

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



**“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Trabajo de Investigación Bibliográfica

**PRESENTADO POR LA BACHILLER
YAGUA SANCA, PALMIRA OLIVIA**

Para optar el Título Profesional de
Licenciada en Química

Arequipa – Perú

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



**“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Trabajo de Investigación Bibliográfica.

Presentado por la Bachiller en Química
YAGUA SANCA PALMIRA OLIVIA

Para optar el Título Profesional de
Licenciada en Química

Miembros del Jurado:

- Maria Elena Talavera (Presidente) -----
- Eliana Vargas Nieto (secretaria) -----
- Ms Edwin Bocardo (asesor) -----

AGRADECIMIENTOS

*PRIMERAMENTE DAR GRACIAS A
DIOS QUE ME PERMITIÓ ALCANZAR
ESTA META.*

*UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL
A LOS TODOS LOS **PROFESORES**
DE LA ESCUELA DE QUIMICA, Y
EN ESPECIAL A MI ASESOR Ms.
EDWIN BOCARDO DELGADO.*

*POR ULTIMO QUIERO AGRADECER
A MIS **FAMILIARES**, QUE ME
BRINDARON SU APOYO EN TODO
MOMENTO.*

DEDICATORIA

*QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO A
MIS **HIJAS** QUERIDAS: LESLY,
SALOME Y YAMILE, POR SER MI
RAZÓN DE SEGUIR ADELANTE Y ASÍ
PODER DARLES UN EJEMPLO.*

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos corresponden a uno de los problemas de mayor gravedad que enfrentan los diversos gobiernos municipales, esto se debe entre otras cosas, por su naturaleza acumulativa, es decir, que año tras año se van aglomerando; esta situación se ve más problemática si se entiende que las poblaciones no se mantienen estables, sino que van en incremento a través del tiempo con el consecuente aumento de la cantidad de residuos sólidos generados.

En la ley general de residuos sólidos (Ley No. 27314) se establecen diversos procesos que se deben involucrar en un plan de manejo de residuos sólidos, y todos ellos tienen su nivel de importancia, pero para este caso se le ha resaltado a la disposición final. Se ha notado que en la ciudad de Arequipa no existe un relleno sanitario que esté funcionando y lo único que hay son botaderos que no tienen los criterios técnicos adecuados para que el depósito de los residuos sólidos sean los más ambientalmente seguros; por ello el tener conocimiento de cómo se deben establecer los planes de manejo de residuos sólidos es fundamental para la salubridad de cualquier ciudad.

Es por lo tanto objetivo de la presente monografía presentar de una forma sistematizada todos los conceptos necesarios para establecer un plan de manejo de residuos sólidos; tomando una especial atención a la instalación de rellenos sanitarios que corresponden a una de las alternativas más viables para la disposición final de los residuos sólidos.

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

1. CONCEPTO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	1
1.1 CLASIFICACION POR SU ESTADO.....	1
1.2 CLASIFICACION POR SU ORIGEN.....	1
1.3 CLASIFICACIONPOR SU TIPO DE MANEJO.....	3
2. SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	6
2.1 GENERACION.....	6
2.2 TRANSPORTE.....	6
2.3 TRATAMIENTO Y DISPOSICION.....	6
2.4 CONTROL Y SUPERVISION.....	7
3. RIESGOS ASOCIADOS AL MANEJO DE LS RESIDUOS SÓLIDOS.....	7
3.1 GESTION NEGATIVA.....	7
3.2 GESTION POSITIVA.....	7
4. GENERACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	8
4.1 PRODUCCION PER CAPITA.....	8
4.2 ESTADISTICAS DE GENERACION.....	8
5. COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	9
6. VARIACION ESTACIONALES EN LA GESTION DE RESIDUOS.....	10

7. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS.....	11
7.1 HUMEDAD.....	11
7.2 DENSIDAD.....	11
7.3 PODER CALORIFICO.....	12
8. SISTEMA DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO.....	12
8.1 SISTEMA VERTICAL.....	12
8.2 SISTEMA HORONTAL.....	12
9. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS.....	13
10. DISPOSICION TEMPORAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES.....	14
11. RECOLECCION.....	14
11.1 ESTACIONES DE TRASFERENCIA.....	15
12. RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	16
12.1 RECICLAJE DE MATERIA ORGANICA.....	16
12.2 RECICLAJE DE PAPEL.....	16
12.3 RECICLAJE DE PLASTICO.....	18
12.4 RECICLAJE DE VIDRIO.....	18
12.5 RECICLAJE DE ENVASES.....	19
12.6 RECICLAJE DE PILAS Y BACTERIAS.....	19
13. DISPOSICION FINAL.....	20
14. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	38

15. AREA NECESARIA PARA LA INSTALACION DE UN RELLENO SANITARIO	
CON 25 AÑOS DE VIDA UTIL.....	40
16. CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA PARA LA	
INSTALACION DE UN RELLENO SANITARIO.....	46
16.1 PREPARACION DEL SITIO.....	47
16.2 INFRAESTRUCTURA PERIFERICA.....	47
16.3 PROYECTO PAISAJISTICO.....	48
16.4 CONSTRUCCION.....	49
COMENTARIO FINAL.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	58

RESUMEN

El manejo de residuos sólidos es uno de los mayores problemas de hoy en día por la progresiva producción de residuos sólidos por habitantes que podemos generar cada día ya sea residuos domésticos, industriales, mineros, hospitalarios entre otros y teniendo en cuenta si pueden ser residuos peligrosos según sus características de corrosibilidad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o simplemente residuos inertes.

Para lo cual podemos seguir un sistema de manejo de residuos sólidos teniendo en cuenta las características de los residuos como la humedad, densidad y poder calorífico, es lógico seguir algunos pasos luego de la recolección el reciclaje (de papel, plástico, vidrio, envases, pilas y baterías) se convierta en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege al medio ambiente en la reutilización de algunos materiales.

Después de que el residuo ha sido tratado está listo para la disposición final y la mejor opción sería los rellenos sanitarios teniendo en cuenta los requerimientos, criterios ambientales, actividades biológicas (emisión de gases) y e impacto ambiental para la pronta y adecuada construcción de dicho rellenos sanitario

SUMMARY

The management of solid waste is one of the biggest problems of the present day due to the progressive production of solid waste by inhabitants that we can generate every day: domestic, industrial, mining, hospital waste, among others and taking into account

whether they may be hazardous waste According to their characteristics of corrosivity, reactivity, explosiveness, toxicity and flammability or simply inert waste.

For which we can follow a system of solid waste management taking into account the characteristics of the residues as the humidity, density and calorific value, it is logical to follow some steps after the recycling collection (paper, plastic, glass, packaging, Batteries and batteries) becomes a good alternative, as it reduces waste, saves energy and protects the environment in the reuse of some materials.

After the waste has been treated it is ready for final disposal and the best option would be the landfills taking into account the requirements, environmental criteria, biological activities (emission of gases) and environmental impact for the prompt and adequate construction of such landfills sanitary

PALABRAS CLAVES

- Residuos solidos
- Sistema de manejo
- Composicion de residuos solidos
- Características de los residuos
- Recolección
- Tratamiento
- Almacenamiento
- Reciclaje
- Relleno sanitario
- Actividad biológica
- Lixiviados
- Impacto ambiental

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. CONCEPTO DE RESIDUO SÓLIDO

Se entiende por residuo sólido a todo aquel material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, convirtiéndose éste por ende en un generador de residuos. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un termino subjetivo, que depende del punto de vista de los actores involucrados (esencialmente generador y fiscalizador) (CONAM, 2001)

CLASIFICACIÓN (CONGRESO DE LA REPUBLICA; 2002, LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS- LEY N° 27314)

El residuo se puede clasificar de varias formas, tanto por su estado, su origen o sus características:

1. Clasificación por su estado

Un residuo es definido por su estado, según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista: sólidos, líquidos y gaseosos. Es importante señalar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado, que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

2. Clasificación por origen

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origina, esencialmente es una clasificación sectorial. Esta definición no tiene límites en la práctica en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella.

Tipos de residuos más importantes:

A) Residuos municipales:

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

En el caso del país de Chile, el creciente desarrollo de la economía ha traído consigo un considerable aumento en la generación de estos residuos. En la década de los 60, la generación de residuos domiciliarios alcanzaba los 0,2 a 0,5 Kg./habitante/día; hoy en cambio, ésta cifra se sitúa entre los 0,8 y 1,4 Kg./habitante/día.

Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per capita de residuos, los cuales tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

B) Residuos industriales:

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

C) Residuos mineros:

Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros. En Chile y en el mundo las estadísticas de producción son bastante limitadas.

Actualmente la industria del cobre se encuentra empeñada en la implementación de un manejo apropiado de estos residuos, por lo que se espera en un futuro próximo contar con estadísticas apropiadas.

D) Residuos hospitalarios

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de

estos residuos es realizado a nivel del generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel hospitalario los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varia desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo medico conteniendo sustancias peligrosas.

Según el Integrated Waste Management Board de California USA se entiende por residuo medico como aquel que esta compuesto por residuos que es generado como resultado de:

- a) Tratamiento, diagnostico o inmunización de humanos o animales.
- b) Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos.

3. Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas a manejo que debe ser realizado:

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

A. Residuo peligroso

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Es necesario establecer definiciones precisas de los términos relacionados con residuos peligrosos. A continuación se presentan las de mayor importancia y que están basadas en las definiciones utilizadas en la legislación de varios países.

Es aquel residuo que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente. No incluye a los residuos radiactivos por ser controlados de manera diferente y por otras instituciones que no corresponde a la autoridad ambiental.

A continuación se dan definiciones para las características de peligrosidad:

Corrosividad (EPA, 1980; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es corrosivo si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser residuos acuosos y presentar un pH menor igual a 2 o mayor o igual a 12.5
- Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor que 6.55 mm al año a una temperatura de 55° C de acuerdo al método NACE (National Association Corrosion Engineers) o equivalente.

Reactividad: (EPA, 1980; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades:

- Ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar.
- Reaccionar violentamente con agua.
- Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al ambiente cuando es mezclado con agua.
- Poseer, entre sus componentes, cianuros o sulfuros que, por reacción, libere gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al ambiente.
- Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.

Explosividad: (EPA, 1980; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es explosivo si presenta una de las siguientes propiedades:

- Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y 1 atm.
- Ser una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o efecto pirotécnico.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), considera a los residuos explosivos como un sub-género de los residuos reactivos.

Toxicidad: (EPA, 1980; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es tóxico si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel.

