreo para determinar los parámetros de calidad del agua in situ y en el laboratorio. Los parámetros a determinarse y analizarse serán los que la legislación ambiental vigente lo establece.

El objetivo fundamental de los programas de muestreo es obtener una muestra que cumpla con los requisitos de muestreo y almacenamiento, de tal manera que no se deteriore o llegue a contaminarse antes de que llegue al laboratorio. El muestreo debe realizarse cuidadosamente para asegurar que los resultados analíticos representen la composición actual de la muestra, tomando en cuenta factores importantes que afectan los resultados como son la presencia de materia suspendida o turbidez.

Se debe llevar un registro de cada muestra recolectada e identificar cada recipiente, preferiblemente pegando una inscripción o etiqueta apropiada. Se debe registrar suficiente información para proveer una identificación de la muestra para datos posteriores incluyendo el nombre del colector de la muestra, la fecha, hora y ubicación exacta, temperatura del agua, y cualquier otro dato que pueda ser necesario para correlación, tales como almacenamiento post-muestreo.

El muestreo de descargas se hará de manera semestral. La metodología de muestreo de agua se realizará considerando los siguientes parámetros:

- Se utilizarán envases de polietileno con capacidad para 1000 ml, herméticos y estériles.
- A profundidades no menores de 25 cm.
- Se mantendrán las muestras en una temperatura igual o menor a 4°C.

Monitoreo

PUNTO 2, 3

Para el monitoreo de los puntos 2 y 3 se tomará en cuenta los parámetros descritos en la Tabla 6.17

Tabla 6.17

Parámetros de monitoreo de descargas líquidas

PARÁMETRO	UNIDAD	MAX. PERMISIBLE
Caudal de descarga	l/s	--
Arsénico	p.p.m.	0.05
Bario	p.p.m.	1.0
Benceno	p.p.m.	0.005
Cadmio	p.p.m.	0.01
Cloruro de vinilo	p.p.m.	0.002
Cromo hexavalente	p.p.m.	0.05

2,4 diclorofenil acido acético	p.p.m.	0.1
1,4 Diclorobenceno	p.p.m.	0.075
1,2 Dicloroetano	p.p.m.	0.005
1,1 Dicloroetileno	p.p.m.	0.007
Endrin	p.p.m.	0.0002
Fluoruros	p.p.m.	4.0
Lindano	p.p.m.	0.004
Mercurio	p.p.m.	0.002
Metoxicloro	p.p.m.	0.1
Nitratos	p.p.m.	10.0
Plata	p.p.m.	0.05
Plomo	p.p.m.	0.05
Selenio	p.p.m.	0.01
Tetracloruro de carbono	p.p.m.	0.005
Toxafeno	p.p.m.	0.005
1,1,1 Triclorometano	p.p.m.	0.2
Tricloroetileno	p.p.m.	0.005
2,4,5 Triclorofenil acido acético	p.p.m.	0.01

Fuente: Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes básicos a monitorear en el punto de control. Texto unificado de legislación secundaria

Además se debe realizar el monitoreo de los siguientes parámetros de significación sanitaria y las concentraciones de los contaminantes máximos serán determinadas por los municipios, responsables del manejo de los desechos sólidos.

Alcalinidad, cianuros, calcio, cloruros, cobre, componentes orgánicos (fenoles y MBAS), conductancia específica, cromo total, D.B.O₅, D.Q.O., dureza, fósforo total, hierro, magnesio, nitrógeno total, pH, potasio, sodio, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sulfatos, temperatura y zinc.

Los lixiviados generados deben ser tratados, de tal manera que cumplan con lo establecido en la Norma de Aguas, en lo referente a los parámetros establecidos para descarga de los efluentes a un cuerpo de agua

PUNTO 1

Para los lixiviados se analizarán los parámetros determinados en el numeral 4.10.3 de Libro VI Anexo 6 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 6.18).

