

de: Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual



Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Relleno Sanitario de la Ciudad de Caraz, Municipalidad Provincial de Huaylas, Región Ancash

RED DE INSTITUCIONES ESPECIALIZADAS EN CAPACITACION
PARA LA GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

“Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”

Créditos Institucionales:

Dr. Antonio Brack Egg.
Ministro del Ambiente

Coordinación General

Ing. Karla Paola Bolaños Cárdenas - MINAM
Especialista en Gestión de Residuos Sólidos - MINAM

Revisado por:

Ing. Raúl Roca Pinto
Director General de Calidad Ambiental - MINAM

Ing. Karla Paola Bolaños Cárdenas
Especialista en Gestión de Residuos Sólidos - MINAM

Elaborado por:

Ing. Rosalía Marizol Eguizabal Brandan
Consultor

Ministerio del Ambiente
Av. Javier Prado Oeste N° 1440
San Isidro, Lima, Perú
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos>

Presentación

El establecimiento del marco normativo nacional para la gestión y manejo de residuos sólidos, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su modificatoria a través del Decreto Legislativo N°1065, y su Reglamento, Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, viene promoviendo entre otros aspectos el ordenamiento del sub sector residuos sólidos.

El manejo integral de residuos sólidos, debe ser desde la generación hasta su disposición final, sanitaria y ambientalmente adecuada, para prevenir los riesgos a la salud de la población y el deterioro de la calidad ambiental. Sin embargo, el déficit de servicios y la ausencia de infraestructuras sanitarias para la disposición final de los residuos sólidos municipales, han originado la formación de botaderos de residuos sólidos en las ciudades, donde se disponen los residuos sólidos sin las mínimas medidas sanitarias y de seguridad, propiciando la proliferación de vectores, prácticas insalubres de segregación y alimentación de animales con residuos sólidos.

A nivel nacional, del total de residuos sólidos del ámbito municipal que se genera, sólo 19.3 %¹ son dispuestos en rellenos sanitarios autorizados, coincidente con la deficiencia de infraestructuras de residuos sólidos en la mayoría de las regiones, sin embargo, para el caso de Lima y Callao, la cobertura de disposición final adecuada alcanza el 92.6 %, situación que transparenta la necesidad de oferta de servicios de disposición en las provincias.

Concordante con ello, el estado a través de sus diferentes instituciones viene promoviendo y desarrollando una serie de instrumentos técnicos legales, conducentes a mejorar la gestión y manejo de los residuos sólidos en nuestro país. El Ministerio del Ambiente (MINAM) con la participación de los diferentes sectores que conforman la "Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos", propuso la ejecución de la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EPS-RS), una herramienta ágil para la implementación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos municipales en el País.

Siendo la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud miembro activo de la Red, con alcance transectorial en la gestión de residuos sólidos y en los aspectos normativos como parte de la política de salud, a fin de contribuir a reducir significativamente los factores de riesgo asociados al inadecuado manejo de los residuos sólidos, para proteger y promover la salud de la población, revisó y aprobó la "Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual".

¹ MINAM: "Primer Informe Nacional de la Situación Actual de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales" - noviembre 2008.

Índice

GLOSARIO DE TERMINOS.....	8
1 GENERALIDADES.....	11
1.1 Situación del manejo de residuos sólidos en el Perú.....	11
1.1.1 Generación per cápita y composición física de residuos sólidos domésticos en el Perú.....	11
1.2 Rellenos sanitarios manuales en el Perú.....	14
1.2.1 Antecedentes generales.....	14
1.2.2 El Relleno sanitario manual.....	14
1.3 Salud Pública e inadecuada disposición de los residuos municipales en el Perú.....	15
1.4 Normatividad legal vigente.....	18
1.5 Mecanismos de obligación y sanción.....	20
1.5.1 Competencias.....	20
1.5.2 Mecanismo de sanción.....	21
2 PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.....	25
2.1 Aprobaciones y autorizaciones.....	25
2.1.1 Estudio de selección de área.....	27
2.1.2 Informe de opinión técnica favorable de la selección de área.....	27
2.1.3 Aprobación del estudio de impacto ambiental.....	27
2.1.4 Opinión técnica favorable del proyecto de infraestructura.....	28
2.1.5 Procedimientos de aprobación de opinión pública.....	28
3 CRITERIOS PARA EL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE ÁREA, EIA Y PROYECTO.....	29
3.1 Consideraciones técnicas, legales y sociales.....	29
3.1.1 Aspectos técnicos.....	29
3.1.1.1 Ubicación del área para futuro relleno sanitario.....	29
3.1.1.2 Material para cobertura.....	29
3.1.1.3 Vida útil.....	29
3.1.1.4 Vías de Acceso.....	29
3.1.1.5 Topografía.....	30
3.1.1.6 Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión urbana.....	30
3.1.1.7 Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos en la provincia.....	30
3.1.1.8 Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos.....	30
3.1.1.9 Condiciones climáticas.....	30
3.1.1.10 Geología.....	30
3.1.1.11 Hidrogeología.....	30
3.1.1.12 Hidrología superficial.....	31
3.1.1.13 Preservación del patrimonio arqueológico.....	31
3.1.1.14 Preservación de áreas naturales protegidas.....	31
3.1.1.15 Vulnerabilidad del área a desastres.....	31
3.1.2 Aspectos legales.....	31
3.1.2.1 Saneamiento físico legal del terreno.....	31
3.1.3 Aspectos Sociales.....	32
3.1.3.1 Grado de aceptación respecto a una futura construcción del relleno sanitario.....	32
3.2 Restricciones de ubicación.....	32
3.2.1 Seguridad aeroportuaria.....	32
3.2.2 Fallas geológicas, áreas inestables.....	32
3.2.3 Zonas sísmicas.....	33
3.2.4 Infraestructura existente.....	33
3.2.5 Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional.....	33

3.3 Evaluación de áreas alternativas.....	33
3.4 Informe de selección de área.....	37
3.5 Estudio de impacto ambiental (EIA).....	38
3.6 Del proyecto de relleno sanitario.....	39
4. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE RELLENO SANITARIO MANUAL.....	41
4.1 Residuos aceptables e inaceptables en un relleno sanitario manual.....	41
4.2 Estudios básicos.....	43
4.3 Diseño del relleno sanitario manual.....	44
4.3.1 Selección del método.....	44
4.3.2 calculo de la cantidad de residuos a disponer.....	46
4.3.3 Calculo de la capacidad útil del relleno.....	48
4.3.4 Calculo de la vida útil.....	50
4.3.5 Calculo de la generación de lixiviados.....	51
4.3.6. Calculo de la generación de gases.....	54
4.3.7. Calculo del caudal de escorrentía superficial.....	56
4.3.8 Distribución general de la Infraestructura.....	58
5. CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	59
5.1 Secuencia de actividades para la construcción y operación de un relleno sanitario.....	59
5.2 Preparación del sitio seleccionado.....	60
5.2.1 Limpieza y desmonte.....	60
5.2.2 Tratamiento del suelo soporte.....	61
5.3 Proceso constructivo.....	65
5.3.1 Método constructivo.....	65
5.3.2 Construcción de trincheras.....	65
5.3.3 Construcción de drenes de lixiviados en trincheras.....	65
5.3.4 Construcción de drenes de lixiviados en plataformas.....	65
5.3.5 Construcción de celdas.....	66
5.3.6 Construcción de chimeneas.....	67
6.0 OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	69
6.1 Del personal.....	69
6.2 Operaciones de disposición final.....	71
6.3 Operaciones de mantenimiento.....	72
6.4 Cierre y post cierre.....	72
6.5 Uso futuro del área después del cierre de la IDF.....	73
7. CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL.....	75
7.1 Gestión de aguas superficiales.....	75
7.2 Control de fuego.....	75
7.3 Control de plagas.....	76
7.4 Control de materiales ligeros.....	77
7.5 Control y monitoreo de lixiviados.....	78
7.6 Control de los lixiviados.....	78
7.8 Monitoreo de aguas subterráneas.....	81
7.9 Control y monitoreo de gas.....	82
7.10 Manejo de registros.....	83
7.11 Vigilancia y monitoreo ambiental.....	83
Referencias.....	87

Índice de cuadros

Cuadro N° 1	GPC de residuos sólidos domésticos en las principales ciudades del Perú.....	12
Cuadro N° 2	Clasificación de infracciones y escala de sanciones.....	22
Cuadro N° 3	Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación.....	35
Cuadro N° 4	Escala de calificación para el puntaje ponderado final.....	37
Cuadro N° 5	Tipo de residuos que representan riesgos y peligros potenciales a un relleno sanitario manual.....	42
Cuadro N° 6	Proyección de la población.....	46
Cuadro N° 7	Proyección de la generación de residuos sólidos.....	48
Cuadro N° 8	Volumen mínimo útil.....	49
Cuadro N° 9	Cálculo de la capacidad útil de diseño (CUD).....	50
Cuadro N° 10	Volumen anual de residuos dispuestos.....	51
Cuadro N° 11	Producción de aguas lixiviadas en un relleno sanitario.....	52
Cuadro N° 12	Producción de aguas lixiviadas en función del porcentaje de la precipitación (pp).....	52
Cuadro N° 13	Producción de aguas lixiviadas en función del factor de generación.....	53
Cuadro N° 14	Secuencia de actividades para la construcción y operación de un relleno sanitario.....	59
Cuadro N° 15	Densidad de desmonte.....	61
Cuadro N° 16	Parámetros de monitoreo ambiental.....	84
Cuadro N° 17	Frecuencia de muestreo.....	85

Índice de imágenes

Imagen N° 1	Vista de un relleno sanitario mecanizado.....	15
Imagen N° 2	Animales domésticos de consumo humano (aves y cerdos), en un botadero de residuos.....	16
Imagen N° 3	Animal de compañía (perro), buscando alimentos en los residuos.....	16
Imagen N° 4	Descarga de residuos en un botadero, en el que se observa la presencia de segregadores.....	17
Imagen N° 5	Quema de residuos en botaderos.....	17
Imagen N° 6	Aprobaciones y autorizaciones para relleno sanitario manual.....	25
Imagen N° 7	Instituciones competentes.....	26
Imagen N° 8	Método de trinchera para construir un relleno sanitario.....	44
Imagen N° 9	Método de área para construir un relleno sanitario.....	45
Imagen N° 10	Método combinado (área y trinchera).....	45
Imagen N° 11	Instalación de chimeneas para drenaje de gases.....	56
Imagen N° 12	Detalle de la sección transversal del canal trapezoidal.....	57
Imagen N° 13	Limpieza, desmonte y despalle.....	60
Imagen N° 14	Cortes y terraplenes.....	62
Imagen N° 15	Prestamos.....	64
Imagen N° 16	Construcción de chimenea - instalación de quemador.....	67
Imagen N° 17	Equipos de protección personal (EPP) para operarios de rellenos sanitarios....	70
Imagen N° 18	Operación de un relleno sanitario manual.....	71
Imagen N° 19	Secuencia de operación para extinguir el fuego.....	76
Imagen N° 20	Pantalla portátil, 2.5 m. x 3 m., cubierta con malla de 20 a 40 mm.....	77
Imagen N° 21	Ubicación de pantallas respecto al viento y al frente de trabajo.....	78
Imagen N° 22	Localización de pozos de monitoreo de aguassubterráneas y lixiviado en un relleno sanitario.....	81
Imagen N° 23	Deposito para coleccionar muestras de lixiviado.....	82
Imagen N° 24	Distancia influenciada desde el centro de la chimenea.....	82

Glosario de terminos

Para los fines de un correcto entendimiento del presente documento se precisan los siguientes términos de acuerdo a lo establecido en las normas legales vigentes:

1. **Aguas de escorrentía.-** Aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.
2. **Ambiente.-** Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
3. **Aerobio.-** Relativo a la vida o a procesos que puedan ocurrir únicamente en presencia de oxígeno.
4. **Anaerobio.-** Relativo a la ausencia de oxígeno libre. Requerimiento de ausencia de aire o de oxígeno para la degradación de la materia orgánica.
5. **Biodegradable.-** Dicho de la materia orgánica que tiene la cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.
6. **Biogás.-** Mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
7. **Bióxido de carbono.-** Gas incoloro y más pesado que el aire. Altamente soluble en el agua, donde forma soluciones de ácidos débiles corrosivos. No inflamable por causa de su metabolismo anaerobio. Su fórmula química es CO_2 .
8. **Botadero:** Acumulación de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.
9. **Compactación.-** Acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. El propósito de la compactación en el relleno sanitario es disminuir el volumen que ocuparan los residuos sólidos municipales a fin de lograr una mayor estabilidad y vida útil.
10. **Disposición Final:** Proceso u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.
11. **Infraestructura de Disposición Final:** Instalación debidamente equipada y operada que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, son los rellenos sanitarios y rellenos de seguridad.
12. **Lixiviado:** Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura que atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes. Otros factores que contribuyen a la generación de lixiviado son el contenido de humedad propio de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.
13. **Relleno Sanitario.** Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.
14. **Residuo orgánico.** Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición.
15. **Residuos Comerciales:** Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogas. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.
16. **Residuos de limpieza de espacios públicos:** Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.
17. **Residuos del ámbito de gestión municipal:** Son los residuos de origen domiciliario, comercial, de limpieza de espacios públicos y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.
18. **Residuos Domiciliarios:** Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.
19. **Tratamiento.-** Cualquier proceso, método 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.
20. **Vectores.-** Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.
21. **Vida útil.-** Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir residuos de manera continua.

Llamados

Ley	Ley N° 27314
Reglamento	Reglamento de la Ley N° 27314
RSM	Relleno Sanitario Manual
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
OTF	Opinión Técnica Favorable
IDF	Infraestructura de Disposición Final

Siglas

DIRESA	Dirección Regional de Salud
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
INC	Instituto Nacional de Cultura
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
TUPA	Texto Único de Procedimientos Administrativos
SEIA	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

Generalidades

1.1 Situación del manejo de residuos sólidos en el Perú

El Manejo de los residuos sólidos en el Perú cuando es realizado por una persona natural o jurídica debe ser sanitaria o ambientalmente adecuado, con sujeción a los principios de prevención de impactos negativos y protección de la salud, conforme lo establece la ley² y los lineamientos de la política nacional del ambiente del estado peruano³.

El Perú al igual que muchos países del mundo enfrenta retos en el manejo de sus residuos sólidos municipales, debido a que el estado ambiental cambia por el crecimiento de las poblaciones concentradas hacia grandes ciudades como en los casos de Ica, Trujillo, Chiclayo, Iquitos, Huancayo, entre otros, teniendo como causa principal la migración de las zonas rurales a las ciudades.

Asimismo la ineficiente gestión de los residuos sólidos determina una situación de alerta en relación al manejo de los residuos sólidos en nuestro país.

En la actualidad se estima que la producción total de esos desperdicios supera las 22 mil 475 toneladas diarias en el país, y sólo el 17 % de la generación diaria es dispuesta en rellenos sanitarios⁴. En consecuencia es previsible determinar que el 83% es destinado a lugares inadecuados, causando daño al ambiente y la salud humana.

Es por ello que a fin de prevenir los impactos originados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, el Estado dentro de sus estrategias nacionales a incluido el marco normativo institucional de los Residuos Sólidos en el Perú, el desarrollo de políticas para reducir la generación de los residuos, la promoción para la implementación de plantas de aprovechamiento y el fortalecimiento de las capacidades municipales en la gestión y manejo de los residuos sólidos.

1.1.1 Generación per capita y composición física de residuos sólidos domésticos en el Perú.

Generación per cápita

La Generación per cápita de residuos sólidos municipales en la región de América Latina varía de 0.3 a 0.8 Kg./hab./día.⁵

En nuestro país la generación per capita de residuos sólidos domiciliarios promedio es de 0.53 Kg./hab./día según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Perú, del año 1998.

En consecuencia podemos observar que la generación per cápita en las principales ciudades de nuestro país esta entre los rangos de 0.40 Kg./hab./día hasta los 0.85 Kg./hab./día tal es el caso de la ciudad de Lima (cercado), esto quiere decir que un ciudadano de la urbe metropolitana genera 0.85 Kg. de residuos sólidos domésticos diariamente, en comparación a un habitante de la ciudad de Ica que genera 0.434 Kg./hab/día, este representa la mitad de la generación de Lima cercado.

² Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos.

³ D.S. N° 012-2009-MINAM, Publicado en el diario oficial El Peruano el 23/05/09.

⁴ Ministerio del Ambiente Primer Informe Nacional de la Situación Actual de la Gestión de los Residuos Sólidos Municipales - noviembre 2008.

⁵ Diagnostico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe 2^{do} ed. 1998.

Otras ciudades como, Cajamarca, Piura, Ayacucho y Chiclayo la generación de residuos sólidos domiciliarios varía entre 0.51 Kg./hab./día y 0.56 Kg./hab./día respectivamente. Otras de las ciudades importantes tanto por su actividad económica y nivel de vida de la población es la ciudad de Huancayo cuya generación per cápita es de 0.63 kilogramos de residuos diariamente generado por habitante. Es importante destacar que una de las ciudades mas destacadas por el manejo de residuos sólidos es la ciudad de Caraz, cuya actividad turística influencia en la generación per cápita un 0.70 Kg/hab/día.

Cuadro N° 1: GPC de Residuos sólidos domésticos en las principales ciudades del Perú

Ciudades	GPC Kg./hab./día
Lima (Cercado)	0.85 (1)
Ica	0.434 (2)
Ayacucho	0.56 (3)
Cajamarca	0.51 (4)
Piura	0.51 (5)
Chiclayo	0.56 (6)
Huancayo	0.63 (7)
Moquegua	0.40 (8)
Caraz	0.70 (9)

Fuente:

- (1) Informe de Estudio de composición física de RRSS - Junio 2005.
- (2) PIGARS de Ica.
- (3) PIGARS de Ayacucho.
- (4) PIGARS Cajamarca.
- (5) Municipalidad Provincial de Piura.
- (6) Gobierno Regional de Lambayeque.
- (7) PIGARS de Huancayo.
- (8) PIGARS de la Provincia de Mariscal Nieto 2004.
- (9) Estudio de Producción y composición de residuos sólidos CARE PERU Municipio Prov. Huaylas.

Composición física de los residuos sólidos domésticos

La composición física de los residuos sólidos en el transcurso de los años ha variado, esto se debe a los patrones de consumo cambiantes tanto por el incremento de los servicios y expansión de supermercados en las importantes ciudades como Lima, Cajamarca, Trujillo, Piura. En tal situación las costumbres orientadas al consumismo así como la migración de las zonas rurales a las ciudades, son factores determinantes de la generación y de la composición de los residuos sólidos, cuyos cambios van de materiales de origen orgánico hasta materiales como plásticos que se caracterizan por descomponerse en períodos muy largos.

La composición física de los residuos sólidos municipales en nuestro país esta dada por un 54.5% de residuos orgánicos, un 20.3% de material reciclable, y un 25.2 % de otros residuos⁶.

A continuación se presenta las gráficas de composición de residuos sólidos en la Provincia de Lima, Provincia de Cajamarca y Provincia de Ica.