Se ha optado por una definición de toxicidad totalmente cualitativa para evitar análisis sofisticados de laboratorio para la clasificación de los residuos. Sin embargo, una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas el uso de definiciones que establecen la LC₅₀ (concentración letal media que mata al 50% de los organismos de laboratorio), tales como las que se usan en los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1980) o en el Estado de Sao Paulo, Brasil (CETESB, 1985; citado por CEPIS, 1998)

Inflamabilidad: (EPA, 1980; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es inflamable si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60 °C, conforme el método del ASTM-D93-79 o el método ASTM-D-32-78 (de la American Society for Testin and Materials), con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24 % de alcohol en volumen.

- No ser líquido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25 °C y 1 atm., producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, quemar vigorosamente y persistentemente, dificultando la extinción del fuego.
- Ser oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

Patogenicidad: (CETESB, 1985; citado por CEPIS, 1998)

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.

B. **Residuo inerte:** Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

C. **Residuo no peligroso:** Ninguno de los anteriores

2. SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (CONGRESO DE LA REPUBLICA; 2002, LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS- LEY N° 27314)

Básicamente el sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro sub sistemas:

2.1 Generación

Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve

generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más de un material.

2.2 Transporte

Es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.

2.3 Tratamiento y disposición

El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.

2.4 Control y supervisión

Este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres sub sistemas.

3. RIESGO ASOCIADO AL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

(CONAM, 2001)

3.1 Gestión negativa

- a) Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.
- b) Contaminación de aguas: la disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.
- c) Contaminación atmosférica: el material particulado, el ruido y el olor, representan las principales causas de contaminación atmosférica.

- d) Contaminación de suelos: los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados, dejándolos inutilizados por largos periodos de tiempo.
- e) Problemas paisajísticos y riesgo: la acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.
- f) Salud mental: existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental

3.2 Gestión positiva

- a) Conservación de recursos: el manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.
- b) Reciclaje: un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.
- c) Recuperación de áreas: otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

4. GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (CONAM, 2001)

4.1 Producción *per capita* (PPC)

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Producción *per capita* (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg./hab./día).

4.2 Estadísticas de generación

Se presentan los valores reportados en el Programa Integral de Gestión de Residuos Sólidos de Arequipa (PIGARS, 2004)

Cuadro No. 1
Generación de Residuos Sólidos estimada por distritos de Arequipa

Distrito	⁽¹⁾ Población (Habitantes)	Producción per capita (kg/hab./d)	Generación estimada de Residuos Sólidos (t/d)
Alto Selva Alegre	57 005	⁽³⁾ 0,86	49,02
Arequipa Cercado	95 537	⁽³⁾ 1,16	110,82
Cayma	67 541	⁽²⁾ 0,60	40,52
Cerro Colorado	110 393	⁽³⁾ 0,70	77,28
Characato	4 020	⁽⁴⁾ 0,58	2,33
Jacobo Hunter	60 489	⁽²⁾ 0,58	35,08
J.L.B.y Rivero	86 591	⁽²⁾ 1,107	95,82
Mariano Melgar	54 600	⁽³⁾ 0,59	32,21
Miraflores	56 600	⁽²⁾ 0,50	28,3
Paucarpata	131 973	⁽³⁾ 0,58	76,54
Sabandía	3 624	⁽⁴⁾ 0,58	2,10
Sachaca	17 607	⁽³⁾ 0,64	11,27
Socabaya	39 601	⁽³⁾ 0,71	28,12
Tiabaya	18 421	⁽³⁾ 0,55	10,13
Uchumayo	8 636	⁽⁴⁾ 0,58	5,01
Yanahuara	19 322	⁽³⁾ 0,77	14,88
Y...	...	⁽⁴⁾ 0,58	5,77

5. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (PIGARS, 2004)

Básicamente trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos.

Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y contenidos ítems como materia orgánica, papales y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.

Es necesario distinguir claramente en qué etapa de la gestión de residuos corresponden los valores de composición. Los factores que dependen de la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos:

Cuadro No. 2

Composición Física de Los Residuos Sólidos de los Distritos de Arequipa

Distrito	Porcentaje %							
	Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Caucho	Textil	Materia Orgánica	Material fino(otros)
Alto Selva Alegre	20,00	20,00	5,00	5,00	6,00	4,00	30,00	10,00
⁽¹⁾ Arequipa Cercado	20,30	21,00	2,60	2,90	0,40	2,90	31,90	18,00
Cayma	25,00	14,00	7,00	7,00	5,00	6,00	30,00	6,00
Cerro Colorado	20,00	16,00	5,00	9,00	8,00	5,00	30,00	7,00
Characato	20,00	15,00	0	0	0	0	40,00	25,00
Jacobo Hunter	0,14	0,10	0,08	0,70	0,15	4,90	32,70	60,51
J.L.B.y Rivero	20,26	20,94	2,62	2,91	0,36	2,92	31,94	18,05
Mariano Melgar	--	--	--	--	--	--	--	--
Miraflores	20,00	20,00	5,00	10,00	3,00	2,00	40,00	0
Paucarpata	20,30	21,00	2,60	2,90	0,40	2,90	31,90	18,00
Sabandía	15,00	25,00	5,00	2,00	3,00	10,00	40,00	0

6. VARIACIONES ESTACIONALES EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

La cantidad y calidad de los residuos sólidos puede variar en forma significativa a través del año. Comúnmente en climas templados, la cantidad media diaria, semanal y mensual de residuos está sobre la media anual durante los meses de verano. Esto es atribuible en parte, al aumento de la basura orgánica (por hábitos y disponibilidad para consumo), además de las probables actividades de mejoramiento urbano comúnmente realizadas en esta época.

En lugares donde la actividad de mejoramiento durante los meses de temporada de vacaciones puede aumentar en varias veces la media anual, aumentando la proporción de residuos domésticos y comerciales.

En lugares donde la generación de residuos industriales representa un porcentaje importante del total, el patrón de generación queda determinado por el tipo de industrias presentes.

7. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS

7.1 Humedad

Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente de la siguiente forma; tomar una muestra representativa de 1 a 2 Kg., se calienta a 80 °C durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca o húmeda.

Posteriormente se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{Inicial}} - \text{Peso}_{\text{Final}}}{\text{Peso}_{\text{Inicial}}} \cdot 100$$

Se expresa en porcentaje

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{Inicial}}$, se habla de humedad en base húmeda

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{Final}}$, se habla de humedad en base seca

(FUENTE PROPIA)

7.2 Densidad

La densidad de los sólidos rellenos depende de su constitución y humedad, por que este valor se debe medir para tener un valor más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

Densidad suelta: generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. En fluctúa entre 200 – 300 Kg./m³.

Densidad transporte: depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 300 a 400 kg/m³ Densidad residuo dispuesto en relleno: se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio. La densidad recién dispuesta (compactada) fluctúa entre 400 – 500 kg/m³ y la densidad de la basura estabilizada fluctúa entre 500 – 600 kg/m³

7.3 Poder calorífico

Se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo. Se debe diferenciar entre poder calorífico inferior y superior. El Poder Calorífico Superior (PCS) no considera corrección por humedad y el

inferior (PCI) en cambio sí. Se mide en unidades de energía por masa, [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb]. Se mide utilizando un calorímetro.

También se puede conocer a través de un cálculo teórico, el cual busca en la bibliografía valores típicos de PC por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos mediante la siguiente fórmula:

$$PC = n_0PC_0 + n_1PC_1 + \dots + n_nPC_n$$

en donde

n_i = Porcentaje en peso del componente

PC_i = Poder calorífico de i

Ejemplo : PC plástico es de 9000 (cal/gr), madera 5000 – 6000 (cal/gr)

(FUENTE PROPIA)

8. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO

Existen básicamente dos sistemas:

8.1 Sistema vertical (ductos verticales)

Para diseñar, existen normativas: Resolución Ministerio de Salud; normas sobre eliminación de basuras en edificios elevados.

Pueden ser cilíndricos o rectangulares. Estos pueden o no estar a la vista. Es usual agregar sistemas de compactación. No se aconseja su uso en el caso de hospitales (residuos biopeligrosos). El área transversal mínima de los ductos es de $0,2 \text{ m}^2$.

8.2 Sistema horizontal

Existen una infinidad de variaciones sobre este procedimiento. Por ejemplo sistemas de carros a nivel municipal, o a menor escala, como recintos industriales, campos deportivos, etc.

- Sistemas neumáticos:

Unifica los sistemas anteriores. Consiste en hacer pasar una corriente de aire aproximadamente a 90 km/h por el ducto para llevar residuos a una central de almacenamiento. Eventualmente se combina con sistemas de tratamiento.

En Latinoamérica se a implementado en hospitales del Brasil, no se usa para los residuos biopeligrosos (bio hazards)

En Chile este sistema se utiliza para el transporte de material, como los chips en la celulosa. (CONAMA, 2001)

9. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS (CONAM, 2001)

Almacenamiento en el sitio de generación

Para el diseño de los receptáculos debe separarse entre domiciliarios e industriales.

Domiciliarios: Dato básico producto PPC, contenedor más común 240 litros.

Industriales: Dato básico es la razón cantidad de producto / cantidad de residuo.

A nivel industrial se usan contenedores que son receptáculos de gran volúmenes entre los más comunes se tienen los de 240, 1000, 1700 litros.

Ejemplo práctico:

Calcular el número de contenedores de 240 litros necesarios para una junta vecinal de 50 familias, con una media de 4 personas por familia, ubicado en la comuna de Cayma.

Datos:

Frecuencia de recolección = 3 veces por semana = Acumulación de basura por 3 días

Población = 50 familias x 4 personas = 200 habitantes

PPC = Se considera el valor medio de las situaciones socioeconómicas (este caso)

PPC = 0.7 Kg./hab./día

Densidad de la basura = 0.3 Kg./l

Calculo:

Calculo de masa = $0.7 \text{ (Kg/hab/día)} \cdot 200 \text{ hab} \cdot 3 \text{ días (acumulación)}$
Masa = 420 Kg

Calculo del volumen = $V = \frac{m}{d}$

Luego $V = \frac{420 \text{ kg}}{0.3 \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right)} = 1400 \text{ l}$

Finalmente calculo de contenedores de 240 l

(FUENTE PROPIA)

10. DISPOSICIÓN TEMPORAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Para dicho almacenamiento se requiere de una autorización sanitaria, la cual debe ser expresa tratándose de residuos peligrosos.