Tabla 6.18

Parámetros de monitoreo de lixiviados

PARÁMETRO	UNIDAD	MAX. PERMISIBLE
Caudal de descarga	l/s	--
Temperatura	°C	<35
pH	adimensiona l	5-9
Sólidos totales	p.p.m.	1600
DBO	p.p.m.	100
DQO	p.p.m.	250
Nitrógeno total	p.p.m.	15
Fósforo total	p.p.m.	10
Dureza	p.p.m.	500*
Alcalinidad	p.p.m.	--

Calcio	p.p.m.	--
Magnesio	p.p.m.	--
Cloruros	p.p.m.	1000
Sulfatos	p.p.m.	1000
Hierro	p.p.m.	10
Sodio	p.p.m.	200*
Potasio	p.p.m.	--
Sólidos disueltos	p.p.m.	1000
Plomo	p.p.m.	0.2
Mercurio	p.p.m.	0.005
Cadmio	p.p.m.	0.02
Cromo Total	p.p.m.	0.5
Cianuros	p.p.m.	0.1
Fenoles	p.p.m.	0.2
Tensoactivos	p.p.m.	0.5

Fuente: Tabla 12 del Anexo 1 del Libro 6 del Texto unificado de la Legislación

*Tabla 1 del Anexo 1 del Libro 6 del Texto Unificado de Legislación

6.9.2 Monitoreo al componente de aire

Las emisiones atmosféricas son producidas del sistema de evacuación de gases. Se recomienda realizar una caracterización de éstas de manera semestral, analizando los siguientes parámetros:

Tabla 6.19

Parámetros de monitoreo de emisiones a la atmósfera generadas por un Relleno Sanitario

PARÁMETRO	MAX. PERMISIBLE
Dióxido de Carbono (%CO ₂)	--
Metano (%CH ₄)	25%*
Dióxido de azufre	--

Nota:

*No podrá exceder el 25% de su límite de Explosividad

Para los muestreos de emisiones atmosféricas, se recomienda obtener cinco valores de cada parámetro y analizarlos estadísticamente, con el fin de unificar la metodología y obtener resultados que puedan ser comparados entre sí.

Método estadístico para el tratamiento de datos

- Método de Hanzen

El análisis de los resultados de los muestreos de aguas residuales y emisiones gaseosas debe realizarse sobre la base de datos obtenidos en, por lo menos, cinco muestras. Estos datos deben ser analizados estadísticamente mediante el Método de Hanzen, el cual consta de los siguientes pasos:

1. Ordenar en forma descendente (de mayor a menor) los datos obtenidos en el muestreo.
2. Asignar el valor del orden (m) de cada dato y obtener la frecuencia y el porcentaje de probabilidad mediante las siguientes fórmulas:

$$Frecuencia = m/(n+1)$$

$$\% \text{ Probabilidad} = \text{Frecuencia} * 100$$

donde: m = número de orden de cada dato

n = número total de datos

3. Realizar un gráfico de los valores (ordenadas) vs. el porcentaje de probabilidad (abscisas) y agregar una línea de tendencia lineal con su respectiva ecuación.
4. Calcular los valores persistentes reemplazando en la ecuación de la recta de regresión lineal los porcentajes de probabilidad de 10, 25, 50 y 90.
5. Calcular los valores notables estableciendo el valor máximo, mínimo y promedio del conjunto de datos experimentales. El promedio es el equivalente al valor persistente del 50%.
6. Realizar un gráfico comparando los valores experimentales y los valores calculados para cuatro valores de probabilidad.

Plan de seguimiento

- Eficacia del sistema de evacuación de gases

Para determinar la eficacia del sistema de evacuación de gases será importante realizar las medidas determinadas anteriormente en el presente plan. En caso de encontrarse falencias del sistema deberán hacerse los correctivos necesarios.

- Comportamiento del asentamiento de la superficie del terreno.

Para determinar el comportamiento de la superficie del terreno será necesario realizar pruebas de resistencia y compactación de suelos de las áreas intervenidas de manera anual. Estas pruebas deberán ser analizadas por un ingeniero especialista en la rama, para realizar correctivos en caso de ser necesario.