⁶ Fuente: Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales, EVAL 2002. Informe Analítico Perú

Gráfico N° 1: Composición física de residuos sólidos en Lima

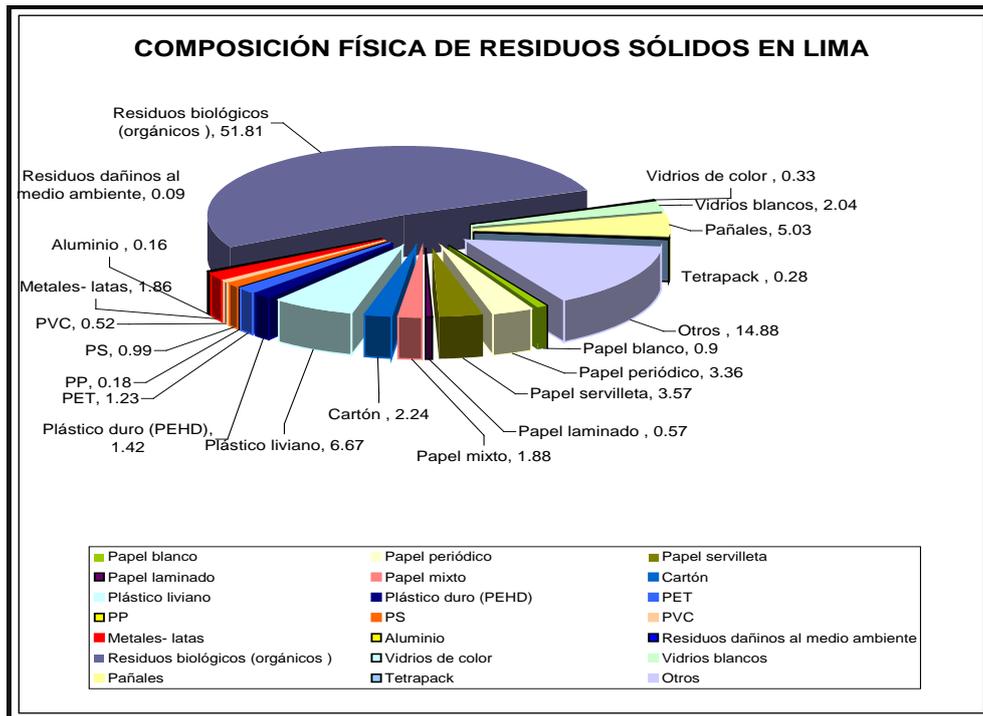
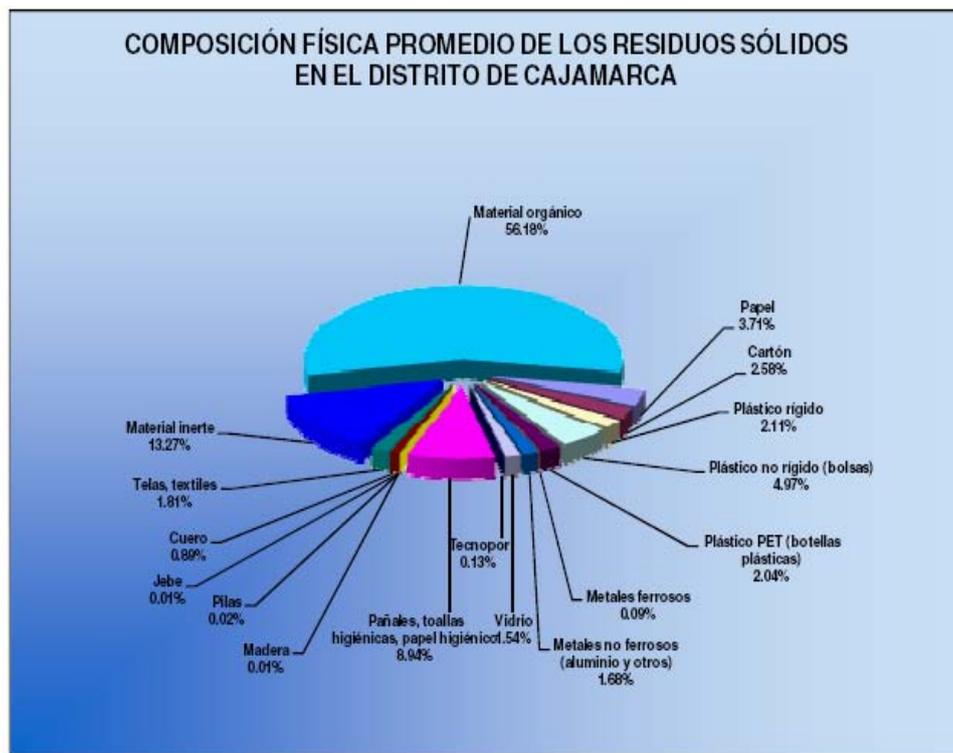
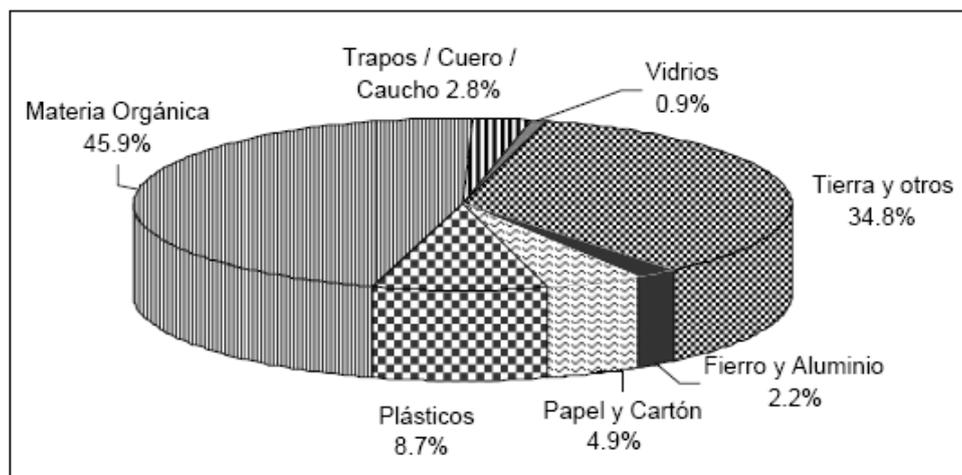


Gráfico N° 2: Composición física de residuos sólidos en el distrito de Cajamarca



Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de residuos sólidos de la Provincia de Cajamarca.

Gráfico N° 3: Composición física de residuos sólidos en la provincia de Ica

Fuente: Estudio de caracterización de Residuos Sólidos - ONG DAR - 2004
Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Ica.

1.2 Rellenos sanitarios manuales en el Perú

1.2.1 Antecedentes generales

Hasta la década de los 90 no existían rellenos sanitarios en nuestro país.⁷ La Disposición final adecuada de los residuos sólidos en nuestro país en la actualidad alcanza una cobertura del 19.7% que equivale a 12,986 ton/día según el Informe Analítico - Perú de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales EVAL 2002, asimismo este informe considera que el 65.6% del total de los residuos tienen una disposición final inadecuada, esto quiere decir que la mayoría del total de residuos recolectados van a los botaderos provocando un riesgo a la salud de la población. Solo el 14.7% del total se reaprovecha.

Pese a enfrentar esta problemática, en nuestro país se comienza una experiencia positiva en la construcción de rellenos sanitarios manuales como es el caso de la ciudad de Carhuaz, Huaylas, Huarmey, entre otros.

1.2.2 El Relleno sanitario manual

Según lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, el relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental.

⁷ OPS, BID. Informes de expertos locales para el presente diagnóstico, 1996.
OPS: Estudios sectoriales de residuos sólidos en cuatro países - 1995-1996



Imagen N° 1 Vista de un relleno sanitario manual.

Los rellenos sanitarios de acuerdo al tipo de operación se clasifican en tres:

Relleno sanitario manual: El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las **20 toneladas de residuos**. Se restringe su operación en horario nocturno.

Relleno sanitario semi mecanizado: La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

Relleno sanitario mecanizado: La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

Es materia de la presente guía técnica exclusivamente la orientación respecto a los procedimientos previos, el diseño, la construcción y la operación del relleno sanitario manual

1.3 Salud pública e inadecuada disposición de los residuos municipales en el Perú

La disposición final de los residuos sólidos en lugares no apropiados y en condiciones inadecuadas, ponen en riesgo a la población, principalmente por el desarrollo y proliferación de animales e insectos vectores (moscas, mosquitos, ratas y cucarachas) portadores de microorganismos, capaces de transmitir enfermedades y deteriorar la salud, desde simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad.

La alimentación de animales domésticos (cerdos, vacas, cabras y aves) en los botaderos, constituye otro factor que pone en riesgo a la salud pública, ya que los residuos suelen estar mezclados con restos de residuos infecciosos provenientes de los establecimientos de atención de salud, entre otros.



Imagen N° 2 Animales domésticos de consumo humano (aves y cerdos), en un botadero de residuos.



Imagen N° 3 Animal de compañía (perro), buscando alimentos en los residuos.

Los segregadores de residuos sólidos en los botaderos, están expuestos a los mayores riesgos para su salud, porque no cuentan con ninguna medida de seguridad para desarrollar sus actividades, sufriendo principalmente de afecciones gastrointestinales de origen parasitario, microbiana o viral, además de sufrir mayores lesiones en las manos, pies, espalda, enfermedades a la piel, dientes, ojos e infecciones respiratorias.



Imagen N° 4 Descarga de residuos en un botadero, en el que se observa la presencia de segregadores.



Imagen N° 5 Quema de residuos en botaderos.

Los residuos sólidos al ser dispuestos en botaderos, ubicados en las vías públicas, terrenos descampados, riberas de ríos o quebradas, entre otros, deterioran la calidad del suelo y el agua, por la alta carga bacteriana que contienen, agravando la situación cuando están mezclados con sustancias tóxicas peligrosas.

La quema indiscriminada que se realiza en estos lugares deteriora la calidad del aire, sumándose a esto los olores fétidos que se generan a causa de las emisiones de gases producto de la descomposición de los componentes orgánicos contenidos en los residuos sólidos.

1.4 Normatividad legal vigente

El marco legal vigente que regula los aspectos de la gestión y manejo de los residuos a nivel nacional son los siguientes:

- La Constitución Política, Promulgada en el año 1993, fija normas que garantizan el derecho que tiene toda persona a la protección de su salud y gozar de un ambiente equilibrado. Establece asimismo que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente.
- Decreto legislativo N° 1065 que modifica algunos artículos de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, publicado el 28 de junio del 2008.
Decreto legislativo que modifica la ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en los aspectos principales de perfeccionar los lineamientos de política, establece las competencias del Ministerio del Ambiente, especifica las competencias de las autoridades sectoriales, la autoridad de salud, la autoridad de transporte y comunicaciones, establece el rol de los gobiernos regionales y el rol de las municipalidades, precisa las responsabilidades del generador de residuos sólidos del ámbito no municipal, entre otros.
- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos; aprobado el 21 de julio del 2000.
Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio del 2000, que presenta las recomendaciones y establece lineamientos generales a tomar en consideración para la implementación y operación de las infraestructuras de disposición final de residuo, así mismo establece la obligatoriedad de elaborar Estudios de Impacto Ambiental en los proyectos de infraestructura de residuos sólidos, entre ellos el relleno sanitario. Tomar en consideración, la modificación de esta Ley dada por el Decreto Legislativo N° 1065.
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos; aprobado mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, aprobado el 22 de julio del 2004.
Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, establece los criterios mínimos para la selección de sitio, habilitación, construcción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final. En la actualidad el presente Reglamento se encuentra en modificación.
- Reglamento para la Disposición de Basuras Mediante el Empleo del Método de Relleno Sanitario, aprobado mediante Decreto Supremo N° 06 - STN, el 09 de enero de 1964.
Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario; mediante el cual se asigna a las municipalidades la responsabilidad de efectuar la recolección de los residuos en su jurisdicción y realizar su disposición final
- Ley Orgánica de las Municipalidades - Ley N° 27972

Título V: Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales, artículo 73°, numeral 3 señala que las municipalidades distritales en materia de Protección y Conservación del Ambiente, cumplen las siguientes funciones:

- ❖ Formulan, aprueban, ejecutan y monitorean los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.
- ❖ Proponen la creación de áreas de conservación ambiental.
- ❖ Promueven la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivan la participación ciudadana en todos sus niveles
- ❖ Participan y apoyan a las comisiones ambientales regionales.
- ❖ Coordinan con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.

- Ley General del Ambiente - Ley N° 28611

Hace una diferencia de responsabilidades en cuanto al manejo de los residuos sólidos de origen doméstico y comercial (municipales), y de otros tipos de residuos (no municipales), cuyos generadores serán responsables de su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.
- Ley General de Salud - Ley N° 26842

Ley N° 26842 del 20-07-97 - en la cual se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su artículo 96 del Capítulo IV, se menciona que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Asimismo, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo. El artículo 80°, numeral 3.1 de la misma Ley señala que en materia de saneamiento, salubridad y salud, son funciones específicas de las municipalidades distritales: proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de los desperdicios.
- Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública - Ley N° 27293

Creada con la finalidad de optimizar el uso de los Recursos Públicos destinados a los proyectos de inversión, en ese contexto se sitúan los proyectos de manejo de los residuos sólidos municipales, creando para tal efecto el Sistema Nacional de Inversión Pública, estableciendo además las fases a cumplir por todo proyecto de inversión pública; y su modificatoria dada por Decreto Legislativo N° 1091.
- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada

Decreto legislativo N° 757 (13 de noviembre de 1991) - que incentiva el crecimiento de la inversión privada, y que en su artículo 55, precisa que se encuentra prohibido "internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquier sea su origen o estado materia, que por su naturaleza, uso fines, resultan peligrosos radiactivos...El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación"
- Ley de Bases de Descentralización - Ley N° 27783

Que establece entre los objetivos a nivel ambiental, la gestión sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental, además de incluir dentro de la asignación de competencias de las municipalidades, la gestión de los residuos sólidos dentro de su jurisdicción.
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446

Establece dentro de los criterios de protección ambiental, la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas; aspectos ambientales comunes a toda infraestructura de disposición final de residuos sólidos. Así mismo define los estudios ambientales correspondientes a cada tipo de proyecto dependiendo de la envergadura de éstos y la potencialidad de los impactos en el ambiente.
- Código Penal

"Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente", en el título XIII, capítulo I, sobre los Delitos Ambientales, establece las penalidades por

contaminación al ambiente y en su artículo 306, por incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos, define:

El que sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana o la integridad de los procesos ecológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de 4 años.

Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de 02 años.

Con el agente, contraviniendo, leyes, reglamentos o disposiciones establecidas, utiliza desechos sólidos para la alimentación de animales destinados al consumo humano, la pena será no menor de 03 años no mayor de 06 años y con doscientos sesenta a cuatrocientos cincuenta días - multa. (Ver Ley N° 29263).

1.5 Mecanismos de obligación y sanción

1.5.1 Competencias

Los mecanismos de supervisión, fiscalización y sanción en lo que respecta a las instalaciones de residuos sólidos; las operaciones y procesos de manejo de residuos sólidos en espacios públicos, esta definido por el art. 49⁸ de la Ley General de Residuos sólidos, como competencia compartida del Ministerio de Salud, las Municipalidades provinciales y las Municipalidades Distritales.

El Ministerio de Salud, las Municipalidades provinciales y las Municipalidades Distritales no son autoridades competentes cuando la operación del relleno sanitario recaer dentro de una competencia exclusiva conforme lo indicado en los párrafos siguientes:

1. El Ministerio del Ambiente - MINAM y las demás autoridades sectoriales como:
 - Dirección General de asuntos Ambientales del Ministerio de Agricultura,
 - Dirección de Asuntos Ambientales de Industria del Ministerio de la Producción - PRODUCE,
 - Dirección General de Asuntos Ambientales de Pesquería del Ministerio de la Producción - PRODUCE,
 - Dirección de Medio Ambiente y Sostenibilidad Turística del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR,

○ los organismos reguladores como:

 - Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN,
 - Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público - OSITRAN,
 - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS,
2. La autoridad a cargo del sector Transporte y Comunicaciones (Dirección General de Asuntos Socio ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC), en lo que respecta al transporte de residuos peligrosos y el uso de las vías nacionales para este fin.
3. La autoridad a cargo del sector Vivienda, Construcción y Saneamiento (Oficina del Medio Ambiente - OMA, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), respecto de los residuos de la construcción, de las instalaciones de saneamiento y otros en el ámbito de su competencia.
4. La autoridad marítima (Dirección de Medio Ambiente de La Dirección General de Capitanías

⁸ Modificado por el Artículo 1° del Decreto legislativo N° 1065

- y Guardacostas - DICAPI) por las infracciones cometidas a la ley de residuos sólidos, en los buques e instalaciones acuáticas así como por arrojar residuos o desechos sólidos en el ámbito acuático de su competencia.
5. La autoridad de puertos (Dirección de Operaciones y Medio Ambiente - DOMA de la Autoridad Portuaria Nacional - APN) por las infracciones cometidas en instalaciones portuarias y similares, dentro del ámbito de su competencia.
 6. La autoridad de salud de nivel nacional (Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA del Ministerio de Salud) por el manejo de los residuos sólidos al interior de los establecimientos de atención de salud y en campañas sanitarias, así como por los demás temas a su cargo de acuerdo a lo establecido en la ley general de residuos sólidos.
 7. Los Gobiernos Regionales (Gerencia de recursos naturales y medio ambiente) y Municipales (Oficina o subgerencia de Medio Ambiente de la Gerencia de Servicios a la Ciudad), en lo concerniente a las funciones establecidas en la legislación vigente o que fueran transferidas como parte del proceso de descentralización.

En tal sentido se concluye que las acciones de vigilancia, supervisión y fiscalización del funcionamiento del relleno sanitario en los aspectos fundamentales de riesgo de daño a la salud pública y el ambiente, las ejecuta de forma descentralizada las Direcciones Regionales de Salud (DIREAS) a través de sus Direcciones de Salud Ambiental (DESAs) y las acciones de vigilancia del funcionamiento del relleno sanitario en los aspectos de cumplimiento de cronogramas de implementación progresiva, cumplimiento de cláusulas establecidas por servicios contratados o concesiones vigentes y otros de cumplimiento de aspectos tributarios y de funcionamiento conforme con lo establecido en la autorización (Licencia de funcionamiento emitida), las ejecutan las Municipales Provinciales y Municipalidades Distritales donde se ubica el relleno sanitario.

Cuando el relleno sanitario es para residuos sólidos del ámbito NO municipal o se ubican dentro de las instalaciones de actividades extractivas o de producción, son las autoridades competentes exclusivas las que ejecutan las acciones de vigilancia, supervisión y fiscalización para la aplicación de la sanción.

Finalmente la participación ciudadana también cuenta con mecanismos para la fiscalización y vigilancia ciudadana ambiental, así como para la denuncia por infracciones a la legislación ambiental, según lo establecido por el D.S. 002-2009-MINAM, que es una norma específica de acceso a la información, participación y consulta ciudadana emitido por el Ministerio del Ambiente.

1.5.2 Mecanismo de sanción

Las autoridades competentes para la aplicación de sanciones en materia de residuos sólidos, están facultadas para aprobar la tipificación de infracciones y escalas de sanciones correspondientes, adecuándose a las particularidades de cada actividad bajo su competencia.

Toda sanción que se imponga a un infractor será mediante resolución según corresponda, la misma que será motivada con los fundamentos de hecho y derecho, bajo causal de nulidad.

Sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa que correspondiera, los infractores están obligados a la reposición o restauración del daño causado hacia el estado anterior a la infracción cometida, en la forma y condiciones fijadas por la autoridad que impuso la sanción e independiente de la sanción que le correspondiera.

En el cuadro que se muestra a continuación se presenta la relación de infracciones considerados por el reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, la clasificación de infracciones según su gravedad y la escala de aplicación de sanción correspondiente.

Cuadro N° 2: Clasificación de infracciones y escala de sanciones

Clasificación	Infracción	Amonestación por escrito	Multa (UIT)	Suspensión temporal Parcial o total de actividades o procedimientos	Clausura Parcial o total de actividades o procedimientos	Cancelación de registro
Infracciones Leves	Negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control de las actividades de residuos	SI	0.5 – 20 (R. No Peligrosos) 21 – 50 (R. Peligrosos)	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	Incumplimiento en el suministro de información a la autoridad correspondiente	SI	0.5 - 20 (R. No Peligrosos) 21 – 50 (R. Peligrosos)	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	Incumplimiento de otras obligaciones de carácter formal	SI	0.5 - 20 (R. No Peligrosos) 21 – 50 (R. Peligrosos)	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	Otras infracciones que no revistan mayor peligrosidad.	SI	0.5 - 20 (R. No Peligrosos) 21 - 50 (R. Peligrosos)	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Infracción grave	Ocultar o alterar maliciosamente la información consignada en los expedientes administrativos para la obtención de registros, autorizaciones o licencias previstas en el reglamento de la Ley General de residuos sólidos.	NO APLICA	21 – 50 (R. No Peligroso) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Realizar actividades sin la respectiva autorización prevista por ley o realizar estas con autorizaciones caducas o suspendidas o el incumplimiento de las obligaciones establecidas en las autorizaciones.	NO APLICA	22 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Abandono, disposición o eliminación de los residuos en lugares no permitidos.	NO APLICA	23 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Falta de Pólizas, de seguro de conformidad a lo establecido en el reglamento de la ley general de residuos sólidos.	NO APLICA	24 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Importación o ingreso de residuos no peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por norma.	NO APLICA	25 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA

Continúa...

Clasificación	Infracción	Amonestación por escrito	Multa (UIT)	Suspensión temporal Parcial o total de actividades o procedimientos	Clausura Parcial o total de actividades o procedimientos	Cancelación de registro
Infracción grave	Falta de rotulado de los recipientes o contenedores donde se almacena residuos peligrosos, así como la ausencia de señalización en las instalaciones de manejo.	NO APLICA	26 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Mezcla de residuos incompatibles	NO APLICA	27 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Comercialización de residuos sólidos no segregados	NO APLICA	28 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos no peligrosos	NO APLICA	29 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
	Otras infracciones que generen riesgo a la salud y el ambiente	NO APLICA	30 - 50 (R. No Peligrosos) 51 - 100 (R. Peligrosos)	HASTA 60 DIAS	NO APLICA	NO APLICA
Infracción Muy Grave	Operar infraestructuras de residuos sin la observancia de las normas técnicas.	NO APLICA	51 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Importación o ingreso de residuos peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por ley.	NO APLICA	52 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Incumplimiento de las acciones de limpieza y recuperación de suelo contaminado.	NO APLICA	53 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Comercialización de residuos sólidos peligrosos sin la aplicación de sistemas de seguridad en toda la ruta de la comercialización.	NO APLICA	54 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos sólidos peligrosos.	NO APLICA	55 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Omisión de planes de contingencia y de seguridad	NO APLICA	56 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI
	Otras infracciones que permitan el desarrollo de condiciones para la generación de daños a la salud pública y al ambiente.	NO APLICA	57 - 100 (R. No Peligrosos) 101 - 600 (R. Peligrosos)	NO APLICA	SI	SI

Fuente: D.S N° 057-2004-PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

Procedimientos previos a la construcción del relleno sanitario manual

La implementación y operación de un relleno sanitario requiere del compromiso responsable del gestor Ló titular, partiendo de un proyecto que cuente con las aprobaciones y autorizaciones correspondientes antes de su implementación.

La inadecuada operación de estas infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, ha generado desconfianza y rechazo de la población, a tal punto de confundir los términos de relleno sanitario con botadero, por lo que realizar la cobertura diaria de los residuos sólidos que se disponen como parte de la operación es de vital importancia, previniendo la proliferación de vectores, que ponen en riesgo la salud de los propios trabajadores y de la población. A continuación se describen los pasos a seguir antes de la construcción de un relleno sanitario manual:

2.1 Aprobaciones y autorizaciones

En la siguiente imagen se muestra en orden de las aprobaciones y autorizaciones que deben lograr los titulares de los proyectos de RSM, previo a la construcción, según lo establecido en la Ley y su Reglamento.

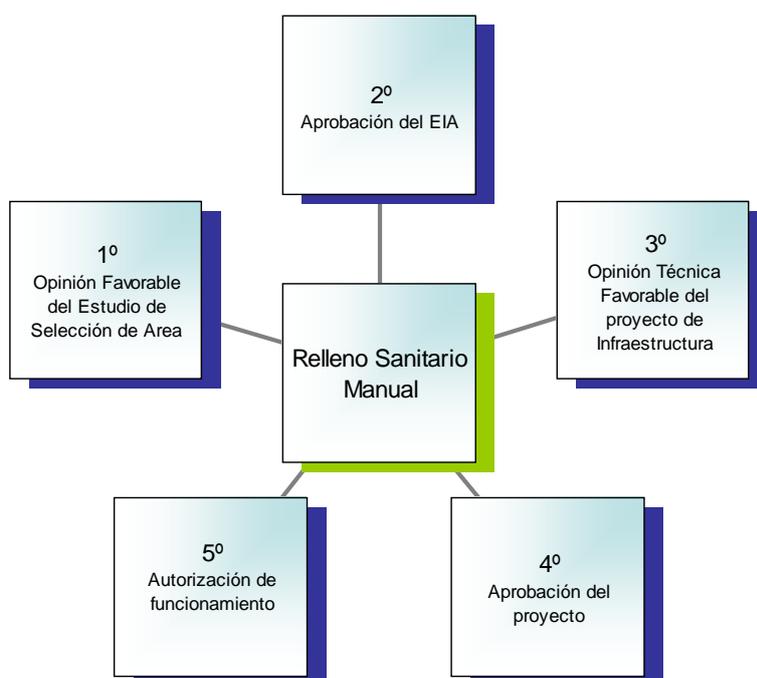


Imagen N° 6 Aprobaciones y autorizaciones para relleno sanitario manual

Las instituciones que aprueban los estudios, otorgan opinión técnica favorable y autorizan el funcionamiento de las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos son las siguientes:

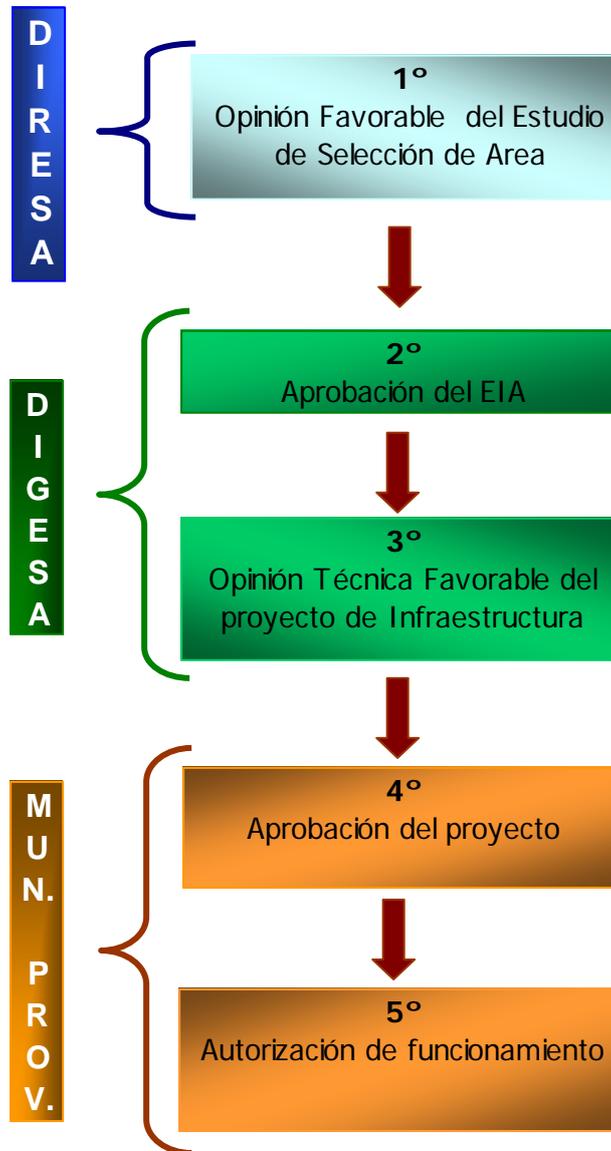


Imagen N° 7 Instituciones competentes

Según lo indicado en los dos esquemas anteriores, el primer documento a elaborar es el Estudio de Selección de Área; luego de contar con la opinión favorable de la autoridad de salud de la jurisdicción del citado documento, se procederá a la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto y finalmente el proyecto de infraestructura de disposición final. La presentación de dichos documentos a las autoridades de salud y municipalidad provincial correspondiente deben estar enmarcadas a los lineamientos y requisitos establecidos en las guías específicas y en el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de cada institución.

2.1.1 Estudio de selección de área

Es el documento que define y establece el o los espacios geográficos dentro de una jurisdicción determinada para instalar infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Conforme con el uso del suelo y planes de expansión urbana,
- Conforme con el plan de gestión integral de residuos de la provincia, en caso los tuviera.
- Mínimo impacto social y ambiental por la construcción operación y cierre.
- Considerar los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos.
- Prevención de riesgos sanitarios y ambientales.
- Preservación del patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona.
- Preservación de áreas naturales protegidas por el estado y conservación de recursos naturales renovables.
- Menor vulnerabilidad del área a desastres naturales.

2.1.2 Informe de opinión técnica favorable de la selección de área

Para lograr la aprobación del Estudio de Selección de Área se sugiere las siguientes recomendaciones:

Antes de definir el lugar de disposición final es preciso evaluar los terrenos posibles estableciendo las coordinaciones entre la Municipalidad Provincial y la Autoridad de Salud.

Es importante que la Municipalidad cuente con la dirección profesional y el especialista idóneo para la determinación de los estudios a realizar. Luego es preciso tener en cuenta los siguientes pasos a fin de lograr la aprobación del Estudio de Selección de Área:

- ❖ Ubicar tres áreas posibles para evaluación por parte de la Dirección Regional de Salud y los especialistas idóneos.
- ❖ Solicitar Evaluación de área al Director de la Dirección Regional de Salud - DIRESA, esta solicitud debe estar a cargo de la Municipalidad y firmado por el Alcalde.
- ❖ Elaborar el Estudio de Selección de área, recogiendo los resultados y recomendación de la evaluación previa y cumpliendo con los criterios técnicos establecidos por el D.S. N° 057 - 2004 - PCM, Art. 67).
- ❖ Presentar la solicitud de opinión técnica favorable, adjuntando el estudio de selección de área, por parte de la Municipalidad a la Dirección Regional de Salud para su respectiva aprobación.

2.1.3 Aprobación del estudio de impacto ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental - EIA, es el instrumento ambiental que evalúa el futuro proyecto respecto a sus potenciales efectos en el ambiente y que finalmente establece el plan de manejo que minimizará tales efectos.

Los requisitos para la presentación del Expediente de aprobación de estudio de impacto ambiental para Relleno sanitario son los siguientes:

- ❖ Solicitud dirigida al Director General de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA, con carácter de declaración jurada N° RUC, y firmado por el representante legal o por el Alcalde de la Municipalidad, precisando si los residuos sólidos a disponer son de ámbito de gestión municipal adjuntando dos (02) ejemplares del EIA.
- ❖ Certificado de compatibilidad de Uso original otorgado por la municipalidad provincial correspondiente.
- ❖ Documento del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas - SERNANP (ex INRENA) en donde se señala la no afectación de áreas naturales protegidas por el

- estado.
- ❖ Informe del comité regional de Defensa Civil (en original) de no encontrarse la infraestructura en área vulnerable a desastres naturales.
 - ❖ Certificado de no afectación de restos arqueológicos en original otorgado por el Instituto Nacional de Cultura.
 - ❖ Informe de la opinión técnica favorable de la selección de área para infraestructura de residuos sólidos, emitida por la Dirección de Salud de la jurisdicción (adjuntando copia del referido estudio de selección)
 - ❖ Resultados en original del último monitoreo ambiental basal (aire, agua, suelo) de antigüedad no mayor a un año, realizado por un laboratorio acreditado, adjuntando la interpretación de los resultados correspondientes.
 - ❖ Estudio topográfico, geológico, geotécnico, hidrológico e hidrogeológico correspondiente al área de influencia del proyecto debidamente suscritos por los profesionales responsables en cada una de sus hojas.
 - ❖ Comprobante de pago por derecho de trámite (29.79% de la UIT).

2.1.4 Opinión técnica favorable del proyecto de infraestructura

El proyecto de infraestructura, es el equivalente al expediente técnico de la construcción de la instalación de disposición final o relleno sanitario en su nivel de factibilidad.

Los requisitos para la presentación del expediente de opinión técnica favorable del proyecto de infraestructura de Relleno Sanitario son los siguientes:

- ❖ Solicitud dirigida al Director General de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA, con carácter de declaración jurada N° RUC, y firmado por el Alcalde de la Municipalidad.
- ❖ Copia del título de propiedad o documento que autorice el uso del terreno para su operación.
- ❖ Constancia de habilitación profesional del ingeniero sanitario responsable del proyecto de infraestructura de residuos sólidos.
- ❖ Dos (02) ejemplares del proyecto de infraestructura, suscrito por el ingeniero sanitario responsable en cada una de sus hojas, adjuntando una (01) copia en medio magnético del proyecto desarrollado.
- ❖ Comprobante de pago por derecho de trámite (27.44% de la UIT).

2.1.5 Procedimientos de aprobación de opinión pública

El procedimiento administrativo para lograr la aprobación de la opinión pública en los estudios de impacto ambiental - EIA y para la opinión favorable de proyectos de inversión de rellenos sanitarios, específicamente no está regulado por la autoridad competente que aprueba dichos documentos, sin embargo el promotor de las inversiones debe tomar en consideración lo establecido por la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental⁹ y la norma específica de participación y consulta ciudadana emitido por el Ministerio del Ambiente¹⁰. Donde se define entre otros: los lineamientos para la participación ciudadana, los procesos ambientales con participación ciudadana, los mecanismos de consulta y los lineamientos de las consultas.

⁹ Ley N°29325 Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental

¹⁰ D.S. 002-2009-MINAM Reglamento sobre transparencia, acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales. Publicado el 17/01/2009

Criterios para el estudio de selección de área, eia y proyecto

3.1 Consideraciones técnicas, legales y sociales

3.1.1 Aspectos técnicos

A continuación se describen algunos de los aspectos técnicos más importantes para el estudio de selección de área:

3.1.1.1 Ubicación del área para futuro relleno sanitario

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio alejado de centros poblados, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se puede usar como área verde.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano al centro urbano al cual va servir por razón del menor costo en la operación del transporte de residuos, sin embargo 1 Km es la menor distancia límite que debe existir entre la población del centro poblado mas cercano, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Por excepción y de acuerdo a lo que establezca el respectivo EIA, la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA podrá autorizar distancias menores o exigir distancias mayores, sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población, que pueda generar el relleno sanitario

3.1.1.2 Material para cobertura

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en material de cobertura (tierra) para su construcción como sea posible.

Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte.

3.1.1.3 Vida útil

La capacidad del área debe ser suficientemente grande para permitir su utilización durante un periodo igual o mayor de cinco (05) años, a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación, instalación y las obras de infraestructura.

3.1.1.4 Vías de acceso

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

3.1.1.5 Topografía

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

3.1.1.6 Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión urbana

De igual manera la ubicación de una infraestructura de disposición final debe estar acorde a la proyección de expansión de la población, así como también debe compatibilizar con el uso de suelos, esto contemplado en el Plan de desarrollo urbano distrital o el plan de acondicionamiento territorial de los Gobiernos Provinciales.

3.1.1.7 Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos en la provincia

Es necesario tomar en cuenta si el proyecto de relleno sanitario fue considerado como una alternativa para la disposición final de residuos sólidos dentro del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia.

3.1.1.8 Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos

Para la evaluación de este aspecto técnico considerar las siguientes variables: tamaño del terreno, la capacidad útil del terreno, la situación sanitaria actual respecto a la presencia de pasivos ambientales como existencia de botaderos pasados o actuales, proximidad a las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, como a fuentes de aguas subsuperficial, y antecedentes de conflictos sociales o quejas sociales por residuos sólidos en la zona.

3.1.1.9 Condiciones climáticas

La ubicación del área deberá seleccionarse de tal manera que la condición climática sea favorable para la ubicación del proyecto. La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación, por el polvo y papeles que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Asimismo será importante conocer las condiciones meteorológicas de precipitación, temperatura y humedad relativa serán favorables a la biodegradación de los residuos.

3.1.1.10 Geología

Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) el sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentarios con características areno - arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

Los terrenos identificados no deberán estar ubicados sobre o cerca de fallas geológicas ni en zonas con riesgos de estabilidad ni deben tener la posibilidad de ocurrencia de inundación por acumulación de aguas pluviales o avenidas.

3.1.1.11 Hidrogeología

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Es importante realizar como mínimo un estudio o evaluación geohidrológico a nivel de reconocimiento para identificar la posibilidad de existencia de acuíferos sub-superficiales, la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, la dirección y la velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

El profesional especialista determinará el nivel de detalle en el cual se debe realizar el estudio hidrogeológico, debiendo en todos los caso utilizarse información oficial¹¹ de referencia o mediciones in situ si el caso lo amerita.

3.1.1.12 Hidrología superficial

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

3.1.1.13 Preservación del patrimonio arqueológico

La preservación del patrimonio arqueológico es un criterio importante, el terreno no debe estar ubicado en un área perteneciente a una zona arqueológica de ser así es un criterio de restricción de ubicación.

3.1.1.14 Preservación de áreas naturales protegidas

Para la evaluación del siguiente criterio es importante que el lugar posible no afecte un área natural protegida por el estado.
En caso si existiese este sería un criterio de restricción de ubicación.

3.1.1.15 Vulnerabilidad del área a desastres

Es importante definir si el terreno es vulnerable a desastres naturales, de ser así los rellenos sanitarios no deberán ubicarse en estas áreas.

3.1.2 Aspectos legales

3.1.2.1 Saneamiento físico legal del terreno

Es recomendable que un proyecto de relleno sanitario inicie solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento legal que lo autorice a construir las obras complementarias, estipulando también el periodo y la utilización futura u opciones.

Es muy usual que el Municipio obtenga, de particulares, el arrendamiento del terreno para el relleno sanitario. En caso de que esto suceda será necesario siempre contar con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes.

Cuando el terreno sea propiedad del Municipio, éste deberá quedar debidamente registrado en el catastro de la propiedad, señalando que será de uso restringido.