Tiempo de almacenamiento: el almacenamiento de residuos peligrosos, definido en términos generales, corresponde a la acción de retener temporalmente en condiciones controladas residuos, en tanto se procesen para su aprovechamiento, tratamiento o disposición final. Específicamente, en USA se considera como recinto para almacenar residuos peligrosos, aquel en el que un generador acumula residuos peligrosos por más de 90 días. Actividad para la cual es mandatorio la obtención de un permiso. Pero, de acuerdo al volumen de residuos generados el tiempo límite de acumulación de los mismos puede ser extendido hasta 180 ó 270 días.

11. RECOLECCIÓN (CONAM, 2001)

La recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los residuos. La recolección la realizan en general cuadrillas de hombres con equipos de recolección consistente en camiones de diversas características.

Los beneficios de una adecuada recolección de residuos sólidos serán observables después de un estudio cuidadoso en donde inciden numerosos factores como:

- Tipo de residuo producido y cantidad.
- Característica topográfica de la ciudad.
- Clima.
- Zonificación urbana.
- Frecuencia de recolección.
- Tipo de equipo.

- Extensión del recorrido.
- Localización de la basura.
- Organización de las cuadrillas.
- Rendimiento de las cuadrillas.
- Responsabilidades.

El punto de recolección más adecuado es la recogida en la acera, porque reduce el tiempo necesario para cada servicio. La recolección de basuras se realiza generalmente de día en las zonas residenciales y durante la noche en las zonas comerciales de las grandes ciudades, para evitar problemas con el tráfico.

11.1 Estaciones de transferencia

El transporte de los residuos se vuelve antieconómico si los residuos son trasladados a distancias muy grandes. Esto se hace más apreciable cuando la cuadrilla es mayor. El uso de estaciones de transferencia se ha constituido en una alternativa económica para áreas urbanas donde se generan grandes cantidades de residuos y en las que las distancias a los centros de procesos de residuos son importantes. En una estación de transferencia, el residuo es transferido desde camiones recolectores a unidades de transporte de mayor capacidad. Se puede utilizar vehículos por carreteras, barco o tren.

Ventajas de una estación de transferencia: economía, el vehículo de recolección prolonga su vida útil, utilización de menos personal.

Desventajas de una estación de transferencia: Oposición para la localización, difícil ampliación y menos flexibilidad para picos de generación.

Componentes mínimos de una estación de transferencia:

- Entrada con zona buffer.
- Balanza.
- Plataforma de recepción.
- Pozo de almacenamiento.
- Equipo para mover residuos a los volúmenes de transferencia.
- Equipos de compactación, generalmente compactadores estacionarios.
- Sistema de captación y tratamiento de aguas

- Oficinas, etc.

12. RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS

El mundo entero moderno se enfrenta a un problema cada vez más importante y grave: ¿cómo deshacerse del volumen creciente de los residuos que genera?

La mayoría de los residuos terminan convirtiéndose en basura cuyo destino final es el vertedero o los rellenos sanitarios. Los vertederos y rellenos sanitarios son cada vez más escasos y plantean una serie de desventajas y problemas. En ello el reciclaje se convierte en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege el medio ambiente.

La meta de cualquier proceso de reciclaje es el uso o reuso de materiales provenientes de residuos. En el proceso de reciclaje es suma importancia que el procedimiento comience con una separación. Desde un punto de vista de eficiencia del rendimiento de estos sistemas de separación, es conveniente que ésta se realice en el lugar de origen. Existen tres actividades principales en el proceso del reciclaje:

Recolección: Se deben de juntar cantidades considerables de materiales reciclables, separar elementos contaminantes o no reciclables y clasificar los materiales de acuerdo a su tipo específico.

Manufactura: los materiales clasificados se utilizan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.

Consumo: Los materiales de desperdicio deben ser consumidos. Los compradores deben demandar productos con el mayor porcentaje de materiales reciclados en ellos. Sin demanda, el proceso de reciclaje se detiene.

12.1 Reciclaje de materia orgánica

La fracción orgánica puede ser reciclada mediante el compostaje. El composito es un abono y una excelente herramienta orgánica del suelo, útil en la agricultura, jardinería y obra pública. Mejora las propiedades químicas, biológicas y físicas de los suelos. Hace más sueltos y porosos los terrenos compactados y enmienda los arenosos, mejorando así su capacidad de retención de agua.

12.2 Reciclaje de papel

El consumo de papel (núcleos administrativos, editoriales de prensa, revistas, libros, etc.) y de cartón (envases y embalajes de los productos manufacturados), ha crecido también exponencialmente por el incremento de la población y de la cultura en todo el mundo desarrollado. De hecho, cada uno de nosotros genera aproximadamente 120 kg/año de papel al año.

Beneficios ambientales del reciclaje de papel:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales y vírgenes.
- Disminución del volumen de residuos municipales (el 25% de nuestros desperdicios está compuesto de papel y cartón)
- Disminución de la contaminación atmosférica y de la contaminación del agua.
- Disminución de las exportaciones de madera y de la importación de papel, representadas en miles de toneladas al año.

Papel reciclable

El papel reciclable se elabora sin utilizar cloro en el proceso de blanqueo de la pasta. Puede obtenerse papel ecológico a partir de papel reciclado, garantizando la mínima utilización de productos químicos y la depuración de las aguas residuales. Es obtenido, mayoritariamente, a partir de papel usado o residual. Se considera que cumple las condiciones de papel reciclado para la impresión y escritura, aquél que contiene, como mínimo, un 90% en peso de fibras de recuperación.

El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado, etc.

La separación de la tinta se lleva a cabo mediante la adición de un jabón biodegradable y la inyección de aire, para crear burbujas a las que se adhiere la tinta. La tinta se concentra y se transporta a un centro de tratamiento.

El rendimiento del papel viejo es alto, un 90% aproximadamente, frente al 50% del rendimiento celulósico de la madera.

En Cataluña – España (CONAMA, 2001), los aproximados de recuperación para el papel y cartón son los siguientes:

- Papel de diario se recupera aproximadamente el 27 %.
- Papel de revistas y libros se recupera aproximadamente el 7,5 %.
- Papel de embalar se recupera aproximadamente el 30,7 %.
- Cartón se recupera aproximadamente el 81,3 %.

12.3 Reciclaje de plásticos

Tanto en los residuos totales como en los de precedencia urbana, las poliofelinas son el componente mayoritario. Le siguen de cerca en importancia el policloruro de vinilo y el poliestireno. Dentro de los residuos urbanos los plásticos representan aproximadamente el 10% del peso total.

Factores que afectan al reciclado de los plásticos

La vida de un plástico no es infinita. Por mucho que se alargue la existencia mediante el reciclado su destino final es la incineración o el relleno sanitario. En algunos casos, únicamente el reciclado químico permite una pseudo-inmortalidad, especialmente en aquellos en los que es aplicable la depolimerización con generación de los monómeros de partida.

El tipo de tratamiento que se da a los residuos plásticos viene determinado por una serie de factores de muy distinta naturaleza, en pocos casos tecnológicos, y entre los que habría que destacar la disponibilidad de terreno aptos para su uso como rellenos sanitarios, legislación ambiental, apoyos y subvenciones de autoridades gubernamentales regionales y locales, etc. Así, mientras en América y Europa la mayor parte de los residuos municipales son enterrados, en Japón, donde cada metro cuadrado es “oro puro”, se favorece su incineración. El reciclado químico, hoy casi inexistente, se desarrollará en los próximos años de una forma importante. Las unidades de incineración de residuos con generación de calor o electricidad son un valioso medio de explorar el alto contenido energético de los plásticos, con poder calorífico intermedio entre el petróleo y el carbón.

12.4 Reciclaje de vidrio

Cada persona produce aproximadamente 37 kg de vidrio al año.

Los beneficios ambientales del reciclaje de vidrios se traduce en una disminución de los residuos municipales, disminución de la contaminación del medio ambiente, y un notable ahorro de los recursos naturales. Cada kg de vidrio recogido sustituye 1,2 kg de materia virgen.

Reutilizar: Existen envases de vidrio retornable que, después de un proceso adecuado de lavado, pueden ser utilizados nuevamente con el mismo fin. Una botella de vidrio puede ser reutilizada entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5% respecto al reciclaje. Esta es la mejor opción.

Reciclar: El vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades: 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado. El reciclaje consiste en fundir vidrio para hacer un vidrio nuevo. La energía que ahorra el reciclaje de una botella mantendrá encendida una ampolleta de 100 Watts durante 4 horas.

En la fabricación del vidrio se utiliza:

- Sílice, que da resistencia al vidrio.
- Carbonato de calcio, que le proporciona durabilidad.

En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima la calcina o vidrio desecho. Su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de fusión de minerales, por tanto, se ahorra energía.

12.5 Reciclaje de envases

Diariamente, utilizamos una cantidad considerable de envases de los llamados ligeros:

- Envases de plásticos (poliestireno blanco, de color, PET, PVC, otros)
- Latas de hierro y aluminio
- Brics (envases de cartón con impregnación de plástico)

Cada persona arroja un aproximado a 48 kg de envases anualmente a la basura. Los envases de plástico se pueden reciclar para la fabricación de bolsas de plástico, mobiliario urbano, señalización, o bien para la obtención de nuevos envases de uso no alimentario.

Los “Brics” se pueden reciclar aprovechando conjuntamente sus componentes (fabricación de aglomerados), o bien con el

aprovechamiento separado de cada material (reciclable del papel y valorización energética del poliestireno y el aluminio).

12.6 Reciclaje de pilas y baterías

Las pilas usadas no son un residuo cualquiera, son un residuo especial, toxico y peligroso.

Pilas Botón: Se utilizan en relojes, calculadoras, sensores remotos, etc. A pesar de su reducido tamaño son las más contaminantes.

Pilas grandes: Pilas cilíndricas o de pequeñas baterías, que contienen menos metales pesados, pero se producen muchas más.

Cuando, incorrectamente, se tiran las pilas con los restos de los desechos, estas pilas van a parar a algún vertedero o al incinerador. Entonces el mercurio y otros metales pesados tóxicos pueden llegar al medio y perjudicar a los seres vivos.

Siguiendo la cadena alimentaría, el mercurio puede afectar al hombre.

- Previo a la recolección o almacenamiento de pilas en cualquiera de sus variedades, se debe tener siempre presente, si existen plantas que traten este tipo de residuo, ya que al verse con una gran cantidad de pilas sin tener un destino, podemos provocar mucho más daño al ecosistema que al botarlas concentradamente.
- Con el reciclaje de las pilas, se recupera el mercurio (de elevado riesgo ambiental) y valorizamos el plástico, el vidrio y los otros metales pesados contenidos en las pilas.
- Las pilas botón pueden ser introducidas en un destilador sin necesidad de triturarlas previamente. La condensación posterior permite la obtención de un mercurio con un grado de pureza superior al 96%.
- Las pilas normales pueden ser almacenadas en previsión de poner en marcha de forma inmediata un sistema por el cual serán trituradas mecánicamente, y de la que se obtendría escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila. Las tres primeras fracciones que se valorizan directamente
- El polvo de pila sigue diferentes procesos para recuperar los metales que contiene.