- Definición de métodos de tratamiento de datos para ser revisados por los distintos sectores de la sociedad

Los informes de monitoreo de emisiones a la atmósfera y de agua semestrales funcionaran como Monitoreo Ambiental Interno para revisar estado de los

componentes y realizar correctivos en caso de ser necesario. Con los informes de monitoreo interno, sus conclusiones y recomendaciones se realizará un Informe de Monitoreo y Seguimiento Anual.

Cronograma de Actividades

		COMPONENTE	MESES												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
AGUA	PUNTO 1	De las descarga del sistema de tratamiento de los lixiviados													
	PUNTO 2	A la salida de la cuneta de coronación de las aguas pluviales.													
	PUNTO 3	De la quebrada seca existente													
AIRE	SN	De sistema de evacuación de gases													
SUELO	SN	De áreas intervenidas (Pruebas de resistencia y compactación)													
INFORMES		Preparación de Informe de Monitoreo Ambiental Interno													
		Preparación de Informe de Monitoreo Ambiental y Seguimiento Anual													
		Mínimo 1 muestra/mes de muestreo señalado													

	Mínimo 1 muestra /mes de muestreo señalado

	Mínimo 1 muestra / trinchera clausurada /mes de muestreo señalado
--	---

BIBLIOGRAFÍA

Ing. Lendro Sandoval, 2001, **Relleno Sanitario de Operación Manual**.

Ing. José Felicio Hadad, 2000, **Disposición Final de Residuos Sólidos**

Ing. Roger Iván Méndez Novelo, 2002, **Tratamiento por Adsorción de Lixiviados de un Relleno Sanitario**

Bristow C. R y Hoffstetter R., 1977, **Léxico Estratigráfico**, América Latina, Fascicule 5 a 2 Ecuador, segunda edición, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 410 p.

Canter, Larry W., 1998, **Manual de Evaluación de Impacto Ambiental**. Mc Graw Hill. Madrid.

Constitución política de la República del Ecuador. Registro Oficial No. 1 del 11 de agosto de 1998.

COSUDE – FUNDACIÓN NATURA. **Manual para el Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud**. Junio. 2001.

Egüez A., Iglesias R., Pérez V. H., 1991, **Memoria Técnica del Mapa Sismotectónico del Ecuador- Boletín explicativo**, EPN-Quito.

Gobierno de Chile, 2003, **Reglamento de Rellenos Sanitarios**, Ministerio de Salud. Departamento de Salud Ambiental. Chile.

INEC, 1995, **Compendio de las Necesidades Básicas Insatisfechas de la Población Ecuatoriana**, Guayaquil, Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial No. 245 del 30 de julio de 1999.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Registro Oficial No. 97 del 31 de mayo de 1976.

Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Agua. Registro Oficial No. 204 del 5 de junio de 1989.

Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Suelo. Registro Oficial No. 989 del 30 de julio de 1989.

Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, 2003.

Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos.2003.

Saver, Walter, 1957, **El Mapa Geológico del Ecuador, Editorial Universitaria, Quito.**

Texto Unificado de la Legislación Secundaria Ambiental. Libro VI. Anexo I, II, IV, VI. 2003. Ecuador.

VITA

El autor realizó sus estudios primarios en el Instituto Particular Mixto “León Becerra” de la ciudad de Ambato, los estudios secundarios en el Colegio Nacional “Bolívar” de la misma ciudad. Los estudios superiores en la “Universidad Técnica de Ambato” Facultad de Ingeniería Civil.

Dentro de la capacitación profesional ha realizados diferentes cursos de Procesos de Contratación Pública y Consultoría, Fiscalización, evaluación de proyectos de agua y saneamiento, manejo Municipal de desechos hospitalarios, planes operativos institucionales.

En la actualidad presta sus servicios profesionales en la Municipalidad del Cantón Píllaro en calidad de Director del Departamento de Servicios Básicos.