Las Instituciones para acudir y conocer el estado físico - legal del terreno son las siguientes:

- Ministerio de Agricultura a través del Proyecto Especial de Titulación de Tierras - PETT
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM
- Superintendencia Nacional de Registros Públicos - SUNARP
- Dirección Regional de Salud - DIRESA
- Superintendencia Nacional de Bienes Estatales - SBN

¹¹ Información generada por el Ministerio de Energía y Minas y/o el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET.

3.1.3 Aspectos sociales

3.1.3.1 Grado de aceptación respecto a una futura construcción del relleno sanitario.

El Grado de aceptación de las poblaciones aledañas a las áreas pre-seleccionadas, es el resultado de una evaluación social, que incluye como mínimo los siguientes pasos:

Primero, se identifica las poblaciones más cercanas a los sitios preseleccionados y que podrían resultar como poblaciones directamente afectadas o indirectamente afectadas tanto en la fase de implementación como en la fase de funcionamiento de la planta de tratamiento de los residuos sólidos.

Segundo, se determinan las características demográficas de cada una de las poblaciones identificadas¹².

En tercer lugar, se requiere conocer tanto las opiniones, creencias y actitudes, así como su interés y posibilidades de participación en el proyecto, donde la recolección de la información a cada uno de estos aspectos se puede efectuar por medio de aplicación de los siguientes instrumentos:

- Encuesta a los pobladores
- Entrevista a los líderes o autoridades de las localidades seleccionadas,
- Observación de la dinámica social, económica y cultural
- Realización de dinámicas de grupo a fin de percibir actitudes y percepciones en torno a la instalación de un futuro relleno sanitario en terrenos cercanos a su comunidad.

Sobre la base de los resultados del grado de aceptación de la población se recomienda diseñar y efectuar la campaña de educación e información a través de los medios de comunicación, instituciones del estado como privadas, instituciones educativas y asociaciones sociales, que entre otros objetivos busque aclarar la confusión que existe por parte de la población, originada por la creencia que un relleno sanitario es un botadero a cielo abierto.

En todos los pasos es recomendable la participación o supervisión de un profesional en ciencias sociales a fin de minimizar errores en el desarrollo los resultados y conclusiones.

3.2 Restricciones de ubicación

Los rellenos sanitarios no podrán ser ubicados en aquellos lugares que no cumplan las condiciones mínimas indicadas a continuación. En casos excepcionales debidamente justificados, y cuando el responsable garantice que el funcionamiento del relleno no ocasionará problemas a la salud, la seguridad pública y al ambiente, la autoridad competente podrá otorgar la aprobación respectiva¹³.

3.2.1 Seguridad aeroportuaria

El relleno sanitario no deberá estar ubicado a una distancia menor de 3 000 m de los límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje.

3.2.2 Fallas geológicas, áreas inestables

No se podrán escoger zonas que presenten fallas geológicas, lugares inestables, zonas con posibilidad de deslizamientos ni propensas a ser inundadas.

¹² Información estadística Oficial del INEI o de establecimientos Públicos del Estado como Colegios, Establecimientos de Salud, etc.

¹³ CEPIS "Proyecto de Normas Técnicas para la Ubicación, Diseño, Construcción y Monitoreo de Rellenos Sanitarios Mecanizados y Manuales"

3.2.3 Zonas sísmicas

En zonas sísmicas el relleno sanitario no deberá ubicarse en lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operación del relleno.

3.2.4 Infraestructura existente

No se podrán seleccionar zonas que se encuentren dentro de las áreas de influencia de obras de infraestructura tales como embalses, represas, refinerías, obras hidroeléctricas, entre otros.

3.2.5 Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional

No se permitirá la ubicación de un relleno sanitario en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. Tampoco se podrán utilizar áreas previstas para proyectos de desarrollo regional o nacional (centrales hidroeléctricas, aeropuertos, represas, etc.)

Los Rellenos Sanitarios:

- ❖ No se deberán ubicar en áreas naturales protegidas por el Estado.
- ❖ No se deberán ubicar en áreas vulnerables a desastres naturales (Inundaciones, deslizamientos de tierra, piedra y/o lodo).
- ❖ No se deberá ubicar en zonas arqueológicas.
- ❖ No se deberán ubicar en lechos de ríos, quebradas activas.
- ❖ Las áreas disponibles identificadas por las autoridades competentes a ser utilizados para los fines de disposición final, no podrán establecerse sobre propiedad privada, concesiones u otros derechos adquiridos previamente, a menos que haya una declaración expresa de necesidad pública, conforme a ley, o medie consentimiento expreso del titular del predio.

3.3 Evaluación de áreas alternativas

A fin de ejecutar una evaluación de las distintas área pre-seleccionadas o alternativas para el futuro proyecto de relleno sanitario, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Paso 1: **Definición de parámetros de evaluación**
Definir que parámetros se van a utilizar para el proceso de evaluación, el parámetro debe ser cuantificable a fin de poder comparar el valor en diferentes alternativas.
- Paso 2: **Definir de los valores límite** o de referencia y las opciones de calificación por cada parámetro que se utilizara en la selección, estos valores guardaran absoluta concordancia con lo establecido en las normas, reglamentos o normas técnicas específicas y en el caso de no encontrarse regulados en función de referencias nacionales o internacionales especializadas en el diseño o la gestión de residuos.
- Paso 3: **Definición de la importancia del parámetro**
Consiste en establecer un peso o importancia para cada parámetro en función de la evaluación preliminar del conjunto de las áreas preseleccionadas o alternativas, se recomienda partir del peso que se le asignará a los parámetros sociales y luego al resto de la parte técnica, según la realidad propia de la zona, en la imagen siguiente se muestra un ejemplo de importancia de parámetros.
- Paso 4: **Definición del sistema de calificación**
Para facilitar el proceso de selección del área más adecuada para la instalación de

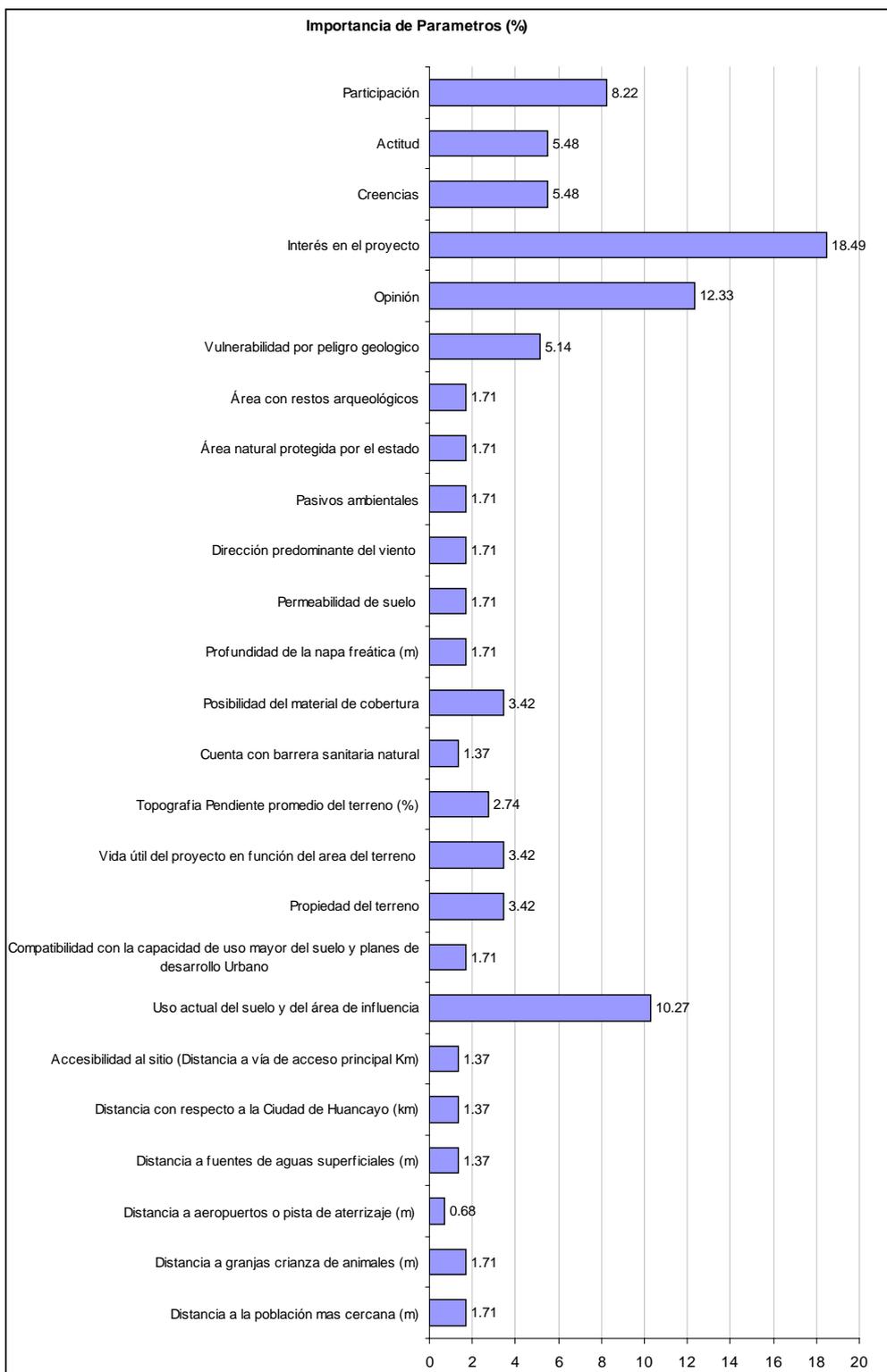


Imagen N° 8 Importancia porcentual del puntaje máximo según parámetros de evaluación.

una futura planta de tratamiento se puede definir una escala múltiple de calificación: que puede considerar la evaluación de la calidad del resultado respecto al parámetro como positivo (+) cuando cumple o sobrepasa valores límite o de referencia, negativo (-) cuando ocurre lo contrario, también se evaluar la magnitud del resultado respecto a su alejamiento y/o acercamiento a los valores límite o de referencia según la siguiente sub escala (1: para los menos alejados, 2: para los valores moderadamente alejados y 3: para los valores muy alejados.) y la Importancia del parámetro se puede establecer en función del criterio del equipo multidisciplinario considerando el siguiente orden de criterios a) aspectos de aceptación social del proyecto, b) exigencias del marco legal existente y c) aspectos no regulado pero importantes para un correcto funcionamiento del proyecto, finalmente se establece una regla de cálculo, para la obtención del puntaje máximo ponderado del componente, por ejemplo el resultado de la multiplicación del puntaje por el valor de importancia.

Todo lo antes expresado se puede apreciar en el ejemplo, que se muestra a continuación:

Cuadro N° 3: Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.1	Distancia a la población mas cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	146
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 1000 (1) , < 1000 (-1)	1	5	5	
1.3	Distancia a aeropuertos o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)	1	2	2	
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2) , >300 m de río principal (1) , < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad de Huancayo (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4	
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	2	4	
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30	
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
1.9	Propiedad del terreno	saneado (1) no saneado (-1)	1	10	10	
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	

Continúa...

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	4	2	8	
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	2	4	
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)	1	5	5	
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población mas cercana (1), a favor de la población mas cercana (-1)	1	5	5	
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	5	5	
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	3	12	36	146.00
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	18	54	
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	

Puntaje máximo del Sistema de evaluación: es el puntaje máximo que se asigna al sistema de calificación y que resulta de la sumatoria de los puntajes máximos de cada parámetro, para nuestro ejemplo el puntaje máximo es 292 puntos.

Escala de calificación: se establece una escala o rango de puntajes que permita la calificación de cada una de las alternativas, un ejemplo se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 4: Escala de calificación para el puntaje ponderado final

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 146	MALO ó Terreno No aceptable o de opción Marginal.
147 -195	REGULAR o terreno moderadamente aceptable.
196 -245	BUENO ó Terreno aceptable.
246 - 292	MUY BUENO ó Terreno aceptable de Primera Opción.

3.4 Informe de selección de área

Luego de realizar el proceso de selección, el área que obtuvo mayor puntaje será el priorizado como la mejor opción para la futura implementación del relleno sanitario.

El resultado debe documentarse mediante la elaboración de un “Informe de Selección de Área”, el mismo que debe contener la descripción general de las áreas evaluadas y los resultados, no todas las áreas cumplen con el 100 % de las características ideales para la implementación de un relleno sanitario, sin embargo, se debe priorizar aquel que presente las mejores condiciones.

La descripción de las áreas evaluadas para la categorización de los terrenos debe contener información técnica referente a:

- Áreas de los terrenos.
- Propiedad del terreno.
- Descripción topográfica.
- Compatibilidad con el uso de suelo.
- Descripción general del tipo de suelo.
- Distancia a la población más cercana.
- Distancia a vías principales.
- Distancia a las áreas agrícolas y ganaderas o granjas.
- Descripción de la barrera sanitaria natural.
- Distancia a fuentes de abastecimiento de agua.
- Distancia a cursos superficiales de agua.
- Distancia a aeropuertos, áreas naturales protegidas por el estado, zonas arqueológicas, entre otros.

Antes de dar inicio a los estudios específicos para el proyecto de RSM, la propiedad del terreno debe estar formalizada, caso contrario la inversión previa a la implementación se perderá. El titular del proyecto, debe contar con un documento que le autorice el uso o le asigne la propiedad del terreno para la construcción de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos. El terreno si no está a nombre del titular del proyecto, éste puede adquirirlo a través de la compra o concesión como mínimo por el tiempo de vida útil del proyecto mas el tiempo del post cierre de cinco (05) años.

Una vez que se cuente con la opinión favorable del área seleccionada para el proyecto de relleno sanitario manual, por parte de la autoridad de salud de la Región, se iniciará el trámite para lograr las certificaciones respectivas (certificado de no encontrarse el proyecto en un área natural protegida por el estado, de no encontrarse en un área vulnerable a desastres naturales y de no afectación de restos arqueológicos), siendo el primero el de compatibilidad de uso del terreno ante la municipalidad provincial correspondiente, una vez que se cuenta con este documento se dará inicio al desarrollo de los estudios básicos (topográfico, geológico, de suelos y monitoreo ambiental) en el área de influencia directa del proyecto, como base importante para la formulación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de relleno sanitario manual.

3.5 Estudio de impacto ambiental (EIA)

El estudio ambiental que corresponde al proyecto de relleno sanitario manual, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Ley, es el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que se presentará a la autoridad de salud para su aprobación, cumpliendo con los requisitos establecidos en el TUPA del sector. Este documento debe presentar un contenido según la guía aprobada por el sector salud, para la formulación de EIAs de relleno sanitarios.

El estudio de impacto ambiental (EIA) es un instrumento ambiental a través del cual, previa evaluación de la infraestructura proyectada y su entorno social y ambiental, se predice los posibles impactos (efectos positivos o negativos) que podría generar la implementación, operación, cierre y post cierre del proyecto de relleno sanitario manual, y propone entre otros, a través de un plan de manejo ambiental: las medidas para la eliminación, reducción y/o control de los impactos negativos a la salud y el ambiente. El EIA de acuerdo a lo establecido en el artículo 10° de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) debe contener:

- a) Una descripción de la acción propuesta y los antecedentes de su área de influencia.
- b) La identificación y caracterización de los impactos ambientales durante todo el ciclo del proyecto (implementación, operación, cierre y post cierre).
- c) La estrategia de manejo ambiental o la definición de metas ambientales incluyendo según el caso, el plan de manejo, plan de contingencias, plan de compensación y el plan de cierre y post cierre.
- d) El plan de participación ciudadana de parte del mismo proponente.
- e) Los planes de seguimiento y control.
- f) Un resumen ejecutivo de fácil comprensión.

De acuerdo a lo descrito en artículo 84° del Reglamento de la Ley, el EIA para IDF deberá comprender el análisis técnico de los siguientes aspectos:

1. **Topografía:** Realizar una descripción de las características del relieve, altura, pendientes, topografía y fisiografía del área del proyecto, precisando los sectores de mayor pendiente, la orientación del eje principal del terreno y las áreas más factibles para la construcción del relleno sanitario.
2. **Hidrogeología:** En este componente se describe la formación, movimiento, reservas y régimen de las aguas subterráneas y su interacción con los suelos y rocas, precisando sus propiedades (físicas, químicas y bacteriológicas) y uso. Distancia a cursos superficiales de agua (quebradas, ríos, lagos, lagunas, puquiales) y sus propiedades. Descripción de la formación geológica predominante de la zona y su capacidad o retención o acumulación de agua en los estratos. Tiene que ver con la dinámica de las fuentes de agua (superficial subterránea).
3. **Suelos:** Descripción del tipo, estructura, propiedades físicas del suelo del área del proyecto, precisando la permeabilidad. Así mismo, describir el uso actual y capacidad de uso mayor del área del proyecto y del área de influencia.
4. **Geofísica:** Considerar antecedentes de registros de sismos en la zona y describir la profundidad de la napa freática en la zona del proyecto, lo cual se puede determinar mediante la ejecución de un estudio geofísico (considera fundamentalmente la profundidad de la napa freática, a través de sondeos geoelectricos).
5. **Geología:** Descripción general del entorno geológico de la zona (edad, principales formaciones, estratigrafía, etc.), información que debe basarse en el estudio geológico realizado en la zona para fines del proyecto.

6. **Meteorología:** Información meteorológica de línea de base. Considerar tipo de clima, análisis y resumen de los reportes de precipitación pluvial, temperatura ambiental, humedad relativa máxima, mínima y media detallada del área del proyecto de una frecuencia mensual y promedio mensual, por un periodo mínimo de 24 meses o más, de la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) más cercana al área del proyecto; así como, resultados de la velocidad y dirección predominante de los vientos, por un periodo mínimo de cuarenta y ocho horas consecutivas, indicando si se encuentra en sentido contrario a la población más cercana.
7. **Vulnerabilidad a desastres naturales:** El terreno para el proyecto de relleno sanitario manual debe ser estable, el riesgo en la zona a desastres de origen natural (deslizamientos, derrumbes e inundaciones) debe ser mínimo o nulo. Las dependencias encargadas de realizar las evaluaciones de riesgo de infraestructuras, a solicitud del interesado, son el INDECI o las oficinas descentralizadas de Defensa Civil en las Regiones.
8. **Preservación de áreas naturales protegidas por el Estado:** Las áreas naturales protegidas constituyen patrimonio de la nación, son los espacios del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados al interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

De acuerdo a lo establecido en las normas vigentes, si el proyecto de relleno sanitario manual, se encuentra dentro de un área natural protegida, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), previo a su aprobación por la autoridad de salud, requerirá de la opinión técnica del Ministerio del Ambiente, a través del SERNANP.

9. **Preservación del patrimonio arqueológico:** El proyecto no debe afectar el patrimonio cultural; monumentos históricos o ruinas arqueológicas. El INC es la institución competente para otorgar el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).

3.6 Del proyecto de relleno sanitario

El proyecto de infraestructura del relleno sanitario manual, debe contener la descripción general del proyecto, ubicación, población a servir o beneficiarios, cantidad y tipo de residuos a manejar, entre otros, así como el diseño y especificaciones técnicas de los siguientes aspectos: vías de acceso, área de la infraestructura, barrera sanitaria, impermeabilización de la base y taludes de la infraestructura, celdas o plataforma, drenaje de aguas superficiales, drenaje de gases, drenaje de lixiviados, tratamiento de gases y lixiviados, dispositivos para el monitoreo ambiental, sistema de pesaje y registro, instalaciones auxiliares como caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios higiénicos, área de almacén de material de cobertura, vestuario y carteles de identificación y uso futuro.