13. DISPOSICIÓN FINAL (CONAM, 2001)

Después que el residuo ha sido tratado, éste se encuentra listo para su disposición. La forma y tipo del residuo determina en gran parte dónde la disposición será permitida. Un limitado grupo de residuos puede ser dispuesto por inyección a pozos profundos y en descargas submarinas a océanos. Muchos residuos gaseosos y particulados son dispuestos en la atmósfera.

Los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Basurales
- Botaderos
- Botaderos controlados
- Vertederos
- Rellenos sanitarios
- Depósitos de seguridad

CUADRO N° 3.

Comparación de las Diferentes Alternativas de Deposito de Residuos Sólidos

<i>Clasificación</i>	Control	Diseño	Información del residuo	Límites	Impermeabilización y recubrimiento	Existencia de protección
Basural	No	No	No	No	No	No
Botadero	No	No	No	No	No	No
Botadero controlado	No - Sí	No	No - Sí	Sí	No	No
Vertedero	Sí	No - Sí	No - Sí	Sí	No - Sí	No - Sí
Relleno sanitario	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Depósito de seguridad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Rellenos Sanitarios

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población.

La obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado.

Un relleno sanitario planificado y ambiental de las basuras domesticas ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario; como son las actividades silviagropecuarias en el largo plazo.

El relleno sanitario es un sistema de tratamiento y, a la vez de disposición final de residuos sólidos, en donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final en países como el nuestro, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos urbanos producidos; aseveración que, por lo demás, se encuentra muy bien documentada en la bibliografía.

La definición más aceptada de relleno sanitario es la dada por la Sociedad de Ingenieros Civiles (ASCE): “Relleno Sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada”.

Requerimientos generales de los rellenos sanitarios

- El sitio debe tener espacio necesario para almacenar los residuos generados por el área en el plazo definido por el diseño.
- El sitio es diseñado, localizado y propuesto para ser operado de forma que la salud, las condiciones ambientales y el bienestar estén garantizados.
- El sitio es localizado de manera de minimizar la incompatibilidad con las características de los alrededores y de minimizar el efecto en los avalúos de estos terrenos.
- El plan de operación del sitio se diseña para minimizar el riesgo de fuego, derrames y otros accidentes operacionales en los alrededores.
- El diseño del plan de acceso al sitio se debe hacer de forma de minimizar el impacto en los flujos.

Tipos de rellenos

El parámetro básico de diseño de un relleno es el volumen. Este depende del área cubierta, la profundidad a la cual los residuos son depositados, y el radio de material de cobertura y residuo. Debido a que la tasa de generación de residuos es usualmente definida en unidades másicas un parámetro adicional que influencia la capacidad del relleno es la densidad *in situ* de la basura y el material de cobertura.

Generalmente todo diseño de relleno incluye algunas obras comunes. Zonas buffer y pantallas perimetrales son necesarias para aislar el relleno de los vecinos y el sitio. Son necesarios cercos perimetrales para evitar el acceso no autorizado al sitio, se requiere un cuidadoso mantenimiento del frente de trabajo. Durante tiempos inclementes podría ser necesario contar con tractores para asistir a los camiones. El barro y suciedad que se adhieren al camión por su operación en el sitio debe ser retirado del mismo antes que abandone el recinto del relleno.

Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos a tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor oruga. Incluso existen experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad para relleno

sanitario. La tierra se extrae se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con tierra.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea posible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el terreno.

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava en las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

Clasificación de rellenos sanitarios

Clasificación según clase de residuo depositado:

- Tradicional con residuos sólidos urbanos seleccionados: no acepta ningún tipo de residuo de origen industrial, ni tampoco lodos.
- Tradicional con residuos sólidos urbanos no seleccionados: acepta además de los residuos típicos urbanos, industriales no peligrosos y lodos previamente acondicionados

- Rellenos para residuos triturados: recibe exclusivamente residuos triturados, aumenta vida útil del relleno y disminuye el material de cobertura.
- Rellenos de seguridad: recibe residuos que por sus características deben ser confinados con estrictas medidas de seguridad.
- Relleno para residuos específicos: son rellenos que se construyen para recibir residuos específicos (cenizas, escoria, borras, etc.).
- Rellenos para residuos de construcción: son rellenos que se hacen con materiales inertes y que son residuos de la construcción de viviendas u otros.
-

Clasificación según las características del terreno utilizado

- En áreas planas o llanuras: más que relleno es una depositación en una superficie. Las celdas no tienen una pared o una ladera donde apoyarse, es conveniente construir pendientes adecuadas utilizando pretilas de apoyo para evitar deslizamientos. No es conveniente hacer este tipo de relleno en zonas con alto riesgo de inundación.
- En quebrada: se debe acondicionar el terreno estableciendo niveles aterrazados, de manera de brindar una base adecuada que sustente las celdas. Se deben realizar las obras necesarias para captar las aguas que normalmente escurren por la quebrada y entregarlas a su cauce aguas abajo del relleno.
- En depresiones: se debe cuidar el ingreso de aguas a la depresión, tanto los provenientes de la superficie o los de las paredes por agua infiltrada. La acumulación normal del relleno. La forma de construir el relleno dependerá del manejo que se dé al biogás o a los líquidos percolados.
- En laderas de cerros: normalmente se hacen partiendo de la base del cerro y se va ganando altura apoyándose en las laderas del cerro. Es similar al relleno de quebrada. Se deben aterrazar las laderas del cerro aprovechando la tierra sacada para la cobertura y tener cuidado de captar aguas lluvias para que no ingresen al relleno.

- En ciénagas, pantanos o marismas: método muy poco usado por lo difícil de llevar a cabo la operación, sin generar condiciones insalubres. Es necesario aislar un sector, drenar el agua y una vez seco proceder al rellenamiento. Se requiere equipamiento especializado y mano de obra.

Criterios Ambientales en Rellenos Sanitarios

Los problemas sanitarios causados por la disposición de los residuos sólidos en el suelo se deben a la reacción de las basuras con el agua y a la producción de gases, riesgo de incendios y explosiones.

Los residuos sólidos están compuestos físicamente por un 40 a 50% de agua, vegetales, animales, plásticos, desechos combustibles, vidrios, etc. Químicamente están compuestos por sustancias orgánicas, compuestos minerales y residuos sólidos peligrosos.

Las sustancias líquidas y los sólidos disueltos y suspendidos tienden a percolar por la masa de residuos sólidos y posteriormente en el suelo. Este está constituido por materia sólida, aire y agua. A partir de determinada profundidad se encuentra el nivel freático donde el agua se mueve a baja velocidad de alta a baja presión horizontalmente y en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo.

Las sustancias contaminantes del lixiviado al percolar a través del suelo, adquieren gran agilidad al llegar al nivel freático y puede contaminar el agua de los manantiales, las subterráneas por las fisuras y otras fallas de las rocas y suelos impermeables, a la vez de causar un efecto negativo en la calidad del suelo.

La percolación de los contaminantes depende de la permeabilidad del suelo y esta dada por el coeficiente K que en arenas es de 10^{-1} a 10^{-3} cm/s y en suelos arcillosos es de 10^{-8} cm/s. El terreno ideal sería con un K de 10^{-7} cm/s y que tenga un nivel freático de más de 3 metros.

Todo lo anterior lleva a tener en cuenta el microclima dentro del cual tenemos la lluvia que influye en los fenómenos biológicos y químicos, con el transporte de contaminantes, problemas en vías de acceso y del trabajo en sí del relleno sanitario, por lo tanto el relleno debe ser drenado

superficialmente por la periferia y el fondo del relleno. El viento también causa molestias, llevando los olores y el polvo a las vecindades.

CUADRO N° 4

Principales factores involucrados en la selección de sitios para rellenos sanitarios

Criterios	Detalles
Factibilidad técnica	<ol style="list-style-type: none">1. Volumen y morfología sitio adecuado2. Distancia a centro generador3. Fuera de zonas de exclusión
Riesgo ambiental	<ol style="list-style-type: none">1. Contaminación de aguas subterráneas2. Calidad de aire3. Transporte de materiales
Aspectos económicos	<ol style="list-style-type: none">1. Efectos en aspectos de propiedades2. Costos de construcción3. Impacto en la industria local4. Planes de compensación
	<ol style="list-style-type: none">1. Equidad en la selección de sitio

Aspectos sociales	<ol style="list-style-type: none"> 2. Efecto en la imagen de la comunidad 3. Paisaje y estética 4. Alteración de actuales y futuros usos de suelos
Aspectos políticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elecciones locales 2. Intereses de inversión de grupos locales 3. Responsabilidades de manejo de sitio 4. Control local

(FUENTE: CONAMA, 2000)

Zonas de exclusión

Se entenderá por zona de exclusión a cualquier zona, que por alguna característica, tanto humana, social, ecológica, política o económica, no pueda ser considerada para la habilitación de un relleno sanitario. Los casos más típicos son los siguientes:

- Distancias mínimas: la distancia mínima del sitio de disposición a la residencia más cercana, pozo de suministro de agua, fuente de agua potable, hotel, restaurante, procesador de alimentos, colegios, iglesias o parques públicos debe ser a lo mínimo de 300 metros (o el equivalente indicado por la regulación).
- Distancias a aeropuertos: la distancia entre el aeropuerto comercial y el punto seleccionado es importante si en el relleno sanitario van a recibirse residuos de alimentos (tanto domiciliarios como de algún proceso industrial), pues estos pueden atraer pájaros en un radio de varios kilómetros. Si la operación del residuo es apropiada el problema puede ser aminorado. Se recomiendan distancias de 8 Km sin embargo, este valor puede ser reducido si es justificado.
- Distancias a cursos de agua superficial: la distancia entre la carga de los residuos y el curso de agua superficial más cercano debe ser a lo mínimo de 100 m (o el equivalente a la regulación correspondiente). Este parámetro dependerá fundamentalmente de las condiciones hidrogeológicas del sitio.

- Distancias a áreas inestables: el sitio seleccionado debe estar a un mínimo de 100 m de áreas inestables (por ejemplo área de derrumbes) para asegurar la estabilidad estructural del sitio.
- Distancias a áreas de exclusión: el sitio debe estar localizado fuera de los límites de cualquiera área de exclusión delimitada por la autoridad correspondiente.