También es importante que contenga el componente de costos y presupuesto de todo del proyecto, debiendo desarrollarse los costos detallados de lo que significará la implementación, operación, cierre y post cierre de la infraestructura de disposición final. Así como los planos en los cuales se pueda apreciar el diseño de la infraestructura y todos sus componentes, que facilitará la construcción y en el tiempo su mantenimiento, los planos a desarrollar preferentemente deben estar georeferenciados y en coordenadas UTM, precisando el sistema geográfico que se está utilizando, a una escala que se pueda apreciar con facilidad la información que se pretende mostrar, siendo los recomendados los siguientes:

1. Plano de ubicación del proyecto.
2. Plano topográfico.
3. Plano de Planta, cortes y detalles.
4. Plano de perfiles longitudinales y transversales.

5. Vías de acceso internas principales y secundarias.
6. Distribución de la infraestructura.
7. Instalaciones auxiliares.
8. Distribución de celdas o plataformas.
9. Cortes longitudinales y transversales de las celdas o plataformas.
10. Drenaje de aguas superficiales.
11. Sistema de drenaje de gases y lixiviados.
12. Sistema de tratamiento de lixiviados.
13. Representación de la infraestructura concluida.
14. Ubicación de puntos de monitoreo ambiental.
15. Detalles de la impermeabilización.
16. Diseño del cierre.

Diseño de infraestructura de relleno sanitario manual

4.1 Residuos aceptables e inaceptables en un relleno sanitario manual

La mayoría de los residuos sólidos generados por fuentes domiciliarias, comerciales, institucionales y agrícolas podrán disponerse en un relleno sanitario manual con un riesgo mínimo de poner en peligro directa o indirectamente la salud humana y la calidad del ambiente.

Esta generalización no comprende los residuos industriales los que deberán examinarse cuidadosamente para evaluar si requieren un manejo y métodos especiales de disposición en el suelo.

Es importante recordar que los rellenos sanitarios manuales no están diseñados para aceptar y procesar residuos peligrosos, los que deben disponerse en rellenos especialmente diseñados para ello.

Los residuos inaceptables deben identificarse en el plan de operación del relleno sanitario y se debe proporcionar una lista de estos residuos sólidos a los usuarios y clientes.

La aceptabilidad de los tipos de residuos sólidos debe considerar el mínimo riesgo frente a la hidrogeología del lugar, las cantidades y características física, químicas y biológicas de los residuos sólidos, los métodos de disposición, los riesgos y efectos para el ambiente y la salud pública y sobre todo la seguridad del personal operativo.

Los residuos de establecimientos de salud y los residuos de lodos de aguas residuales que no han recibido tratamiento previo califican como inaceptables por razones de concentración y grado de peligro.

En el cuadro que se muestra a continuación se presenta los tipos de riesgo o peligros de diferentes residuos que califican como inaceptables en un relleno sanitario manual:

Cuadro N° 5: Tipo de residuos que representan riesgos y peligros potenciales a un relleno sanitario manual

Tipo de residuos	Tipo general de riesgos o peligros			
	Tóxicos	Explosivos / Inflamables	Patógenos	Radioactivos
Residuos sólidos				
Putrescibles			X	
Voluminosos y combustibles		X		
Voluminosos y no combustibles	X	X		
Pequeños y combustibles		X		
Pequeños y no combustibles		X		
Latas, botellas, cilindros no vaciados	X	X	X	X
Cilindros con gas		X		
Polvos	X	X		
Residuos patógenos	X		X	X
Lodos	X			
Escombros	X	X		
Vehículos abandonados		X		
Residuos radiológicos				X
Residuos líquidos*				
Aguas residuales	X		X	
Aguas contaminadas	X			X
Compuestos orgánicos líquidos	X	X	X	
Breas	X	X		
Lodos	X			
Residuos gaseosos*				
Olorosos	X	X		
Partículas combustibles		X		
Vapores orgánicos	X	X		
Gases ácidos	X	X		

Fuente: "Guía para Rellenos Sanitario en Países en Desarrollo", 1997

4.2 Estudios básicos

El diseño de un relleno sanitario manual requiere de información base del área seleccionada, a nivel de detalle en los aspectos de tipo, cantidad y composición de los residuos a manejar, la información meteorológica in situ o de la referencia representativa más cercana, así mismo es clave en el estudio topográfico que se defina el perfil natural del terreno, el coeficiente de permeabilidad y clase de suelo predominante sobre la base de mediciones u observaciones en campo y laboratorios especializados, en los párrafos que siguen a continuación se amplia la información de base mínima necesaria para un correcto diseño del relleno sanitario manual:

- a. **Clase de residuos a manejar:** Se refiere a la clase predominante de residuos que compone la generación de residuos de la ciudad, distrito o centro poblado a servir, la información es útil para definir el manejar en el relleno sanitario conforme a lo establecido en las normas vigentes en Perú; residuos domiciliarios, comerciales, de limpieza de espacios públicos y similares a éstos, la información se obtiene a través de un estudio de caracterización de residuos.
- b. **Cantidad de residuos a manejar:** Esta información se obtiene a través de un estudio de caracterización de residuos sólidos, y define la cantidad de generación per cápita de residuos, es decir la cantidad promedio de residuos que genera un habitante en un día.
- c. **Composición de residuos:** Se refiere a la información porcentual de la composición física de los residuos respecto a ciertos tipos de materiales que tienen capacidad de ser reaprovechados. Para obtener dichos resultados es necesario realizar un estudio de caracterización de residuos según metodologías establecidas en Perú o de referencia internacional.
- d. **Precipitación pluvial:** Es recomendable una base de registro mensual de dos (02) años, con la finalidad de realizar la estimación de la generación de lixiviados y de ser posible precipitación máxima horaria para el diseño de los sistemas de recolección de aguas de escorrentía.
- e. **Temperatura ambiental:** Es necesario datos de temperatura de promedios máximos mensuales como mínimo de dos (02) años consecutivos.
- f. **Evapotranspiración:** Es un parámetro que se emplea para la estimación de la generación de lixiviados, es recomendable una base de registro mensual de dos años.
- g. **Velocidad y dirección de vientos:** Esta información es necesaria para la ubicación del área administrativa del proyecto, definir el uso cortinas de viento para el control de dispersión de olores y/o materiales o residuos volátiles.
- h. **Perfil topográfico del terreno:** Permite determinar la capacidad de volumen útil del terreno para la disposición de residuos sólidos. El método de relleno a utilizar lo define el estudio de suelos, el perfil es básicamente para determinar la capacidad volumétrica del terreno
- i. **Coficiente de permeabilidad del suelo:** Define las necesidades de impermeabilización artificial de la base y taludes del relleno sanitario, así como las bondades y/o deficiencias del uso del suelo del área como material de cobertura. Se puede determinar en campo a través de mediciones de carga variable o en laboratorio de suelos previo análisis de muestras.
- j. **Tipo de suelo:** Se determinará como mínimo a través de una evaluación in situ del suelo y mejor aun a través de muestras y análisis de laboratorio que determinen su clasificación, los resultados permiten definir el método de relleno a emplear; área, trinchera o mixto y realizar el mejor balance entre el material que se extrae y su uso dentro de las propias operaciones del relleno como material de cobertura.

4.3 Diseño del relleno sanitario manual

4.3.1 Selección del método

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario, que se describen a continuación:

Método de trinchera o zanja

Método utilizado generalmente en terrenos con pendientes planas y suelos no rocosos para su fácil excavación, donde el nivel freático se encuentra a buena profundidad.

Este método consiste en la excavación de zanjas con determinadas dimensiones, de acuerdo al diseño y a lo descrito en el expediente técnico, empleando para ello maquinaria pesada como retroexcavadora o un tractor de orugas. Previo a su uso, estas trincheras o zanjas deben ser habilitadas con dispositivos que permitan controlar y prevenir la infiltración de lixiviados mediante la impermeabilización del terreno y construcción de drenes de recolección. Los residuos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con material apropiado que cumplan con las características establecidas en la norma sanitaria vigente.

Para zonas de alta precipitación se debe tener especial cuidado en el manejo de las aguas de escorrentía, ya que pueden ingresar a las trincheras (celdas) incrementando la cantidad del líquido percolado y deteriorando el sistema, por lo que el proyecto debe considerar alternativas de manejo.

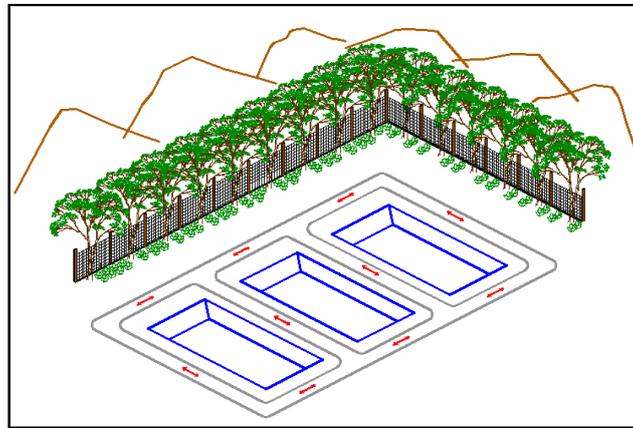


Imagen N° 8 Método de trinchera para construir un relleno sanitario.

Método de área

Método aplicado en terrenos o áreas planas a semi planas, donde no sea factible excavar zanjas o trincheras para disponer y confinar los residuos.

El suelo natural dependiendo de sus características y permeabilidad debe ser acondicionado y nivelado previo a la disposición de residuos. En estos casos, se debe tener identificado la fuente de donde se extraerá el material de cobertura según las características y cantidad necesaria. Las celdas se construirán con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno hasta la altura proyectada.

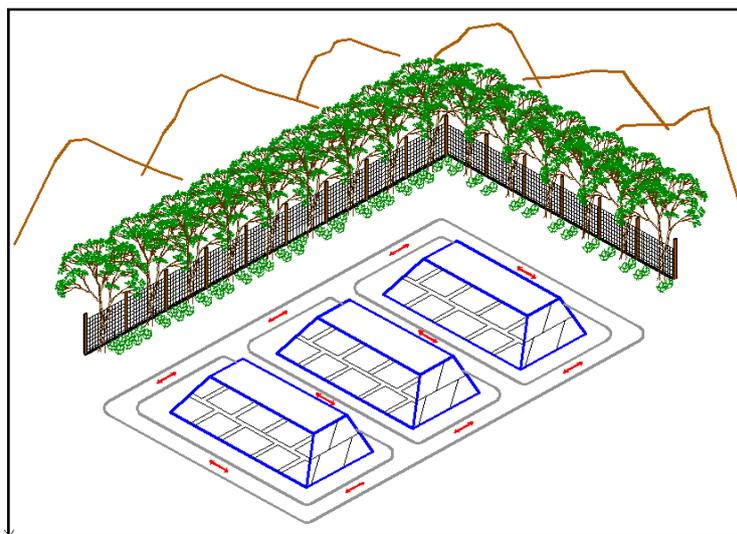


Imagen N° 9 Método de área para construir un relleno sanitario.

Combinación de ambos métodos

El método combinado se aplica en terrenos planos, donde se inicia la operación por el método de trinchera culminando por el de área. Las principales ventajas de éste método son los siguientes:

- Empleo de menor área para lograr un mayor volumen útil de disposición final.
- Busca aprovechar al máximo el material de la excavación a emplearse como cobertura.

Sin embargo, sólo es posible su aplicación en lugares donde se puede excavar sin afectar el nivel freático y el suelo cuenta con las características adecuadas para ser empleado como material de cobertura.

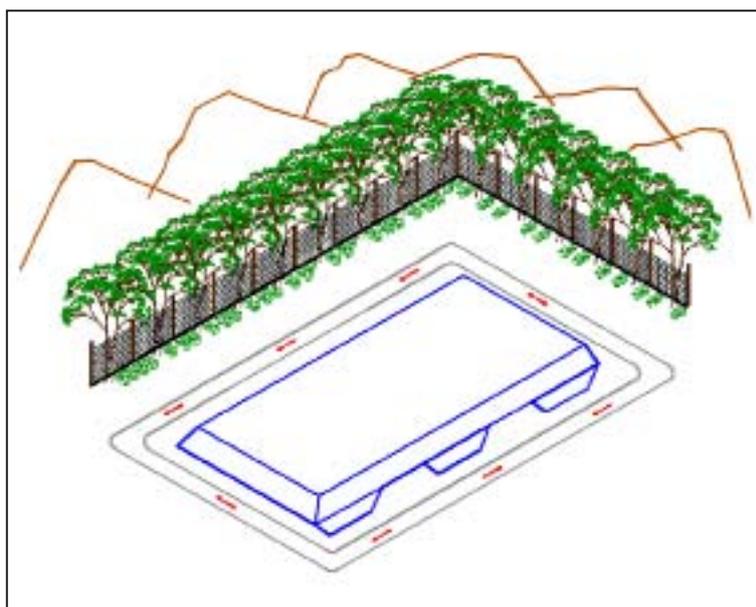


Imagen N° 10 Método combinado (área y trinchera).

4.3.2 Cálculo de la cantidad de residuos a disponer

Para definir la cantidad de residuos sólidos que se proyecta disponer en el relleno sanitario manual, es necesario conocer información demográfica de la población a la cual servirá el proyecto, tales como número de habitantes y la tasa de crecimiento poblacional, así como la generación per cápita de residuos por habitante día.

- a. **Crecimiento poblacional;** El crecimiento poblacional se puede determinar a través de métodos matemáticos. Un ejemplo de su aplicación se muestra a continuación como un crecimiento geométrico, según la fórmula siguiente:

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

Donde:

- Pf = Población futura
- Po = Población actual
- r = Tasa de crecimiento de la población
- n = $(t_{final} - t_{inicial})$ intervalo en años

Donde t = variable tiempo (en años)

Considerando los siguientes datos, estimaremos la población futura en diez (10) años.

- o Población actual: 1250 habitantes.
- o Tasa de crecimiento poblacional: 0,025

Cuadro N° 6: Proyección de la Población

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Población (Hab)	1250	1281	1313	1346	1380	1414	1450	1486	1523	1561	1600

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática - INEI.

En el cuadro anterior se aprecia el crecimiento poblacional anual, teniendo al décimo año una población aproximada de 1600 habitantes, información que será la base para la proyección de la generación total de residuos sólidos.

La tasa de crecimiento poblacional (r), se puede determinar si se conoce información intercensal, tomando como fuente las publicaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de los resultados de los Censos Nacionales de Población y Vivienda. Para la elección de la curva de crecimiento población se debe hacer una comparación, eligiéndose aquella que se asemeja más al crecimiento de la población del lugar.

- b. **Generación per cápita de residuos**

La información precisa de generación per cápita (Gpc) de residuos sólidos de una población, se obtiene como uno de los resultados del estudio de caracterización de residuos sólidos en la zona, la misma que estará en función de las condiciones socioeconómicas y hábitos de consumo de la población.

La Gpc de residuos sólidos en el Perú varía entre 0,24 a 1.0 kg/hab/día.¹⁴ Siendo el promedio de 0,53 kg/hab/día¹⁵, el valor empleado para las poblaciones urbanas.

Sin embargo, la estimación de la Gpc se podría estimar, realizando algunas mediciones de la cantidad de residuos sólidos que recolecta la municipalidad, y dividiendo dicha cantidad entre el número de habitantes.

$$Gpc \text{ (Kg/hab/día)} = CRR \text{ (kg)} / Pob \text{ (Hab)}$$

Donde:

Gpc = Generación per cápita (Kg/hab/día)
 CRR = Cantidad de residuos recolectados (kg)
 Pob = Población (Nº Hab)

Por lo tanto, la cantidad diaria total de generación de residuos sólidos se estimará multiplicando la generación per cápita por el número de habitantes de la población. A partir de este dato se proyectará la cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario manual pudiendo ser diaria, mensual, anual y durante el tiempo de vida útil de la infraestructura.

Entonces, la estimación de la cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario manual se obtendrá aplicando la siguiente fórmula:

$$CRD_{RSM} = gpc \text{ (kg/hab/día)} * Pob \text{ (Nº Hab)}$$

Donde:

Gpc = Generación per cápita (Kg/hab/día)
 Pob = Población (Nº Hab)

Tratando de ilustrar lo indicado líneas arriba, se muestra una tabla considerando (Tabla N° 04) una Gpc = 0,53 Kg/hab/día²

¹⁴ Red Peruana de Vivienda, Ambiente y Salud - Diagnostico sobre salud en la vivienda en el Perú. 2000.

¹⁵ Ministerio de Salud - Análisis Sectorial de los residuos sólidos en el Perú. 1988.

Cuadro N° 7: Proyección de la generación de residuos sólidos

Año	Población (Hab.)	Generación de Residuos (Ton/día)	Generación de Residuos (Ton/mes)	Generación de Residuos (Ton/año)
0	1250	0,66	19,9	241,8
1	1281	0,68	20,4	247,9
2	1313	0,70	20,9	254,1
3	1346	0,71	21,4	260,4
4	1380	0,73	21,9	266,9
5	1414	0,75	22,5	273,6
6	1450	0,77	23,0	280,4
7	1486	0,79	23,6	287,4
8	1523	0,81	24,2	294,6
9	1561	0,83	24,8	302,0
10	1600	0,85	25,4	309,5

Fuente: Elaboración propia

Si la municipalidad en el marco del cumplimiento de la ley, promueve la segregación de residuos sólidos en la fuente de generación, se podría reducir la cantidad de residuos que se destinan al RSM, y si se suma a ello un proyecto para la producción de compost, se reduciría aún más, y sólo llegaría al RSM aquello que no tiene valor comercial, en cuyo caso la estimación de la generación diaria variará. La tendencia del país, en el marco de alcanzar un desarrollo sostenible, debe ser minimizar la cantidad de residuos que se destinen al relleno sanitario, con lo cual, se aprovecharía por más tiempo los espacios destinados a estas infraestructuras, ampliando su vida útil proyectada.

4.3.3 Cálculo de la capacidad útil del relleno

La capacidad útil del relleno se puede definir con precisión, sólo después de contar con el diseño de la(s) celda(s) de disposición final, y luego de definir la proyección de su culminación según el método a emplear, sin embargo preliminarmente, para los fines de tomar decisiones respecto a la capacidad y área o tamaño mínimo del terreno destinada a la infraestructura se puede realizar la estimación en función de:

- El total de residuos sólidos a disponer.
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual.
- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de residuos sólidos.
- La cantidad mínima de años que es posible opere un relleno sanitario en Perú.

En tal sentido para el volumen mínimo útil (VMU) a considerarse es el equivalente a la suma de los volúmenes anuales de residuos dispuestos (VARD) de los cinco primeros años, según las consideraciones que se presenta en el siguiente cuadro y que a modo de ejemplo parte de los datos del cuadro anterior:

Cuadro N° 8: Volumen mínimo útil

Años ⁽¹⁾	Generación de residuos (Ton/año) ⁽²⁾	Densidad de residuos estabilizados (Ton/m ³) ⁽³⁾	VAR: (m ³ /Año)	Cantidad de material de cobertura (%) ⁽⁴⁾	Cantidad de material de cobertura (m ³ /Año)	VARD (m ³ /año)	VMU (m ³)
1	241,8	0,6	403,0	25,0	100,76	503,78	2648,01
2	247,9	0,6	413,1	25,0	103,27	516,37	
3	254,1	0,6	423,4	25,0	105,86	529,28	
4	260,4	0,6	434,0	25,0	108,50	542,51	
5	266,9	0,6	444,9	25,0	111,21	556,07	

Fuente: Elaboración propia

⁽¹⁾ Es el número de años que como mínimo puede operar un relleno sanitario en Perú, para ser considerado el proyecto como factible de permisos y autorizaciones.

⁽²⁾ Los datos vienen de cuadro N° 06 y han sido tomados a manera de ejemplo.

⁽³⁾ Es el valor mínimo que debe alcanzar el residuo respecto a la operación de disposición final (esparcido y compactado) para los rellenos sanitarios en el Perú y esta establecido por el D.S. 057 - PCM -2004.

⁽⁴⁾ Es un valor de referencia, que esta establecido en función del espesor de la capa de cobertura diaria a utilizar, el valor varía entre 20 y 25 % del volumen de residuos dispuestos (esparcido y compactado). Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Jorge Jaramillo Universidad de Antioquia, Colombia Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente, 2002.

VAR: Volumen anual de residuos, considera la cantidad de generación anual de residuos y la densidad mínima que debe alcanzar el residuo en el relleno sanitario.

VARD: Volumen anual de residuos dispuestos, considera la cantidad de generación anual de residuos a la densidad mínima que debe alcanzar el residuo en el relleno sanitario mas el volumen del material de cobertura.

VMU: Es el volumen mínimo que sumarán las celdas de disposición final y sobre el cual el proyecto de relleno será factible de ser debidamente autorizado.

El cálculo previo del **área útil mínimo** necesario se obtendrá como resultado de la división entre el volumen mínimo útil (**VMU**) y el espesor o la altura promedio del cuerpo de relleno que se piensa alcanzar por cualquiera de los métodos, a modo de ejemplo, para el resultado de la Tabla N° 05, el área mínima requerida considerando una altura promedio de 2.4 m será de 1103.3 m². Sin embargo cabe precisar que esta área es sólo la que exclusivamente se requiere como mínimo par fines de disposición final, siendo necesario para los otros componentes de la infraestructura contar con un área adicional, Jaramillo¹⁶ define un Factor (F) de aumento del área adicional requerida para las vías de acceso, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre el 20 a 40% del área que se deberá rellenar, en tal sentido para el ejemplo, el área total necesaria estaría en el rango entre 1324 m² y 1544 m².

¹⁶ Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud 2002.

4.3.4 Cálculo de la vida útil

La capacidad del terreno debe ser lo suficiente como para permitir su utilización por un periodo mínimo de cinco (05) años, a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de implementación y las obras de infraestructura.

La vida útil estará en función la cantidad de residuos a disponer en el RSM, la densidad de compactación del relleno, el volumen del material de cobertura, la profundidad o altura del relleno y las áreas adicionales para la infraestructura y zonas de seguridad proyectadas. También depende del área del terreno.

Es el valor de tiempo que puede ser expresado en años, meses o días que se proyecta que el relleno podrá recibir residuos sólidos, en función de la capacidad útil de diseño. Para los fines del cálculo, es necesario entonces conocer la capacidad útil de diseño (CUD) y tener los valores de los volúmenes anuales de residuos dispuestos (VARD) para una proyección de varios años.

a. La capacidad útil de diseño

Es la capacidad útil de diseño (CUD) se obtiene producto del volumen de diseño que se ha establecido para los fines del proyecto. Este tendrá que ser superior al volumen mínimo útil y la forma se definirá en función de la topografía del terreno y método de relleno a utilizar, habiéndose desarrollado varios métodos para el cálculo preciso de estos volúmenes. De los que podemos mencionar entre otros: Para volúmenes de gran longitud y poca anchura: a) el cálculo por la regla de Simpson, b) el cálculo por la regla del Prismoide y c) el cálculo a partir de las áreas externas, así mismo para volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones): los métodos de la retícula y a partir de las curvas de nivel, son los mas adecuados.

Como ejemplo en función al VMU del cuadro N° 08, 2648.01 m³, establezcamos el desarrollo de un celda de 20 m. de ancho, 65 m de largo, 2.4 m de profundidad y un talud de corte de uno (1)H en horizontal y uno (1)V en vertical, aplicando el método de las áreas externas, se generarán dos (02) áreas, la primera que estará al nivel del suelo y llamaremos **Área superior (As)** y la segunda la que estará 2.4 m debajo del nivel del suelo y la llamaremos **Área inferior (Ai)**, el calculo en resumen consiste en obtener el promedio de estas dos áreas y multiplicarlo por la distancia que los separa (**h**). La operación de cálculo se explica a través del siguiente cuadro:

Cuadro N° 9: Cálculo de la capacidad útil de diseño (CUD)

Parámetro/Formula	Unidad de Medida	Cantidad
Largo superior (Is)	m	65.00
Ancho superior (as)	m	20.00
Area superior (As) = Is x as	m ²	1300.00
Altura = h	m	2.40
Talud de la trinchera (H)		1
Talud de la trinchera (V)		1
Largo Inferior (Ii) = Is - 2 x hH	m	60.20
Ancho inferior (ai)= as - 2 x hV	m	15.20
Area Inferior (Ai) = Ii x ai	m ²	915.04

Fuente: Elaboración propia

$VUD = (As+Ai)/2 * h$	m^3	2658.05
-----------------------	-------	---------

La proyección de los volúmenes anuales de los residuos dispuestos (VARD) lo extraemos del cuadro N° 07, le insertamos una columna de (VARD) acumulado por año y le proyectamos un par de años más.

Cuadro N° 10: Volumen anual de residuos dispuestos

Año	Generación (Ton/Año)	Residuos compactados en el relleno sanitario (m^3) ₁	Residuos compactados acumulados (m^3) ₁	Material de cobertura (m^3) ₂	(VARD) acumulado (m^3)
2008	241,81	403,0	403,0	100,8	503,8
2009	247,86	413,1	816,1	204,0	1020,1
2010	254,05	423,4	1239,5	309,9	1549,4
2011	260,41	434,0	1673,6	418,4	2091,9
2012	266,92	444,9	2118,4	529,6	2648,0
2013	273,59	456,0	2574,4	643,6	3218,0
2014	280,43	467,4	3041,8	760,4	3802,2

- 1: Considera una disminución del volumen por efectos de la compactación de residuos dispuestos hasta alcanzar una densidad promedio de 0,6 tm/m³.
- 2: Considerará que el volumen del material de cobertura en promedio es 25% respecto al volumen de los residuos compactados.

El cálculo de la vida útil se define comparando el valor de la capacidad útil de diseño (CUD) con los años hacia los cuales más se aproxima y se afina el resultado mediante una regla de tres simple.

CUD =	2658.0 m³
Año 2012	2648.0 m ³
Año 2013	3218.0 m ³
N° días	m³
365	570,0
X	10,0
X =	6,4 Días
X =	0.02 Años

En tal sentido para el ejemplo, la vida útil del proyecto será de 5.02 años.

4.3.5 Cálculo de la generación de lixiviados

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color

negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos sólidos, razón principal por lo que deben ser interceptadas y desviadas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación del agua subterránea.

Para la estimación de la generación de lixiviados se cuenta con dos métodos sencillos, ampliamente aceptado para establecer un rango suficiente mente confiable respecto al volumen de lixiviados a manejar, que se presentan a continuación:

Método N° 01.- Este método utiliza el cuadro de producción de aguas lixiviadas, en situaciones diferentes, desarrollado por el Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica DED - Deutscher Entwicklungsdienst, este considera que la cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de los siguientes factores: de La precipitación, el área del relleno, el modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación) y el tipo de basura.

Cuadro N° 11: Producción de aguas lixiviadas en un relleno sanitario

Tipo de relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de la precipitación)	Producción de aguas lixiviadas (m ³ /(ha* día))		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Relleno manual	60	11,51	24,66	49,32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, DED - Deutscher Entwicklungsdienst - Ilustre Municipalidad de Loja, Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica Dirección de Higiene www.ded.org.ec www.municipioloja.com, dedecu@porta.net, iml@loja.telconet.net.

La forma de uso correcto del cuadro genera hasta dos valores, uno correspondiente a la producción de aguas lixiviadas en función del porcentaje de la precipitación y un segundo valor en función de un factor de generación, para ambos casos se expresa en m³/año.

Cuadro N° 12: Producción de aguas lixiviadas en función del porcentaje de la precipitación (pp)

Pp Anual (mm)	Área del Relleno (Has)*	Modo de Operación (Tipo de relleno)	Tipo de residuo	Producción de Aguas Lixiviadas (% de la Pp)	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /año)	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /día)
738.4	0.0219	Relleno Manual; sistema de compactación: Pisón o rodillo manual.	Doméstico e industrial no peligroso.	60	97.0	0.266

*Avance anual de capa típica: tamaño de celda diaria x 365 días.

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, DED - Deutscher Entwicklungsdienst - Ilustre Municipalidad de Loja, Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica Dirección de Higiene www.ded.org.ec www.municipioloja.com, dedecu@porta.net, iml@loja.telconet.net.

Cuadro N° 13: Producción de aguas lixiviadas en función del factor de generación

Modo de Operación (Tipo de relleno)	Pp Anual (mm)	Factor de generación (m ³ /ha* día)	Área del Relleno (Has)*	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /día)	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /año)
Relleno Manual	738.4	11.51	0.0219	0.25	92.0

*Avance anual de capa típica: tamaño de celda diaria x 365 días.

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, DED - Deutscher Entwicklungsdienst - Ilustre Municipalidad de Loja, Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica Dirección de Higiene www.ded.org.ec www.municipioloja.com, dedecu@porta.net, iml@loja.telconet.net.

Método N° 02.- Otro método para la estimación de la generación de lixiviados es el conocido como **Método Suizo**, que se resume en la ecuación:

$$Q = 1/t \text{ PxAxK}$$

Donde:

- Q** = Caudal medio de lixiviado (l/seg)
- P** = Precipitación media anual (mm/año)
- A** = Área superficial del relleno (m²)
- t** = Número de segundos en un año (31536000 seg/año)
- K** = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de **0.4 a 0.7 ton/m³**, se estima una producción de lixiviado entre **25 y 50%** (K= 0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico **> 0.7 ton/m³**, se estima una generación de lixiviado entre **15 y 25%** (K= 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Siendo la operación manual del relleno, su característica en general será de débil compactación (hasta 0.6 ton/m³) con lo que el rango de generación de lixiviados será entre 25 y 50 % de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Para la captación y evacuación de lixiviados se debe instalar drenes en la base de la infraestructura y al pie de los taludes de cada plataforma, considerando las siguientes características:

1. En la base de la infraestructura serán dispuestos en forma de espina de pescado, aprovechando el sistema de drenaje natural u otras formas;
2. Los drenes deben tener tuberías perforadas.
3. La pendiente longitudinal mínima del dren será de 2 %.
4. Las dimensiones deben ser compatibles con los caudales esperados de lixiviados.
5. La capa del material drenante debe ser de espesor no inferior a 0.30 m. con un

coeficiente de permeabilidad no inferior a 10-2 cm/s, debiéndose asegurar que las cargas hidráulicas sobre el sistema de impermeabilización serán inferiores a 0.30 m.

Los drenes serán conectados a un sistema de almacenamiento de lixiviados, para su respectivo tratamiento mediante un sistema que minimice a límites permisibles su poder contaminante, se puede considerar la recirculación o inyección de lixiviados en la infraestructura sólo si ésta no implica un deterioro en la estabilidad estructural de la instalación, ni un incremento de la aparición de líquidos en los taludes de la infraestructura.

La inyección de lixiviados se deberá realizar a través de sistemas de recirculación especialmente implementados para tales efectos y que permitan su distribución homogénea en la masa de residuos, no se debe utilizar para tal actividad el sistema de evacuación del biogás (drenes verticales).

4.3.6. Cálculo de la generación de gases

Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los residuos sólidos, no sólo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

La **aerobia** es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

La **anaerobia**, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir.

Parte importante de los residuos que se dispone en el relleno es materia orgánica biodegradable, lo que produce emisiones gaseosas debido a la descomposición de la materia orgánica denominado en general gases de relleno, la cantidad de gas producido por un relleno se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$G_{\max} = 1.868 \cdot C_{\text{org}} \cdot (0.014T + 0.28) \cdot (1 - 10^{-kt})$$

Donde:

C_{org}: Contenido de carbón orgánico en la basura (entre 17-22% en la basura no separada y entre 2-10% en la no biodegradable clasificada)

T: Temperatura (°C); la temperatura dentro del cuerpo de basura se puede estimar con un promedio de 30 °C, debido a los procesos exotérmicos de biodegradación.

K: Constante de Biodegradación (entre 0.025 -0.05; en general se encuentra entre 0.035 -0.04) Esta fórmula describe la producción máxima teórica de gas de relleno, es decir no considera las pérdidas de carbón orgánico debido a la biodegradación aeróbica y la producción de aguas lixiviadas. Además, existe siempre un cierto porcentaje de carbón orgánico que no se convierte en gas de relleno. Estas pérdidas se calculan según los siguientes factores.¹⁷

$$G = G_{\max} \cdot f_{a0} \cdot f_a \cdot f_o$$

f_{a0}: Factor de pérdidas iniciales (porcentaje de carbón orgánico que no se pierde durante la

¹⁷ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales, Servicio Alemán de Cooperación Social – Técnica, DED-Entwicklungsdienst, Loja Ecuador, 2002.

primera fase de fermentación aeróbica) este valor se aproxima a 0.80, para las condiciones de: construcción del relleno en capas delgadas, exposición de los residuos al aire libre o crecimiento lento del cuerpo del relleno, y se aproxima a 0.95 en condiciones de construcción del relleno en capas espesas, cubierta inmediata de los residuos y elevación rápida del cuerpo del relleno.

fa: Porcentaje de carbón orgánico que se transforma en gas de relleno (CO₂ ó CH₄), este factor tiene un valor promedio de 0.70

fo: Factor de optimización que considera la tecnología del manejo del relleno (especialmente compactación y cobertura diaria), tiene un valor próximo a 0.65 cuando se presenta condiciones de mala compactación, falta de cubierta diaria y alta precipitación y es 0.80 en condiciones de: construcción del relleno en capas delgadas, cobertura inmediata de la basura, buena compactación, baja precipitación y recirculación de lixiviados.

Cuando se utiliza esta fórmula hay que tomar en consideración que resulta en una curva de suma, debido a que se añade cada año el gas producido por los residuos nuevos recepcionados, mientras que los residuos anteriormente dispuestos siguen produciendo gas de relleno.

Modelos de cálculo de biogás

También puede calcularse la proyección de generación de gas de relleno, a través del desarrollo del Modelo de Biogás Mexicano o el Modelo Centroamericano en colaboración con la Agencia Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) para ayudar a operadores y dueños de rellenos sanitarios, usuarios finales de biogás y otros grupos interesados en Centro América a evaluar la viabilidad y los beneficios en la captación y uso del biogás como fuente de energía. El Modelo de Biogás Centroamericano proyecta la generación y recuperación de biogás máxima de cada relleno sanitario basándose en factores tales como la cantidad de residuos sólidos depositados en el relleno sanitario, cantidad anual de residuos sólidos recibidos, el índice de generación de metano (k), y el potencial de generación de metano (L0). La U.S. EPA colaboró con cada país de la región para recolectar información para desarrollar variables predeterminadas específicas a cada país para los constantes de entrada k y L0. El Modelo requiere información específica de cada relleno sanitario para otras variables incluyendo los años de apertura y cierre del relleno, las cantidades de residuos sólidos depositados, y la eficacia de captación. La U.S. EPA desarrolló un nuevo módulo como parte de este Modelo para ayudar a los usuarios estimar el potencial de la eficacia de captación de un relleno sanitario con precisión.

El Modelo de Biogás Centroamericano, una hoja de cálculo de Excel, se basa en el Modelo de Emisiones de Biogás (LandGEM por sus siglas en inglés) de los EE.UU. e incorpora aspectos del Modelo de Biogás Mexicano, el Método de CDM AM00255 y el Modelo de Desechos IPCC. Una comparación de los resultados del modelo muestra que el Modelo de Biogás Centroamericano provee estimados de generación de biogás que se encuentran aproximadamente en el medio de los resultados arrojados por el Método CDM y el Modelo de Desechos IPCC. Ambos, el Modelo y su manual pueden ser descargados del siguiente enlace web <http://www.epa.gov/lmop/international.htm#ca>.

Para controlar la migración del biogás generado en una IDF - RS, se debe diseñar un sistema de evacuación vertical, el mismo que debe estar conectado al sistema de drenaje de lixiviados ubicado en la base de la infraestructura. Para la recolección y evacuación de gases se utilizarán chimeneas, las mismas que deben reunir las siguientes características:

- Sección cuadrada de 0,30 metros por 0,30 metros como mínimo, de altura variable en función de la altura de la infraestructura y distribuidas en forma equidistante cada 30 m como máximo.
- Los materiales a utilizar serán soportes de material resistente a la corrosión, malla metálica tipo gallinero y piedras con un tamaño máximo de 0,15 m.
- Asimismo, se podrá utilizar tuberías perforadas de 0,15 m de diámetro como mínimo y de material resistente a la acción físico-química de los residuos; La emisión final a la atmósfera debe concluir en un quemador para la combustión del biogás. El accesorio de combustión estará ubicado a una altura mínima de 2,00 m por encima del nivel final de la infraestructura.

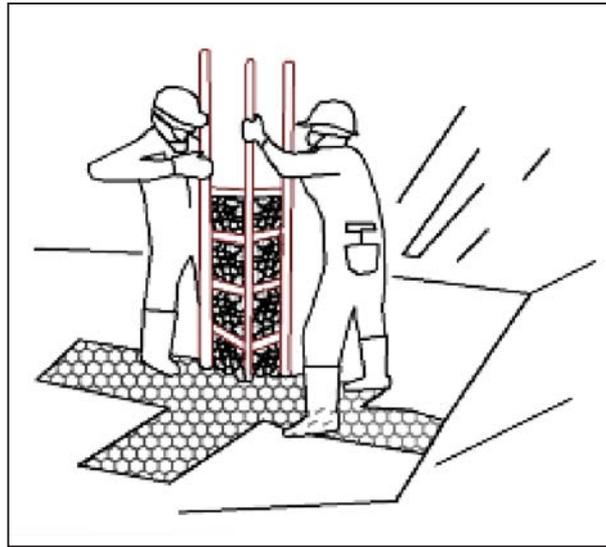


Imagen N° 11 Instalación de chimeneas para drenaje de gases.

4.3.7. Cálculo del caudal de escorrentía superficial

Dependiendo de condiciones climáticas de la zona del proyecto, previo análisis de la información meteorológica, se considerará la implementación de sistemas de captación de aguas de escorrentía superficial como parte de la IDF.