Actividad Biológica dentro del Relleno Sanitario

La actividad biológica dentro de un relleno sanitario se presenta en dos etapas relativamente bien definidas:

- **Fase aeróbica:** inicialmente, parte del material orgánico presente en la basura es metabolizado aeróbicamente (mientras exista disponible oxígeno libre), produciéndose un fuerte aumento en la temperatura. Los productos que caracterizan esta etapa son el dióxido de carbono, agua, nitritos y nitratos.
- **Fase anaeróbica:** a medida que el oxígeno disponible se va agotando, los organismos facultativos y anaeróbicos empiezan a predominar y proceden con la descomposición de la materia orgánica, pero más lentamente que la primera etapa. Los productos que caracterizan esta etapa son el dióxido de carbono, ácidos orgánicos, nitrógeno, amoníaco, hidrógeno, metano, compuestos sulfurados (responsables del mal olor) y sulfitos de hierro, manganeso e hidrógeno.

Además, algunos de estos productos producen reacciones químicas dentro y fuera del relleno. En consecuencia, otras reacciones similares se llevan a cabo, como resultado de la interacción de algunos subproductos de descomposición, entre ellos mismos o con las basuras con que entran en contacto. Muchos de estos productos, en la eventualidad de emerger libremente del relleno, como gases o líquidos, podrían provocar serios trastornos ambientales.

Lixiviados o líquidos percolados

Los residuos, especialmente los orgánicos, al ser compactados por maquinaria pasada liberan agua y líquidos orgánicos, contenidos en su interior, el cual se escurre preferencialmente hacia la base de la celda. La basura, que actúa en cierta medida como una esponja, recupera lentamente parte de estos líquidos al cesar la presión de la maquinaria, pero parte de él permanece en la base de la celda. Por otra parte, la descomposición anaeróbica rápidamente comienza actuar en un relleno sanitario, produciendo cambios en la materia orgánica, primero de sólido a líquido y luego de líquido a gas, pero es la fase de licuefacción la que ayuda a incrementar el contenido de líquido en el relleno, y a la vez su potencial contaminante. En ese momento se puede considerar que las basuras están completamente saturadas y cualquier agua, ya sea subterránea o superficial, que se infiltre en el relleno, lixiviara a través de los desechos arrastrando consigo sólidos en suspensión, y compuestos orgánicos en solución. Esta mezcla heterogénea, de un elevado potencial contaminante, es lo que se denomina lixiviados o líquidos percolados.

CUADRO N° 5

Composición de líquidos percolados de un relleno sanitario con desechos domésticos

Componentes	Rango (mg/l)
--------------------	---------------------

Cloruros	100 – 400
Cobre	0 – 9
Fierro	50 – 600
Flúor	0 – 1
Cadmio	0 – 17
Cromo (VI)	2
Plomo	2
Sodio	200 – 2000
Sulfatos	100 – 1500
Nitrato	5 – 40
Dureza (Ca CO₃)	300 – 10000
DBO	2000 – 30000
DQO	3000 – 45000
pH	5.3 – 8.5

(FUENTE: CONOMA, 2000)

Impermeabilización del Fondo del Relleno

Teniendo en consideración las características de los componentes en los líquidos percolados, es indiscutible que éstos pueden contaminar las aguas y los suelos con los cuales entran en contacto.

Sería ideal evitar todo tipo de contacto entre líquidos percolados, el agua y los suelos subterráneos, pero, para tal efecto, habría que cuidar muchos aspectos que encarecerían la obra en tal forma que sería imposible de realizar. Sin embargo, llevar este contacto a un nivel mínimo de modo que las características de la mapa freática no sufran grandes variaciones y que el uso actual o eventual de ella no sea afectado, es perfectamente posible.

Ahora bien, no hacer nada basándose en suponer que los contaminantes serán diluidos en las aguas subterráneas es un error que puede causar un gran daño, ya que una vez que las aguas y suelos han sido contaminados, sería muy difícil revertirlas a las condiciones originales. El escurrimiento de las aguas subterráneas, por lo general, es laminar, lo que hace que la

dispersión del contaminante sea por difusión y no por dilución, y como las velocidades de las mapas y las tasas de difusión son bajas, hacen que configure una zona de contaminación bastante peligrosa.

Los contaminantes de origen orgánico son los más abundantes en los líquidos percolados, pero ellos van perdiendo esa característica en el transcurso del tiempo. Por otra parte, es un hecho comprobado que gran parte de ellos quedan retenidos al tener que pasar por un medio arcilloso, contribuyendo en gran medida a aumentar la impermeabilidad del medio. El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común en América, a continuación se mostrara una forma de poner este material para lograr esta condición impermeabilizante.

Sobre el terreno emparejado se colocaran 0,60 metros de material arcilloso, homogéneo, sin contenido orgánico, con no menos de 40% de su peso seco que pase la malla ASTM N°200. este material se colocara en capas de 0,20 o 0,30 metros, con una humedad algo mayor a la optima determinada por el ensayo Protector Modificado compactándose cada capa con rodillo pata de cabra o similar hasta obtener una densidad seca no inferior a 90% de la densidad seca máxima establecidas por el ensaye citado. El coeficiente de permeabilidad en el laboratorio para el material arcilloso no será superior a $K=10^{-6}$ (cm/s).

La capa de arcilla compactada, deberá mantenerse permanentemente húmeda para evitar su agrietamiento, hasta que se cubra con basura, por lo que se recomienda construir esta impermeabilidad solo con la extensión necesaria para ejecutar con comodidad el relleno sanitario.

Últimamente se ha empleado bastante la arcilla en espesores de 20 a 30 cm con polietileno de alta densidad entre medios, el espesor de este polietileno oscila entre 1 y 2 mm.

Otras geomembranas bastante usadas son el polietileno cloro sulfonado (Hypalon) y el polivinil clorado (PVC), en ocasiones las geomembranas son usadas con geotextiles (tejidos esponjosos) con el fin de protegerlas de desgarramientos y/o punzonamientos.

Control de los lixiviados o percolados

Como consecuencia de la impermeabilización del relleno sanitario, se acumula en éste una gran cantidad de líquidos percolados, los cuales deben ser manejados en forma apropiada. Es importante tener en el relleno sanitario los elementos necesarios para mantener un control total de los lixiviados, éstos pueden ir desde almacenamientos en lagunas para luego recircularlos con equipos de bombeo, hasta sistemas de drenaje al interior del relleno, depósitos de almacenamiento y tratamiento químico y/o biológico.

Es importante establecer un sistema de monitoreo rutinario que permita detectar y anticipar un eventual paso de líquidos percolados a través del terreno y subsecuentemente adoptar las medidas preventivas y correctivas que correspondan para evitar riesgos a la población, por consumo de agua de mala calidad.

Tratamiento del lixiviado

El tipo de instalaciones de tratamiento dependerá de las características del lixiviado, y en segundo lugar, de la localización geográfica y física del relleno sanitario. Las características más preocupantes del lixiviado influyen: DBO, DQO, sólidos totales disueltos (STD), metales pesados y constituyentes tóxicos sin especificar.

El lixiviado contiene concentraciones extremadamente altas de STD, por ejemplo sobre 50 000 (mg/l), puede ser difícil tratar biológicamente. Con valores altos de DBO es preferible emplear procesos de tratamientos anaeróbicos, porque los procesos de tratamientos aeróbicos son caros. Concentraciones altas de sulfato pueden limitar el uso de procesos de tratamientos anaeróbicos, debido a la producción de olores procedentes de la reducción biológica de sulfatos a sulfuros. La toxicidad producida por los metales pesados también es un problema para muchos procesos de tratamiento biológico. Otra cuestión importante es: ¿Cuál debería ser el tamaño de las instalaciones de tratamiento? La capacidad de las instalaciones de tratamiento dependerá del tamaño del relleno sanitario y la vida útil esperada.

Una investigación realizada en la sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Chile acerca del tratamiento físico-

químico de los lixiviados a fines de la década de los 80 y principios de los 90, entrego las siguientes conclusiones:

- El tratamiento físico-químico de percolados, consistentes en coagulación con Sulfato de Aluminio o Cloruro Férrico a pH elevado o en precipitación con Cal o Hidróxidos de Sodio, produce en los percolados modificaciones de olor y remoción de color, turbiedad, materia orgánica y metales, lo que facilita su manejo y disposición.
- Las remociones de materia orgánica alcanzada, están en el rango de 35% en términos de DQO y en el caso de los metales: 99,3% de Fe. 98,8% Mn y 63.9% de Cu.
- El tratamiento físico-químico de percolados, produce una gran cantidad de lodos y consume una alta cantidad de reactivos. Estos lodos pueden ser depositados en el mismo relleno sanitario. La disposición final de los líquidos tratados debe ser evaluada considerando el impacto ambiental que producirán.
- Para situaciones en las cuales los líquidos percolados generados por un relleno sanitario presenten problemas de manejo solo algunos meses al año, el tratamiento físico-químico aun cuando tiene un alto costo, resulta recomendable porque permite reducir a niveles aceptables los problemas de olor y facilita el manejo de los líquidos.

(FUENTE: CONAMA, 2000)

Producción de biogás

Cuando los residuos se descomponen en condiciones anaeróbicas, se generan gases como subproductos naturales de esta descomposición. En un relleno sanitario, la cantidad de gases producidos y su composición depende del tipo de residuo orgánico, de su estado y de las condiciones del medio que pueden favorecer o desfavorecer el proceso de descomposición.

La descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios, que se realiza por la actividad microbiana anaeróbica, genera diversos subproductos, entre ellos el biogás. Por lo tanto, condiciones favorables de medio para la supervivencia de los microorganismos anaeróbicos pueden desarrollarse a temperaturas de entre 10 y 60°C, teniendo un

óptimo entre 30 y 40 °C (fase mesofílica) y otro entre 50 y 60 °C (fase termofílica). El pH entre 6,5 y 8,5 permite un buen desarrollo de los microorganismos teniendo un óptimo entre 7 y 7,2.

Por lo general, los componentes principales del biogás son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), en proporciones aproximadamente iguales, constituyendo normalmente más del 97% del mismo. Ambos gases son incoloros e inodoros, por lo que son otros gases, como el ácido sulfhídrico y el amoníaco los que le otorgan el olor característico al biogás y permiten su detección por medio del olfato.