Para interceptar y desviar el escurrimiento de las aguas de lluvia que podrían ingresar a la infraestructura, se proyectarán canales, temporales y permanentes, de acuerdo a las condiciones de precipitación, área tributaria, tipo de suelo, vegetación, topografía, entre otros. Los canales permanentes servirán como drenes internos para impedir que las aguas de lluvia que caen dentro de la infraestructura ingresen a las celdas. El canal de drenaje de aguas de lluvia debe considerar los siguientes criterios técnicos:

- Escorrentías generadas por una precipitación de 24 horas de duración y con período de retorno de 25 años.
- Sección trapezoidal, con dimensiones mínimas de 0,30 m en la base y 0,5 m de profundidad.
- Pendiente máxima de 4% en suelos fácilmente erosionables o donde sea inevitable construir los canales con pendientes mayores al 4%, éstos deberán ser revestidos.
- La distancia mínima del canal permanente respecto al límite del área de disposición será de 3,0 m.
- Para facilitar el escurrimiento de las aguas de lluvia, las superficies expuestas de las celdas deben tener una pendiente mínima de 2% con dirección al canal.

Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar, con el fin de establecer las características de los drenajes perimetrales y las obras necesarias, considerando la máxima precipitación anual para el diseño. Así se minimizará la producción del líquido lixiviado o percolado y se evitará la contaminación de las aguas.

Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario suelen escurrirse hasta él, lo que dificulta la operación del relleno. Interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia por medio de un canal perimetral fuera del relleno sanitario es un elemento importante de la infraestructura, que contribuirá a reducir el volumen del líquido percolado y mejorar las condiciones de operación. Es necesario construir un canal en tierra o suelo-cemento de forma trapezoidal y dimensionarlo teniendo en cuenta las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno.

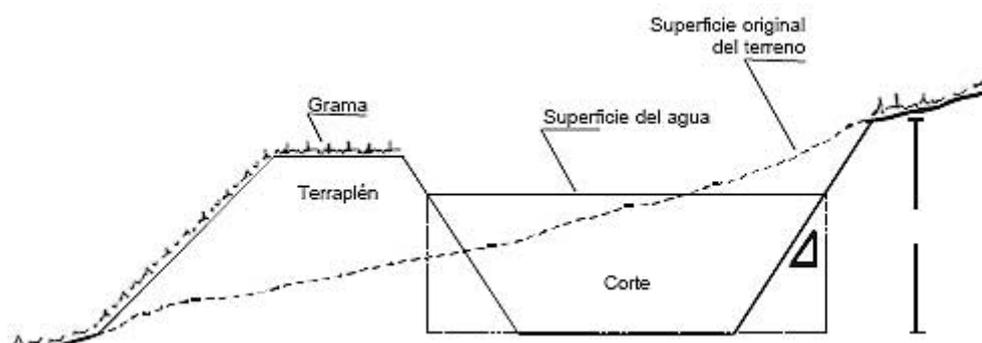


Imagen N° 12 Detalle de la sección transversal del canal trapezoidal.

Para una pequeña cuenca se recomienda usar un canal con las dimensiones que presenta la imagen N°12. No obstante, si así lo estima el ingeniero y si debido a las características del lugar se requiere mayor precisión, se puede calcular el caudal que aporta la cuenca mediante el método racional y las dimensiones del canal según la siguiente fórmula.

$$Q_p = K_i \times A_d / 3,6 \times 10_6$$

Donde:

Q_p	=	Caudal que ingresa o máximo escurrimiento [m^3/seg]
K	=	Coefficiente de escurrimiento.
i	=	Intensidad de la lluvia para una duración igual [$mm/hora$]
A_d	=	Área de la cuenca [m^2]
t_c	=	Tiempo de concentración [min]

El canal debe ser trazado por la curva de nivel más alta a la que llegará el borde del relleno sanitario y deberá garantizar una velocidad máxima promedio de 0,5 metros por segundo, que no provoque erosión excesiva; el tamaño de la sección del canal se podrá calcular usando la siguiente ecuación:

$$A = Q_p/v$$

Donde:

A	=	Área de la sección de la zanja [m^2]
v	=	Velocidad máxima promedio [m/seg]

Una vez hallada el área de la sección, se deciden las dimensiones, sobre la base de las recomendaciones anteriores.

4.3.8 Distribución general de la infraestructura

La distribución general debe definir la ubicación y dimensiones de los componentes de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos, siguientes:

- a. **Área para administración y control de ingreso de residuos;** el mismo que en su mínima expresión puede ser un ambiente para el almacén de herramientas, servicios higiénicos y una caseta o garita de control.
- b. **Vía de acceso interna;** la que tendrá como mínimo 3 m. de ancho y características para el tránsito pesado y cunetas laterales para zonas con condiciones de alta precipitación.
- c. **Sector de operación;** el cual estará conformado por las celdas de disposición final en cualquiera de sus métodos (área, trinchera o mixta), drenes de recolección e instalación de almacenamiento de lixiviados.
- d. **Área para el abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura;** área asignada de la cual se extraerá el material para fines de cobertura del relleno sanitario o área en el cual se depositará el material de préstamo provenientes de otras canteras.
- e. **Barrera sanitaria;** es un área perimetral en donde se implementarán barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.
- f. **Zona de seguridad;** área libres internas del terreno que no pertenecen a la barrera sanitaria y en donde no se implementará ninguna instalación, en la misma que el personal puede ubicarse en caso de emergencias.

Construcción del relleno sanitario

5.1 Secuencia de actividades para la construcción y operación de un relleno sanitario

En el cuadro que se muestra a continuación se resume las etapas para la construcción y operación de un relleno sanitario.

Cuadro N° 14: Secuencia de actividades para la construcción y operación de un relleno sanitario

Etapa	Características
A. SELECCION DEL SITIO	
Estudio de selección del terreno (opciones)	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y evaluación preliminar de Áreas (Pre- selección de Áreas). • Estudios de Selección de área para futuro relleno sanitario manual. • Informe de Opinión Técnica Favorable de la autoridad de salud local.
B. ADQUISICION DEL TERRENO	Adquisición y saneamiento físico legal del terreno.
C. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	Aprobación por la Dirección General de Salud Ambientlal - DIGESA.
D. PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA (Expediente Técnico)	Opinión técnica favorable por la Dirección General de Salud Ambientlal - DIGESA. Aprobación de proyectopor la municipalidad provincial correspondiente.
E. CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA	Licencia de construcción.
	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del sitio. • Proceso constructivo: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Construcción de trincheras. ➤ Construcción de drenes de lixiviados en trincheras. ➤ Construcción de drenes de lixiviados en plataformas. ➤ Construcción de celdas. ➤ Construcción de chimeneas.
Operación	Autorización de funcionamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Control de acceso. • Operación de dispersión y compactación de residuos. • Operación de conformación de la celda. • Operaciones de cobertura de residuos. • Operación y mantenimiento de maquinarias y equipos. • Gestión de aguas superficiales.

Continúa...

Etapa	Características
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> • Control de fuego. • Control de plagas. • Control de materiales ligeros. • Control y monitoreo de lixiviados. • Control y monitoreo de gas. • Manejo de registros.

5.2 Preparación del sitio seleccionado

La preparación del terreno es indispensable para permitir la construcción de la infraestructura básica del relleno, recibir y disponer los residuos sólidos en una forma ordenada y con el menor impacto posible, del mismo modo facilitar las obras complementarias del relleno sanitario.

5.2.1 Limpieza y desmonte

El desmonte y despálme conlleva a realizar las operaciones siguientes:

- a) Corte de árboles y arbustos.
- b) Quitar maleza, hierbas o residuos de las siembras.
- c) Sacar los troncos y tocones con todo y raíces o cortando éstas.
- d) Retirar o estibar el producto del desmonte al lugar que se indique, así como quemar lo utilizable.

El trabajo de desmonte generalmente se efectúa con la ayuda de maquinaria pesada y a mano en algunos casos. Cuando se trata de vegetación arbórea tupida hay necesidad de cortar los árboles y cuando se trata de arbustos ralos se utiliza maquinaria por que ofrece mayor ventaja (Ver Imagen N° 13).

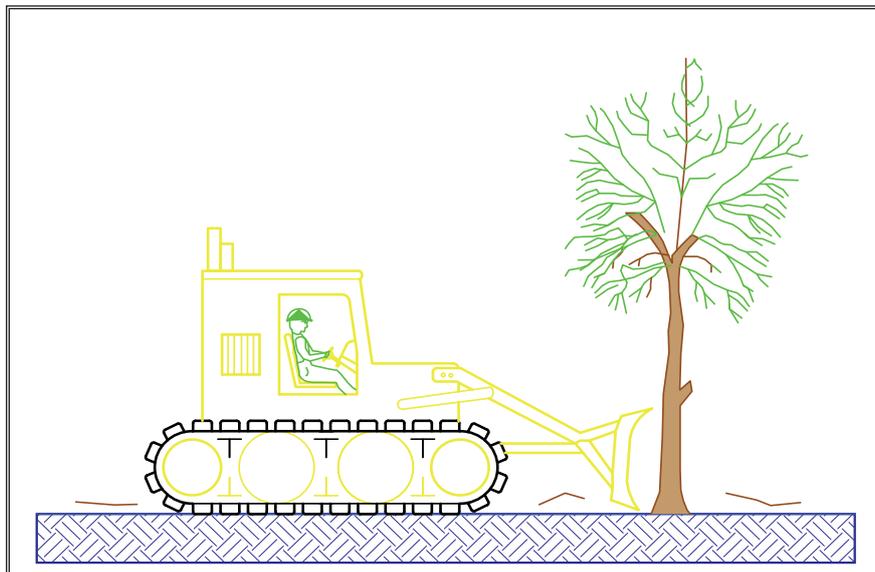


Imagen N° 13 Limpieza, desmonte y despálme

Para fines de desmonte se consideran los siguientes tipos de vegetación:

- a) Manglar
- b) Selva o bosque
- c) Monte de regiones áridas o semiáridas
- d) Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.

La vegetación tipo manglar es la constituida predominantemente por mangles y demás espacios de raíces aéreas típicas de los esteros y pantanos de los climas cálidos. Mientras que la vegetación tipo selva es la constituida por árboles, arbustos, hierbas, palmeras; típicos de la regiones calidas y húmedas. Son ejemplos de vegetación selvática las palmeras, amates, ceibas, mangos, cedros.

La vegetación tipo bosque es predominante constituida por árboles típicos de las zonas altas de clima templado o frío, como por ejemplo: eucaliptos y podocarpáceas.

La vegetación de monte de regiones áridas o semiáridas es la constituida por especies predominantemente arbustivas y herbáceas, además de los árboles de poca altura y como ejemplo están: zapote costeño, tara, algarrobo, etc.

La vegetación de monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales se caracteriza por estar constituida por cactáceas, tillandsiales, vegetación de sembradío.

Densidad de desmonte:

La vegetación de cualquier tipo de desmonte puede ser más o menos tupida, por ello, debe tomarse en cuenta su densidad para la evaluación y pago de este trabajo.

Cuadro N° 15: Densidad de desmonte

Item	Tipo	Densidad
A	Manglar	Siempre 100%
B	Selva o bosque	100 m ² / Ha
C	Semi - árido	50 m ² / Ha
D	Desértico	Siempre 100%

5.2.2 Tratamiento del suelo soporte

Nivelación

La nivelación preparatoria es el proceso de igualar el terreno o superficie, es decir poner a igual altura dos puntos del terreno, se ejecuta una vez completado los procesos de desmonte, deshierbe y excavación de tierra, se realizara principalmente en la construcción de los caminos internos y externos, el sistemas de drenaje y otras instalaciones de apoyo al relleno sanitario que lo requieran.

Los planes de nivelación preparatoria deben desarrollarse de acuerdo al diseño del drenaje del sitio, las medidas de control de la erosión y las rutas de acceso. Los planos deben mostrar elevaciones del contorno de todas las zonas modificadas y deben establecer criterios para las pendientes mínimas y máximas en todas las áreas de corte y de relleno. Es importante que las pendientes e inclinaciones de la base del relleno sanitario se desarrollen sólo después de considerar cuidadosamente las condiciones subsuperficiales (por ejemplo, tipo y profundidad del suelo con respecto al nivel freático) y el drenaje del área.

En caso de construir un relleno sanitario con revestimiento impermeable y con un sistema para el manejo del lixiviado, el fondo del relleno sanitario debe tener una pendiente para facilitar la recolección de lixiviado. Se recomienda una pendiente mínima de 2%. Para rellenos no revestidos, la nivelación preparatoria es menos crítica pero debe hacerse de acuerdo al plan de diseño a fin de eliminar irregularidades superficiales, controlar la escorrentía y prevenir el estancamiento.

Drenaje

No se ubicará el relleno sanitario sobre un terreno pantanoso, una pequeña corriente o nacimiento de agua, o donde la napa freática se encuentre muy somera.

Cortes y conformación de taludes

Cortes

Son las excavaciones o remoción de los materiales, realizadas en el terreno natural, en la ampliación o abatimiento de taludes, en derrumbes y en rebajes de terraplenes. (Ver Imagen N° 14).

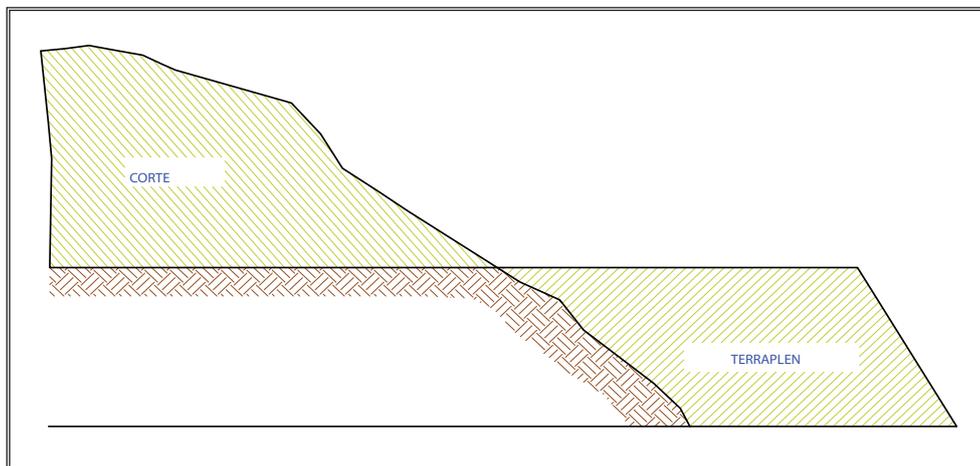


Imagen N° 14 Cortes y terraplenes.

Los materiales excavados de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasifican en:

Material A:

Es el blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con tractor de orugas de 90 a 110 HP de potencia en la barra – sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque podrían utilizarse ambos para mejores rendimientos. Los materiales clasificables como material "A" son los suelos poco o nada cementados con partículas menores de 7.5 cm. de diámetro.

Material B:

Es el que por la dificultad de extracción y carga sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable de 140 a 160 HP en la barra o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen para incrementar el rendimiento, bien que pueda ser aflojado con arado de 6 toneladas remolcado por tractor de orugas de las características mencionadas. Además, se consideran como material "B" a las piedras sueltas menores de $1/2 \text{ m}^3$ y mayores de 20 cm. de lado. Los materiales comúnmente clasificables como material "B" son las rocas muy alteradas, conglomerados mediante cementados, areniscas blandas y tepetates.

Material C:

Es el que por su dificultad de extracción sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos de detonación rápida; también se consideran como material "C" las piedras sueltas que aisladamente cubiquen más de 1 m³. Entre los materiales clasificables como material "C" están las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados y fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

En la clasificación de materiales se observarán las siguientes disposiciones:

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado en su extracción y carga, ajustándolo al que corresponda de los materiales "A", "B" y "C". Siempre se mencionarán los tres tipos de materiales para determinar claramente de cual se trata en la siguiente forma: 20 - 30 - 50 que quiere decir 20% de material "A", 30% de material "B" y 50% de material "C". Es decir que cada material se clasificará por separado y en proporción a su volumen se clasificará el total.

Cuando no sea posible hacer la clasificación de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo el volumen una clasificación representativa de la dificultad de extracción y carga considerando siempre los tres materiales aunque para alguno de ellos corresponda 00.

Cuando el volumen por clasificar esté formado por material "C" alternado con otros de menor clasificación en proporción tal que el material "C" constituya por lo menos el 75 % del volumen total, el conjunto se considerará como material "C".

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán procurando seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte.

Al hacer las excavaciones, particularmente cuando se emplean explosivos, se evitará hasta donde sea posible aflojar el material en los taludes.

La medición de los volúmenes se hará tomando como unidad al metro cúbico. El resultado se considerará redondeando a la unidad.

Debido a las grandes variaciones en el tipo y disposición de los materiales, será indispensable analizar la estabilidad del terreno para definir el talud más apropiado. Se puede establecer como norma que para un corte de más de 7 m. de altura, se deberá realizar el estudio de estabilidad con base en principios de la geotecnia. Para alturas menores, casi siempre se podrá definir el talud con base en la clasificación de las rocas y suelos y en el estado de disposición de los materiales de corte.

Para un corte de baja altura (menor a 5 metros), se puede recomendar un único talud; para alturas mayores, sería mejor tener dos taludes diferentes, mientras que en otros casos será necesaria la construcción de bermas o banquetas intermedias.

Los taludes del terreno se dejan de tal manera que no causen erosión y puedan darle una buena estabilidad al relleno. Estos pueden ser desde verticales hasta del tipo 3:1 (horizontal: vertical), dependiendo del tipo de suelo.

La superficie de las terrazas o terraplenes deberá tener una pendiente del 2% con respecto a los taludes interiores, a fin de conducir las aguas de lixiviado a las zanjas de drenaje y evitar encharcamientos cuando se usen como vías temporales de acceso; lo anterior contribuye también a brindar estabilidad a la obra.

Las zanjas podrán tener forma trapezoidal, cuadrada o rectangular, dependiendo de las condiciones del suelo. La separación entre ellas será de 0.5 a 1 m., según se requiera para garantizar su estabilidad mientras permanecen vacías.

Préstamos

Son excavaciones que se ejecutan en los lugares fijados en el proyecto a fin de obtener el material de cubierta.

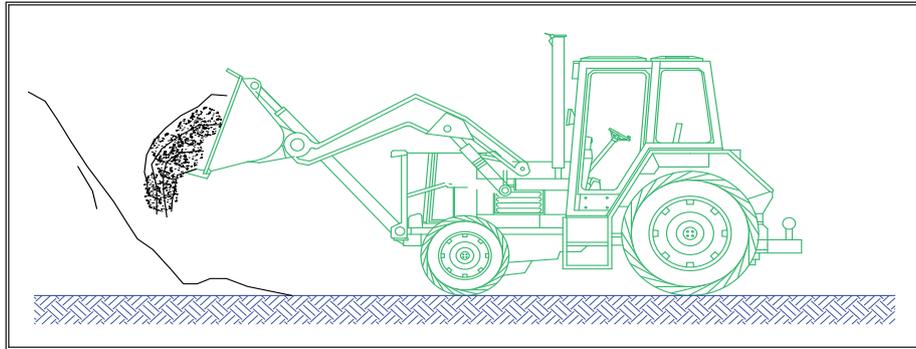


Imagen N° 15 Préstamos.

Para iniciar el ataque en un préstamo, previamente se despalmará la superficie por atacar, desalojando la capa superficial de terreno natural que por sus características no sea adecuada para ser utilizada como material de cobertura. Los despalmes sólo se ejecutarán en material "A". El despalme se iniciará después de que se haya efectuado el seccionamiento de la superficie probable de ataque, y el material producto del despalme se colocará en el lugar que se indique. Se procurará que durante el ataque no se alteren ni modifiquen las referencias y bancos del nivel del seccionamiento.