El gas metano se produce en los rellenos en concentraciones dentro del rango de combustión, lo que confiere al biogás ciertas características de peligrosidad por riesgos de incendio o explosión y por lo mismo, la necesidad de mantener un control sobre él

CUADRO No. 6
Componentes del Biogás Promedio

Elemento gas	Simbología
Metano	CH ₄
Dióxido de carbono	CO ₂
Ácido sulfihídrico	SH ₂
Amoniaco	NH ₃
Otros	

(FUENTE CONAM, 2000)

Control del biogás

En los rellenos sanitarios de área, se utilizan varios niveles de celdas para dar disposición a los residuos, por lo que es probable que se tenga una producción continua de biogás después de algunos años, cuando se alcancen unos tres niveles de celdas. Por esta razón resulta conveniente instalar chimeneas de drenaje, distante 20 a 25 metros entre sí, en realidad esta última distancia debe ser obtenida a través de estudios en el terreno, lo que permite determinar lo que se denomina radio de influencia

(distancia desde el centro de la chimenea que es influenciada por el drenaje).

Cuando los rellenos sanitarios son construidos en depresiones, ya sean naturales o artificiales resulta conveniente hacer un drenaje perimetral con el fin de evitar la migración lateral, este puede ser continuo o constituido por chimeneas colocadas a menores distancias que las ubicadas al interior del relleno. El gas de los drenes puede ser quemado en el mismo relleno o ser extraído para almacenarlo en gasómetros y luego enviarlo al consumo domiciliario o industrial.

Impactos Ambientales de los Rellenos Sanitarios

Los impactos que sufre el medio ambiente a través del desarrollo de las tres etapas de un relleno sanitario son de diferentes características y tal vez los más relevantes y que trascienden principalmente son aquellos que se producen en la etapa de operación y construcción del relleno. Los efectos de los variados impactos pueden verse incrementados o disminuidos por las condiciones climáticas del lugar y por el tamaño de la obra.

Impactos ambientales en la etapa de habilitación

- Remoción capa superficial de suelos (alteración vegetación y fauna).
- Movimientos de tierra.
- Intercepción y desviación de aguas lluvias superficiales.
- Interferencia al tránsito (efectos barreras).
- Alteración permeabilidad propia del terreno.
- Alteración paisaje.
- Fuente de trabajo (corto plazo).
- Actividades propias de una faena de obras civiles: ruido, polvo, tránsito, movimiento de maquinaria pesada.

Impactos ambientales en la etapa de operación y construcción del relleno

- Impactos por incremento del movimiento.

- Contaminación atmosférica; olores, ruidos, material particulado, biogás
- Contaminación de aguas; líquidos percolados.
- Contaminación y alteración del suelo; diseminación de papeles, plástico, y materias livianas, extracción de tierra para ser utilizada como material de cobertura.
- Impacto paisajístico; cambio en la topografía del terreno, modificación en la actividad normal del área.
- Impacto social; fuente de trabajo, efecto NIMBY (nadie lo quiere), incremento actividad vial.

Impactos ambientales en la etapa de clausura

- Impacto paisajístico; recuperación vegetación, recuperación fauna.
- Impacto social; integración de áreas a la comunidad, disminuye fuente de trabajo.

Medidas de Mitigación

Las medidas de mitigación empleadas para reducir los impactos ambientales negativos de un relleno sanitario dependen de una serie de factores, entre los cuales destacan: las características del proyecto, tecnología usada, localización, condiciones de operación (tamaño, clima), etc., no obstante es posible identificar los impactos más frecuentes generado por este tipo de faena y las medidas que normalmente se emplean para su mitigación.

Olores:

- Utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos).
- Tratamiento de los líquidos percolados.
- Quema del biogás cuando hay metano suficiente.

Ruidos:

- Pantallas vegetales.
- Utilizar equipos de baja emisión de ruidos.

Alteración del suelo:

- Adecuada impermeabilización del relleno sanitario, para evitar filtraciones
- Vegetación para evitar erosión rellenamiento para evitar nivelar zonas con asentamiento diferencial o pendientes fuertes.

Diseminación de materiales:

- Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo.
- Utilizar mallas interceptoras.
- Desprender residuos de camiones antes que abandonen el relleno.

Material particulado:

- Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento.
- Pantallas vegetales en el perímetro del relleno.

Control de vectores:

- Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto.
- Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes con la legislación.

Incremento movimiento vehicular:

- Tratar de que la recolección se haga en horas diferidas.
- En caso de vehículos de estaciones de transferencia tratar que estos lleguen en forma secuencial.

Líquidos percolados:

- Almacenamiento en depósitos cerrados.
- Recirculación.

- Tratamiento físico químico y/o biológico.

Biogás:

- Extracción con fines de utilización.
- Quema controlada.

De acuerdo con la legislación peruana Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 20 de julio del 2000 la definición de residuos sólidos es la siguiente:

“Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente”. Y de acuerdo a la ley se les clasifica en base a su origen en:

1. Residuo domiciliario.
2. Residuo comercial.
3. Residuo de limpieza de espacios públicos.
4. Residuo de establecimiento de atención de salud.
5. Residuo industrial.
6. Residuo de las actividades de construcción.
7. Residuo agropecuario.
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales.

14. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (SEGÚN LEY GENERAL DE SÓLIDOS N° 27314)

De acuerdo con la Ley General de Residuos Sólidos No. 27314 del 20 de julio del 2000, el manejo de residuos sólidos se realiza a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Reaprovechamiento
4. Almacenamiento

5. Recolección
6. Comercialización
7. Transporte
8. Tratamiento
9. Transferencia
10. Disposición final

Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales.

Minimización

Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

Segregación

Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

Reaprovechamiento

Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización.

Almacenamiento

Se define como colocar los residuos sólidos en espacios donde se mantendrán temporalmente hasta que se des de tratamiento o sean transportados a su disposición final.

Recolección

Proceso por el cual se obtiene los residuos sólidos para su posterior traslado, es fundamental en esta recolección verificar el proceso de segregación

Comercialización

La venta de los residuos sólido segregados se debe realizar bajo la normativa estipulada por ley y esta se hace para reaprovechamiento, reciclaje, etc.; debe hacerse notar que el comprador de estos residuos es responsable de los mismos luego de su compra.

Transporte

Corresponde el traslado de los residuos sólidos a la zona de transferencia, almacenamiento, destino de comercialización o disposición final; debe realizarse con la tecnología adecuada evitando el riesgo de contaminar las vías por las que realiza el mencionado transporte

Tratamiento

Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente

Transferencia

Corresponde zonas donde se da un tratamiento especial a residuos sólidos, donde se aplicarán procesos especiales (mejorar segregación, compactación, tratamiento, etc.)

Disposición Final

Lugar donde se ubicarán finalmente los residuos sólidos, se considera fundamentalmente los rellenos sanitarios.

5												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Según el Cuadro No. 7 el cálculo debe iniciarse por determinar una proyección de la población futura que se establece, para el presente caso, a 25 años (columna (1))

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

De los métodos matemáticos se presenta como guía el crecimiento geométrico, es decir, el de las poblaciones biológicas en expansión, el cual 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

n= número de años a proyectar

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

Producción *per capita* (ppc)(Columna (2))

La producción *per capita* de desechos sólidos se puede estimar globalmente así:

$$ppc = DSr \text{ en una semana} / (Pob \times 7 \times Cob)$$

Donde:

ppc = producción por habitante por día (kg/hab.-día)

DSr = cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana
(kg/sem)^(*)

Pob = población área urbana (hab.)

7 = días de la semana

Cob = cobertura del servicio de aseo (%)

Es de anotar que también es posible relacionar la cantidad de desechos sólidos producidos por vivienda, o sea, kg/vivienda-día, dado que la basura es entregada por vivienda y además tiene la ventaja de la facilidad de contabilizar las casas.

Con base en los muestreos de desechos sólidos realizados en algunas poblaciones pequeñas, rurales y áreas marginales en la Región Latinoamericana, sobre las características que se analizan en este trabajo, se ha encontrado que la ppc presenta rangos entre 0.2 - 0.5 kg/hab.-día. Estos valores son bastante representativos y se podrían asumir para la casi totalidad de estas poblaciones. En el año 2002 se hizo una estimación a nivel nacional del orden de los 0.58 kg/hab.-día. Que es valor que también podría usarse.

Producción total (Columna (3))

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo. La producción de desechos sólidos está dada por la relación:

$$DSp = Pob \times ppc$$

Donde:

DSp = Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

Pob = Población área urbana (hab.)

ppc = Producción per cápita (kg/hab.-día)

Proyección de la producción total

La producción anual de desechos sólidos se debe estimar con base en las proyecciones de la población y la producción *per capita*.

Como vimos, la proyección de la población puede estimarse por métodos matemáticos pero, en cuanto al crecimiento de la ppc, conviene anotar que difícilmente se encuentran cifras que den una idea de cómo puede variar anualmente, para tratar de evaluar cambios. No obstante, para obviar este punto y, conociendo que con el desarrollo y el crecimiento urbanístico y comercial de la población los índices de producción aumentan, se recomienda calcular con una tasa de incremento del 1% anual (CEPIS, 1999), la producción *per capita* total (Cuadro No. 7).

Densidad

Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar las siguientes densidades así:

- Celda diaria: densidad de la basura recién compactada $400-500 \text{ kg/m}^3$
- Volumen del relleno: densidad de la basura estabilizada $500-600 \text{ kg/m}^3$

Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea y a medida que se estabiliza el relleno, lo cual, como es obvio, incide en la estabilidad y vida útil del sitio.

El aumento de la densidad de los desechos sólidos en el relleno sanitario manual se logra, entre otras cosas por:

- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- El apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisones de mano.
- La separación y recuperación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de desechos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del sitio. Cuando la separación se hace en el origen, se puede conseguir además la generación de empleo organizado y digno, con seguridad social. Se hace notar que la actividad del reciclaje funcionaría siempre y cuando exista el mercado para vender estos productos.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o

celdas superiores que producen mayor carga y, obviamente, disminuyen su volumen.

Cálculo del volumen necesario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario manual están en función de:

- La producción diaria de desechos sólidos si se espera tener una cobertura del 100% o, en su defecto, de la cantidad de desechos sólidos recolectados.
- La densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual.
- La cantidad de material de cobertura (20-25%) del volumen estabilizado de desechos sólidos.

Volumen de residuos sólidos

El volumen diario y anual de desechos sólidos que se requieren disponer, es decir:

$$V_{\text{diario}} = DS_p / D_{\text{rsm}}$$

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

Donde:

V_{diario} = Volumen de desechos sólidos a disponer en un día ($m^3/\text{día}$)

V_{anual} = Volumen de desechos sólidos en un año ($m^3/\text{año}$)

DS_p = Cantidad de desechos sólidos producidos ($kg/\text{día}$)

365 = Equivalente a un año (días)

D_{rsm} = Densidad de los desechos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m^3) y estabilizados (500-600 kg/m^3).

Volumen del relleno necesario

De esta manera, se puede calcular el volumen del relleno sanitario manual para el primer año, afectando el valor anterior por el material de cobertura así:

$$V_{\text{RS}} = V_{\text{anual}} \times MC$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del relleno sanitario manual ($m^3/\text{año}$)

MC = Factor de material de cobertura (1.2 a 1.25)

Los datos obtenidos se vacían en el Cuadro No. 7, columna 9, y para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil se tiene:

$$V_{RSvu} = \text{sumatoria de } V_{RS} \text{ de } n \text{ hasta } i$$

Donde:

$$V_{RSvu} = \text{Volumen relleno sanitario manual durante la vida útil (m}^3\text{)}$$

n = Número de años

$i = 1$

Que serían los datos que aparecen en el Cuadro No. 7, columna 10, es decir, los valores acumulados anualmente.

Cálculo del área requerida

Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario manual, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de los alrededores.

El relleno sanitario manual debe proyectarse para un mínimo de cinco años, aunque preferiblemente debe ser suficiente para 10 años. Sin embargo, algunas veces es necesario proyectarlo incluso para menos de cinco años, ante la dificultad de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama vida útil o período de diseño.

El área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como:

- Cantidad de desechos sólidos a disponer.
- Cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los desechos sólidos.
- Profundidad o altura del relleno sanitario manual.
- Capacidad volumétrica del terreno.
- Áreas adicionales para obras complementarias

A partir del Cuadro No. 7, columna 11, se tiene:

$$A_{RS} = V_{RS}/H_{RS}$$

Donde:

V_{RS} = Volumen necesario del relleno sanitario manual ($m^3/año$)

A_{RS} = Área a rellenar sucesivamente (m^2)

H_{RS} = Altura o profundidad media del relleno sanitario manual (m)

y el área total requerida será:

$$A_T = F A_{RS}$$

Donde:

A_T = Area total requerida (m^2)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

16. CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO

A continuación se presentan ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta para la instalación del relleno sanitario

16.1 Preparación del sitio

Esta etapa comprende los proyectos de ingeniería, paisaje y detalles de construcción; en vista de las circunstancias que las gobiernan, debe realizarse en función de la simplicidad y rapidez necesarias para este tipo de obras, y tratando también de cumplir al máximo con los requisitos sanitarios establecidos

16.2 Infraestructura Periférica

Vías de acceso

Al relleno sanitario se debe llegar por una vía pública de acceso, la que debe ser una vía principal de uso permanente y que reúna las condiciones aceptables de diseño, sin importar que haya sido construida en afirmado.;

por otro lado es necesario destacar que el tiempo empleado en el acarreo de los residuos sólidos hasta y desde el sitio del relleno sanitario, es más importante que la distancia.

Drenaje de agua de lluvias

Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar para prever las características de los drenajes y las obras que se vayan a necesitar a fin de atenuar la producción de lixiviado. Así, se evitará también la contaminación de las aguas, y se logrará definir las áreas de operación e instalaciones para los trabajadores.

Las aguas de lluvias que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario muchas veces escurren hasta éste, causando serias dificultades de operación. Interceptar y desviar el escurrimiento del agua de lluvias fuera del relleno sanitario, contribuye significativamente a reducir el volumen del líquido lixiviado y también a mejorar las condiciones de la operación. Por lo tanto, es necesario construir un canal en tierra o suelo-cemento de forma trapezoidal, y dimensionarlo de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía.

16.3 Proyecto Paisajístico

Para que el relleno sanitario se integre perfectamente al ambiente natural, no sólo la superficie final del relleno, sino también la entrada y el contorno de la obra en ejecución, deben merecer consideraciones paisajísticas.

La cobertura final compactada de 0.40 a 0.60 metros como mínimo, y los drenajes de gases y aguas de escurrimiento, son esenciales para la vida vegetal sobre el relleno, la que se restringe a algunas especies mientras el relleno se estabiliza. Se recomienda sembrar en toda el área del relleno grama y plantas de raíces cortas superficiales, que no traspasen la cobertura, admitiéndose también el plantío en hoyos llenos de tierra abonada.

A fin de evitar la erosión y el aumento del lixiviado, a medida que se terminan algunas áreas del relleno, conviene realizar el plantío de pasto, sin necesidad de esperar la finalización de las operaciones. Esta tarea es más sencilla si, al realizarse el movimiento inicial de tierras, se almacenó la capa vegetal del terreno.

La adecuación del terreno es importante para mejorar sus condiciones y facilitar las operaciones de ingreso de los desechos sólidos, así como para la construcción de las celdas y las operaciones del relleno sanitario en general. Por lo tanto, se deben realizar los siguientes trabajos.

Limpieza y desmonte

En el terreno se preparará un área que servirá de base o suelo de soporte al relleno, siendo por lo general necesaria la tala de árboles y arbustos, puesto que éstos constituirán un obstáculo para la operación. Esta limpieza debe hacerse por etapas, de acuerdo con el avance de la obra, evitando así la erosión del terreno.

Tratamiento del suelo de soporte

Antes de comenzar el relleno, se debe tomar la decisión con respecto a la necesidad de remover las primeras capas de suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. En algunos casos, puede ser ventajoso dejar el terreno intacto, con el fin de usar su capacidad de absorción y filtración para remover contaminantes del lixiviado.

Para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes, es también aconsejable que el movimiento de tierra se haga por etapas, dependiendo de la vida útil del sitio, así la lluvia no causará erosión al terreno ni se perderá tierra que podría ser utilizada como cobertura. De otro lado, se debe almacenar y conservar la cubierta vegetal de las áreas iniciales de terreno, para que, a medida que se vayan terminando algunas áreas del relleno, ésta sirva de cubierta final para la siembra de pasto o grama.

En la nivelación del suelo de soporte y en la apertura de zanjas, se debe emplear equipo pesado (tractor de orugas y/o retroexcavadora), puesto

que la excavación manual es demasiado ineficiente. Asimismo, debe utilizarse un equipo similar para la construcción de vías internas o extracción y almacenamiento de material de cobertura (esta última actividad se recomienda sólo en períodos secos).

El municipio puede solicitar la maquinaria en calidad de préstamo o arriendo a una entidad de obras públicas regional o nacional, como también a alguna corporación regional, o incluso a otro municipio cercano que disponga de este equipo.

Cortes

Los taludes del terreno se dejan de tal manera que no causen erosión y puedan darle buena estabilidad al relleno. Estos pueden ser desde verticales hasta 3:1 (H:V), y los cortes de uno a tres metros. Las terrazas deben tener una pendiente del 2% hacia los taludes interiores para conducir las aguas de lixiviado a los drenajes, y evitar encharcamientos cuando se usen como vías temporales de acceso; lo anterior contribuye también a brindar mayor estabilidad a la obra.

16.4 Construcción

Luego de realizado el diseño del relleno sanitario, se ejecuta el proyecto. Obviamente, el mejor diseño no significará nada si no existe voluntad político-administrativa para que sea ejecutado debidamente. La construcción de un relleno sanitario es de importancia fundamental en comparación con la de otras obras, debido a la duración de su ejecución y al permanente mantenimiento que requiere.

Para planificar el avance de la obra, es conveniente disponer de los planos topográficos del proyecto, con sus perfiles longitudinales y transversales en los que se indique la configuración parcial de las áreas rellenadas en cada etapa. Sobre estos planos se programa la marcha de la obra, el frente de trabajo y su avance, calculando los volúmenes ocupados y las alturas, de acuerdo con las curvas de nivel y cotas alcanzadas.

Método constructivo

El método constructivo depende de la topografía de la zona siendo el más usado el método de celdas, determinando la posibilidad de extraer la tierra de cobertura de la propia área del relleno.

Construcción de las celdas

La celda diaria se define como la unidad básica de construcción del relleno sanitario; se asemeja a un pequeño bloque, y está constituida por la cantidad de basura que se entierra en un día y por la tierra necesaria para cubrirla.

Las dimensiones de la celda diaria varían en cada caso y se definen teóricamente como un paralelepípedo. Su ancho equivale al frente de trabajo necesario para que los vehículos recolectores (generalmente no más de dos), puedan descargar la basura. El largo o avance está definido por la cantidad de residuo sólido que llega al relleno en un día, y la altura se limita a un metro o metro y medio para lograr una mayor compactación.

Los residuos sólidos deben ser descargadas en el frente de trabajo, los trabajadores las esparcen sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0.20 a 0.30 m, empleando para ello horquillas (garfio de tres dientes) o rastrillos (ocho o diez dientes); se nivela la superficie superior y se compacta con la aplanadora. El esparcimiento y compactación se realizan en capas horizontales o inclinados con una pendiente 1:3 (altura: avance), lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

Al iniciar la construcción, siempre se debe proporcionar contención al relleno, apoyando cada celda en el talud del terreno natural, y durante el avance sobre la celda ya terminada.

Para concluir la celda, se cubre ésta con una capa de tierra del orden de 0.10 a 0.15 m (20 %); se esparce con ayuda de carretillas de mano, palas y azadón, y se compacta nuevamente con la aplanadora, siguiéndose el mismo procedimiento efectuado con la basura. Conviene recordar que la

cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y aves de la zona, así como el fuego, los humos, los malos olores, la humedad y la basura dispersa.

Es claro que la cobertura debe aplicarse como mínimo una vez por cada día de recolección. De este modo, al terminar la jornada no debe quedar ningún desecho sólido expuesto y, menos aún, al final de la semana.

No se debe ser exigente en cuanto a la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario. Se recomienda simplemente aprovechar la tierra que se encuentre más accesible, puesto que el objetivo fundamental es el cubrimiento de los desechos.

Se recomienda efectuar la cobertura final de 0.40-0.60 m en dos etapas, cada una de 0.20 a 0.30 m, con un intervalo de un mes aproximadamente para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan en la primera capa.

Dado que esta obra de saneamiento básico se propone para emplear tecnología al alcance de la municipalidad, y con el propósito de promover el uso extensivo de mano de obra, la conformación de las celdas y la compactación, como indicamos anteriormente se realizará con aplanadoras y uso de herramientas manuales, por lo que las densidades alcanzadas en el relleno sanitario manual serán relativamente bajas (400-500 kg/m³), pero suficientes para los fines propuestos. No obstante, existen otros mecanismos que inciden en la compactación de los residuos sólidos.

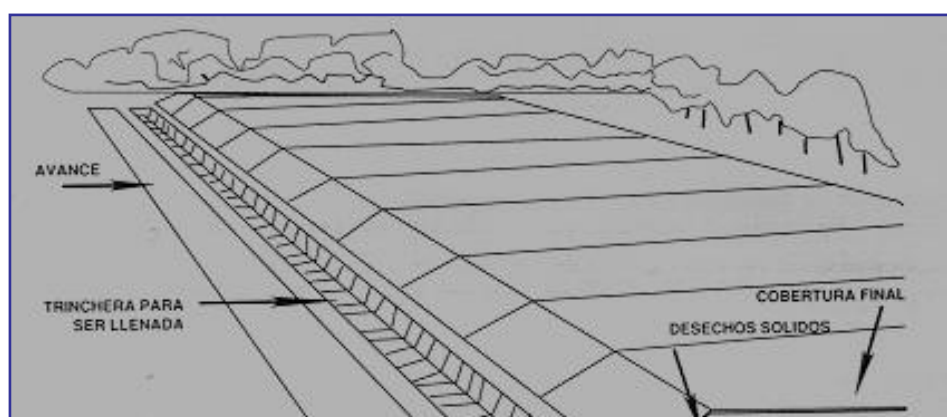


Figura. No. 1. Distribución de las Celdas en un Relleno sanitario



Figura No. 2 Vista de un Relleno en Funcionamiento

Drenaje del Líquido Percolado (Lixiviado)

El manejo del lixiviado es uno de los mayores problemas que se presentan en un relleno sanitario. En algunos casos, a pesar de contar con los canales periféricos para interceptar y desviar las aguas de escorrentía, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen del lixiviado.

El sistema de drenaje consiste en una red horizontal de zanjas en piedra, interrumpiendo el flujo continuo del lixiviado por medio de pantallas en tapia y madera o incluso del mismo terreno.

Los drenes se pueden construir preparando el trazado por donde se ubicará el drenaje en el terreno, el cual puede ser similar al de un sistema de alcantarillado

Se excavan las zanjas y se construyen las pantallas cada 5 a 10, con un ancho de 0.20 a 0.30 m. o simplemente se dejan intactos en la zanja estos pequeños espacios del suelo. Para que el lixiviado pueda escurrir sin rebosar las zanjas, se les dará en el fondo una pendiente del 2% y un borde libre de unos 0.30 m. entre la pantalla y el nivel de la superficie. Se llenan las zanjas con piedra de 4" ó 6", de manera que permitan más espacios libres, para evitar su rápida colmatación. Una vez que se tengan las zanjas llenas con piedra, se recomienda colocar sobre ellas un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar. Este efecto se consigue con ramas secas de helecho, pasto e incluso hierba, las que reemplazan el geotextil.

Drenaje de Gases

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación con tubería perforada de concreto (revestida en piedra), que funcionará a manera de chimeneas o ventilas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie. Estas chimeneas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, procurando siempre una buena compactación a su alrededor; se recomienda instalarlas cada 20 ó 50 m, con un diámetro entre 0.30 y 0.50 m cada una, de acuerdo con el criterio del ingeniero.

Luego de tenerse prevista la conclusión de la última celda, se colocan dos tubos de concreto: el primero perforado para facilitar la captación y salida de gases; además, para que los desechos sólidos o la tierra de cobertura no obstruyan los orificios del tubo, se reviste en piedra o cascajo a manera de camisa de protección. El segundo tubo, en cambio, no será perforado, a fin de coleccionar el gas y quemarlo, eliminando los olores producidos por otros gases.



Figura. No. 3 Drenaje de Lixiviados y de Gases

Accesos y drenaje pluvial internos

Durante la planeación del relleno sanitario, se deben estudiar cuidadosamente los caminos de acceso interno dentro del recinto del relleno, ya que por el permanente desplazamiento de estas rutas, aumenta la posibilidad de originar serios trastornos en épocas lluviosas.

Para entregar los desechos en el frente de trabajo, se acepta como vía interna una pequeña carretera de 6 m de ancho en simple afirmado con sus drenajes, la cual debe mantenerse en buenas condiciones durante todo el año. La pendiente máxima podrá ser de 7 a 10%, según el estado de los vehículos y si remontan la pendiente cargados o vacíos.

Aunque se acepte el hecho que en un relleno sanitario manual las vías de acceso al sitio de operación y control del mismo pueden ser rústicas, hechas en tierra, piedra y restos de demoliciones, estas vías deben mantenerse en buen estado y drenadas.

Construcciones Auxiliares

Las construcciones auxiliares que se proponen son pequeñas y de bajo costo, tratando de hacerlas compatibles con la vida útil prevista, puesto que entre las características de esta obra de saneamiento básico, están las de atender los requerimientos sanitarios con la máxima economía y

utilización intensiva de la mano de obra en todas sus actividades, a fin de minimizar las inversiones temporales.

Cerco perimetral

Se debe construir una cerca de alambre de púas de cuatro hiladas, con un portón de entrada para darle seguridad y disciplina a la obra. Es importante también para impedir el libre acceso del ganado al interior del relleno, dado que aquél no sólo entorpece la operación, sino también destruye las celdas, especialmente cuando se retiran los trabajadores al fin de la jornada diaria. Es también necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual, pues oculta de los vecinos y transeúntes la vista de los desechos sólidos; da buena apariencia estética al contorno del terreno, y puede servir para retener papeles y plásticos levantados por el viento.

Instalaciones Administrativas

La construcción de un área administrativa es importante para ser usada como oficinas principales, encontrándose la coordinación donde se encontrará el supervisor, oficinas para los especialistas, un lugar para guardar las herramientas, cambio de ropa (antes y después del trabajo), instalaciones sanitarias, cocina pequeña para calentar alimentos en una hornilla y resguardo de los trabajadores en caso de una fuerte lluvia.

Portería

La construcción de un portería, es muy importante, área encargada por el personal de seguridad, que se encarga de la recepción de los vehículos que ingresan diariamente al relleno sanitario; donde debe llevarse estadística de ingresos y los diferentes eventos que puedan presentarse.

Patio de maniobras

Es conveniente preparar una zona de aproximadamente 200 m² para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar las basuras en el frente de trabajo, sin mayores dificultades.

Cartel o Valla Publicitaria

Es necesaria la colocación de un cartel de presentación de la obra en construcción a fin de que sea identificada por la comunidad. Los materiales del cartel pueden ser dos hojas de zinc y un marco de madera. Se pintará inicialmente con anticorrosivo, y posteriormente con pintura del color deseado, sobre la cual irá una breve descripción del proyecto y una leyenda cívica.

Es de anotar que se debe elegir desde el comienzo un nombre oficial para el relleno sanitario. Este nombre debe usarse en adelante, en todos los documentos y correspondencia pertinentes, el nombre planteado para la presente propuesta es: “RELLENO SANITARIO DEL”.

COMENTARIO FINAL

La problemática de los residuos sólidos, en Arequipa tiene que ser tomada desde un punto de vista técnico y no político, ya que los cronogramas de los procesos superan en tiempo a la gestión de cargos electorarios, es allí donde se corre un gran riesgo del

fracaso del plan de manejo. La situación crucial corresponde a los rellenos sanitarios para los cuales en una gestión edilicia se le considera con una determinada prioridad y la siguiente gestión (por otro grupo político) descuida su prioridad por lo tanto el relleno sanitario no controla adecuadamente sus impactos y se convierte en un elemento más contaminante aun que un botadero no controlado.

El diseño del plan de manejo debe ser realizado por profesionales y técnicos de la zona que conocen mejor la realidad y la idiosincrasia de la gente de la zona donde se pretende implementar el sistema. En la ciudad de Arequipa se intento el diseño del plan de manejo de residuos sólidos por profesionales extranjeros, pero no funcionó, probablemente por el motivo antes mencionado

BIBLIOGRAFIA

1. DEL VAL, ALFONSO; (1997) “El Libro del Reciclaje”. 3ª edición – integral.
2. GREENPEACE; 2004 Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios; Campaña Contra sustancias Tóxicas; Buenos Aires
3. CEPIS, OMS, OPS .- 1998 Tercer Curso - Taller: Relleno Sanitario Mecanizado – MINSA,
4. CEPIS; 1999. Guía para el diseño, la construcción y Operación de Rellenos Sanitarios en el Perú. Bogota
5. CONGRESO DE LA REPUBLICA; 2002, LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS- LEY N° 27314
6. CONAM, 2001 “Guía Metodológica Para La Formulación De Planes Integrales De Gestión Ambiental De Residuos Sólidos – PIGARS. Lima.
7. CONAMA, 1995 “Producción de Residuos sólidos por estrato social” Erarzuriz, Chile.
8. CONAMA, 2000 “Reciclamiento de Residuos Sólidos, Posibilidad empresarial ” Chile.
9. CONESA, VICENTE; 1995 “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental” Mc Graw Hill
10. FREDERICK S. MERRITT; 1992 ref. Manual del Ingeniero Civil.. Tercera Edición. MC. GRAW HILL.
11. GUILLEN, J. E. MARROQUÍN, E.GIL MORA, C. LOAIZA, N. CAMINADA ; 1997, La Cuenca Del Vilcanota En El Sistema Amazónico –. EGEMSA

12. GOTAAS, H.B.1998: Composting – Sanitary Disposal and Reclamation of Solid Wastes
13. JARAMILLO, JORGE 2002, “Guía Para Diseño, Construcción Y Operación De Rellenos Sanitarios Manuales”, Universidad de Antioquia, Colombia.
14. INEI ; 1993 III Censo Nacional De Población Y Vivienda
15. INEI; 2003 Proyección de las Poblaciones de Distritos del Perú
16. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AREQUIPA, 2004, “Programa Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos - PIGARS” Arequipa Perú
17. ORCCOSUPA, JAVIER; 1998 Tesis: “Manejo integral de los desechos sólidos en la ciudad del Cusco” – Cusco
18. SACONSA – 1998 Relleno Sanitario San Jeronimo
19. TCHOBANOGLOUS, GEORGE; THEISEN, HILARY; VIGIL, SAMUEL A; 1994. “Gestión Integral De Residuos Sólidos” Vol I Y II – Mc Graw Hill
20. <http://www.alter.org.pe/cd/html>
“Hacia el Plan Maestro para la Gestión y el Manejo de los Residuos Sólidos en el Cono Norte de Lima”
21. <http://www.Caracoli.cdm.gov.co/>
“ Panorama de la Gestión Integrada de Residuos Sólidos”
22. <http://www.conam.pov.pe/>
“Manejo de Residuos Sólidos Un Nuevo Concepto”