Una vez despalmados los préstamos se seleccionarán nuevamente antes de ser atacados dejando las referencias y los bancos de nivel a distancias tales del lugar de ataque y de trabajo que no vayan a ser destruidos o alterados.

La ubicación y las dimensiones de los préstamos serán fijados en cada caso en el proyecto. Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto; siempre la excavación será en material apropiado y en la forma más regular posible a fin de facilitar su medición.

La medición del material producto del despalme del sitio de préstamo se hará tomando como unidad del metro cúbico y se empleará el sistema del promedio de las áreas extremas y su resultado se redondeará a la unidad. Para los materiales de préstamo se tomará como unidad el metro cúbico para cada uno de los materiales según su clasificación, seccionando la excavación misma y usando el método del promedio de las áreas extremas en distancias de 20 metros o menores sin la configuración del terreno así lo exige, el resultado se redondeará a la unidad para cada material. La excavación de los préstamos se pagará a los precios fijados previamente para el metro cúbico de materiales "A", "B" o "C" y en este precio se incluye la extracción, remoción, carga, acarreo libre, colocación del material en el terraplén, recortante de cuñas y afinamiento del terraplén.

Acarreos

Transporte del material producto de las excavaciones de cortes, adicionales bajo la sub-rasante, aplicación o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes, escalones o despalmes, préstamos, derrumbes o canales para construir un terraplén o efectuar un desperdicio.

Todos los materiales deben tener un acarreo libre de 20 metros a partir del cual su transporte se considerará como sobre acarreado.

5.3 Proceso constructivo

5.3.1 Método constructivo

Tipo de terreno

Para el proceso constructivo en la caso de la región de la costa y de la selva hay que tomar en cuenta el uso de material de impermeabilización como también considerar el tipo de material mas grueso.

En el caso de las zonas desérticas como departamentos de la costa, es importante considerar los taludes o pendientes de excavación del suelo.

Asimismo las zonas de mayor frecuencia sísmica como la región de la costa debemos tener en cuenta las zonas más vulnerables donde podría tener un riesgo el proceso constructivo, para así tomar las previsiones del caso.

5.3.2 Construcción de trincheras

Se realizarán trabajos de movimiento de tierras, ejecutando excavaciones en el terreno hasta llegar a los niveles establecidos en los perfiles.

Se nivelará y compactará el fondo y paredes de la trinchera, dejándolo listo para recibir su impermeabilización, la cual puede ser mediante el uso de geomembranas de HPDE (espesor recomendado 1mm), y una protección con el empleo de geotextiles.

Las geomembranas y geotextiles son empotradas en sus extremos al terreno de fundación en la parte superior de las trincheras mediante dados de anclaje (50 x 50 cm. aprox.); rellenos con material propio de la zona.

El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común en América, a continuación presentaremos una forma de poner este material para lograr esta condición impermeabilizante. Sobre el terreno emparejado se colocarán 0,60 m de material arcilloso, homogéneo, sin contenido orgánico, con no menos de 40% e su peso seco que pase la malla A.S.T.M. N° 200. Este material se colocará en capas de 0,20 o 0,30 m., con una humedad algo mayor que la óptima determinada por el ensayo Proctor Modificado compactándose cada capa con rodillo, pata de cabra o similar hasta obtener una densidad seca no inferior al 90% de la densidad seca máxima establecida por el ensayo citado. El coeficiente de permeabilidad en el laboratorio para el material arcilloso no será superior a $K = 10^{-6}$ cm/seg.

5.3.3 Construcción de drenes de lixiviados en trincheras

Se construirán drenes de lixiviados en el interior de las trincheras en toda su dimensión mayor (largo de la trinchera) para la captación y conducción de los lixiviados hacia la poza de captación, las dimensiones en el diseño de los drenes de lixiviados estar de acuerdo a las estimaciones de producción de lixiviado; estos drenes pueden ser alternativamente impermeabilizadas con geomembranas de polietileno de alta densidad - HPDE por sus siglas en ingles (de 1mm de espesor aprox.) y protegidas con geotextiles, o impermeabilizadas con arcilla siguiendo el mismo procedimiento de la construcción de trincheras; el componente principal del dren comprende su interior que está constituido con piedra seleccionada de 4" a 6" de diámetro aproximadamente, el cual estará cubierto con geodren que permite el paso del lixiviado aislando el dren de los residuos sólidos.

Existe la posibilidad de usar tubería perforada en la conformación del dren de lixiviados, esta tubería debe estar protegida por una capa de grava de menor diámetro para evitar daños a la tubería.

5.3.4 Construcción de drenes de lixiviados en plataformas

Se construirán drenes de lixiviados en el exterior de las plataformas, en todo lo largo a pie de talud, se captarán y conducirán a los lixiviados hacia la poza de captación, serán impermeabilizadas con geomembranas de HPDE (de 1 mm de espesor aprox.) y protegidas con geotextiles; en su interior estarán constituidas con piedra seleccionada (de 6" a 8" de diámetro aproximadamente).

Los drenes de lixiviados conducirán a una poza de captación donde posterior a su almacenamiento en un período de tiempo corto, será recirculado dentro de las trincheras y plataformas de disposición final, de haberse optado por dicha estrategia.

5.3.5 Construcción de celdas

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra) debidamente compactados mediante un equipo mecánico.

Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario seleccionado. En este ítem desarrollaremos las pautas principales a tomarse en consideración para la construcción de las celdas de trabajo.

Dimensiones:

Las dimensiones de la celda de trabajo diario han quedado previamente establecidas durante la etapa de diseño; considerándose entre los principales elementos de la celda los siguientes: altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

Conformación de las celdas de trabajo diario:

El ancho mínimo de las celdas (mínimo frente de trabajo), dependerá de la longitud de la cuchilla del equipo que se emplee en la construcción de las celdas. Es recomendable que dicho ancho sea de 2 a 2.5 veces el largo de la maquinaria empleada para esparcir y compactar los residuos finalmente dispuestos; facilitando de esta manera las maniobras de los vehículos. En los métodos de trinchera existe únicamente un frente de trabajo. En el método de área o combinado pueden existir 2 frentes de trabajo.

Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avance 3 metros de forma horizontal, lo cual proporciona un mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor contención y estabilidad del relleno.

Para la construcción de las celdas de trabajo se deberá apoyar cada celda en el talud del terreno natural o en las paredes de la trinchera y durante el avance sobre la celda ya terminada, esto con la finalidad de brindarle más estabilidad al relleno.

Cobertura

Se recomienda un espesor de 0.15 a 0.20 m. compactados de tierra entre los niveles de celdas y de 0.60 m. de tierra en la capa final. La cobertura final se realizará en dos etapas, con capas de 0.30 m. y a intervalos de un mes, con finalidad de cubrir posibles asentamientos que se produzcan en la superficie.

A continuación se detallan algunas consideraciones para llevar a cabo la cobertura del relleno de acuerdo al tipo:

- a) Relleno sanitario de área
Si el material para cobertura es extraído del mismo lugar se ahorrarían costos en su transporte. Se recomienda que dicha extracción se realice en época de estiaje y el material obtenido sea acumulado contiguo al área destinada para la construcción de las celdas.
- b) Relleno sanitario de trinchera
Es un hecho que al trabajar con este método el material de cobertura se encuentra garantizado; se recomienda acumular el material extraído a un lado de la trinchera o sobre otra ya rellena.

5.3.6 Construcción de chimeneas

Las chimeneas generalmente serán construidas a manera de ventilación de piedras o con tubería perforada de concreto (revestida con piedras) cuya finalidad será evacuar los gases producidos por la degradación bacteriana de la materia orgánica presente al interior del relleno sanitario. Las chimeneas estarán conectadas con los drenajes para lixiviados que se encuentran en el fondo con la finalidad de hacer más eficiente al sistema.

Se recomienda que las chimeneas tengan un diámetro de 0.30 a 0.50 m con una radio de influencia de 20 m.

Las chimeneas se culminan colocando un cilindro metálico cortado por la mitad debiéndose mantener en buen estado y protegidas a 0.40 m. sobre el nivel del perfil terminado (ver imagen N° 16).

Por ningún motivo se deberá clausurar una chimenea antes de su tratamiento, se deberá proceder a la combustión previa instalación de un quemador por lo menos a 1.5 m sobre la superficie final del relleno.

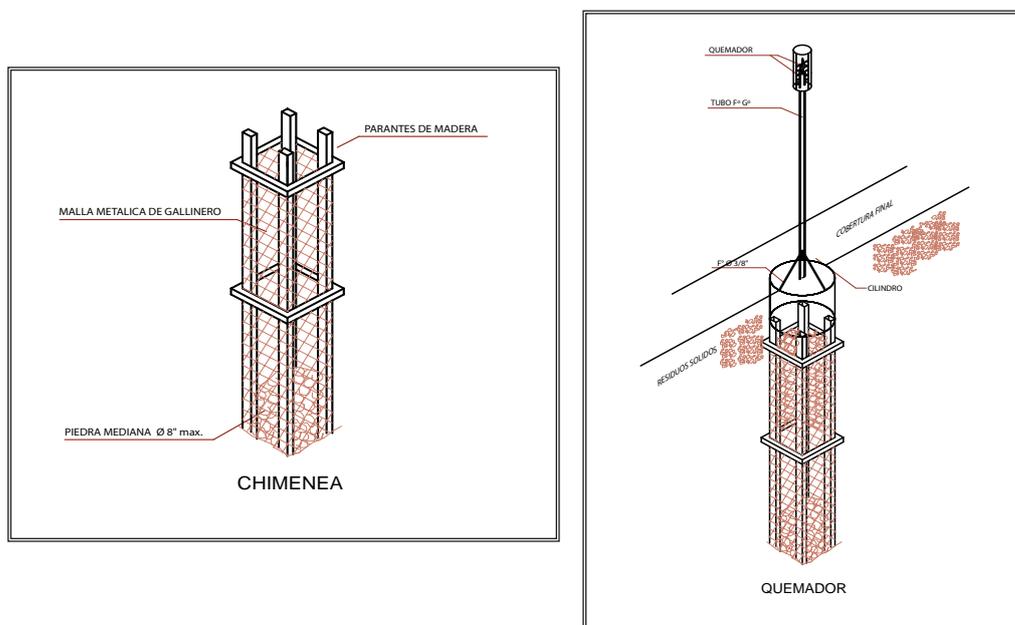


Imagen N° 20 Construcción de chimenea - instalación de quemador.

Operación del relleno sanitario

El relleno sanitario manual debe contar con un plan de operaciones, el mismo que debe ser de conocimiento del personal de la IDF.

6.1 Del personal

- a. **Cantidad de trabajadores:** se precisará la cantidad de trabajadores considerados para la operación del relleno sanitario, lo cual se determinará en función de la cantidad de los residuos a recepcionar diariamente y el horario de operación.
- b. **Horario de atención y jornal de trabajo:** el horario de atención se define por la operación del relleno sanitario, debiendo priorizar horarios diurnos aprovechando la luz día. La jornada de trabajo en el Perú conforme a las normas legales es de 8 horas, sin embargo, por el tipo de actividad es recomendable que se considere sólo 6 horas operativas en el relleno sanitario.
- c. **Salud ocupacional, higiene y seguridad de los trabajadores:** este aspecto es de vital importancia que debe tener en cuenta el responsable del proyecto de RSM, ya que de ello dependerá la preservación y protección de la salud de los trabajadores.

El proyecto debe considerar el desarrollo de un Plan de salud ocupacional, higiene y seguridad. El mismo que contendrá un componente de capacitación, evaluaciones médicas e inmunizaciones, medidas de protección y seguridad. Los trabajadores bien entrenados podrán desarrollar mejor sus labores, incrementando la eficiencia y disminuyendo los accidentes laborales.

El administrador o titular del RSM debe dotar a todos los trabajadores en cantidad suficiente para cambio y limpieza, la indumentaria y equipos de protección personal (EPP) necesarios, según la función que desarrollen. Los trabajadores que realizarán labores de operación en las celdas deben estar protegidos con lo siguiente: casco, mascarilla de filtro para polvos y gases, ropa de protección, guantes de cuero, y botines de seguridad.

El programa de control médico y de inmunizaciones (vacunaciones), debe considerar evaluaciones médicas de los trabajadores antes del inicio de su labor y por periodos no mayor a tres meses durante las labores de operación en la IDF, e inmunizaciones mínimas contra el Tétanos, TBC y Hepatitis, según periodos establecidos hasta completar las dosis correspondientes.

Mascarillas de filtro para polvo y gases



Guantes de cuero y casco de protección



Ropa de protección de una pieza o dos piezas



Botines de cuero y botas de jete



Ponchos impermeables con capucha para la lluvia



Imagen N° 17 Equipos de protección personal (EPP) para operarios de rellenos sanitarios

6.2 Operaciones de disposición final

La operación de un relleno sanitario manual, es una alternativa tecnológica para la disposición final de residuos sólidos de poblaciones donde la generación no excede las 20 toneladas por día, según las normas peruanas.

Su categorización como relleno sanitario manual, obedece al tipo de operación que se realiza en él, sin la necesidad del uso de maquinaria pesada para su funcionamiento, toda vez que el esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas básicas como rastrillos, pisones manuales, caretilas, palas, entre otros.

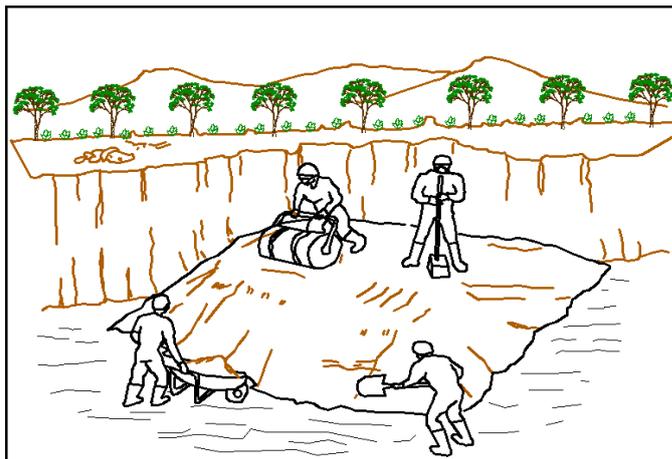


Imagen N° 18 Operación de un relleno sanitario manual

Son actividades que se realizan en el frente de trabajo de la disposición final de los residuos, con personal profesional, técnico calificado y entrenado, así como con equipo necesario.

La IDF debe contar con un sistema control de ingreso de vehículos y residuos, para lo cual, se debe contar mínimamente con un sistema manual de registro como un cuaderno o formulario, en el que se anotarán diariamente los siguientes datos: cantidad y procedencia de los residuos, fecha y hora de recepción, tipo de vehículo y nombre del conductor del vehículo. La cantidad de residuos sólidos puede ser estimada en función a la capacidad de carga del vehículo.

1. **Recepción de residuos:** para la recepción de los residuos en la IDF, se debe tener asignado las área o zonas a utilizar, considerando un frente de trabajo del menor ancho posible que permita una adecuada operación y maniobra de los vehículos y equipos, así como para un buen desempeño del personal a fin que la descarga, el esparcido, la compactación y cobertura, sea segura y apropiada diariamente.
2. **Descarga:** La descarga de los residuos se realiza en el frente de trabajo, siguiendo el orden previsto para la conformación de las celdas, procediendo en forma inmediata a su confinamiento.
3. **Esparcido y compactación:** El esparcido de los residuos se efectuará en capas no mayores a 0,60 m, incluyendo la cobertura. La compactación en este caso se realiza con pisones manuales, rodillos compactadores. La compactación de residuos en forma manual se realizará hasta reducir la altura de la celda de residuos por lo menos en un 25%.
4. **Cobertura:** La cobertura de los residuos se realiza en forma diaria, utilizando material que cumpla con las características necesarias para impedir que los gases generados por la descomposición de los residuos orgánicos emigren hacia el exterior en forma incontrolada,

en capas compactadas de 0,20 m. de espesor como mínimo, dentro de un área de la infraestructura debe existir como reserva material acopiado que garantice la operación normal de la infraestructura un periodo mínimo de 15 días. La cantidad del material cobertura necesaria para las operaciones normalmente se estima con una relación del 20 al 30 % del volumen de residuos a confinar.

$$V_{mc} = 30 \% V_{rsc}$$

Donde:

V_{mc} = Volúmen de material de cobertura

V_{rsc} = Volúmen de residuos sólidos a confinar

Si en el área del relleno sanitario de disposición final no existe la disponibilidad del material para cobertura con las características mínimas requeridas, se debe recurrir a fuentes externas, debiendo garantizar el proceso de extracción y traslado hasta la IDF.

6.3 Operaciones de mantenimiento

Se deberá controlar residuos livianos que puedan ser arrastrados por el viento, tales como papeles y plásticos fuera del frente de trabajo, para lo cual se deberá contar con rejillas u otros sistemas que permitan dicho control. En todo caso se deberá mantener limpia de residuos la superficie de la infraestructura, así como toda el área del emplazamiento y de los lugares vecinos, recogiendo permanentemente la fracción liviana que no pueda ser controlada. Asimismo, se deberán mantener la limpieza de al menos los últimos 500 metros de las vías de acceso al lugar de emplazamiento de la infraestructura.

6.4 Cierre y post cierre

Según lo establecido en artículo 89° del Reglamento, el plan de cierre es aprobado como parte del EIA o PAMA de la infraestructura de residuos sólidos. Para su ejecución se requiere presentar el replanteo a la autoridad de salud de la jurisdicción 4 años antes del límite de vida útil.

Una vez concluida la vida útil del relleno sanitario manual, se inicia la etapa de cierre hasta lograr su integración con el paisaje natural del entorno o su aprovechamiento para fines recreativos.

Esta etapa se formaliza con la formulación del plan de cierre, el mismo que debe detallar las obras y actividades destinadas a mantener las condiciones anaeróbicas de la disposición de los residuos en la infraestructura, controlar la migración de biogás y lixiviados y la integridad de la infraestructura luego de finalizadas las operaciones de disposición final de residuos.

El plan de cierre se presentará a la autoridad de salud regional de la jurisdicción, para su aprobación como mínimo 4 años antes del límite del tiempo de vida útil de la IDF, considerando los lineamientos que fueron consignados en el estudio ambiental (EIA o PAMA) aprobado inicialmente por la autoridad de salud del nivel nacional. El plan debe cumplir con los siguientes aspectos técnicos:

- o Análisis ambiental y sanitario del área de influencia del relleno sanitario.
- o Obras y actividades de control sanitario y ambiental, las actividades previstas, como mínimo debe atender el tratamiento y disposición de lixiviados, control de biogás, manejo de escorrentías superficiales, control de roedores e insectos vectores.

- o Operación, mantenimiento y seguimiento de los sistemas de control ambiental para evitar riesgos a la salud y el ambiente.
- o Uso futuro de la infraestructura, incluidas las obras y actividades que se realizarán.
- o Plan de Contingencias.
- o Cronograma de actividades.

El post-cierre se refiere a las actividades necesarias para mantener en buen estado la infraestructura - RSM, durante un período mínimo de cinco (05) años, el mismo que comprende lo siguiente:

- o Mantenimiento de la cobertura final, se efectuarán los trabajos necesarios para conservar la integridad de la cobertura final como reposición de material, entre otros.
- o Control de la contaminación del agua subterránea, se debe continuar el control de la contaminación del agua subterránea con la misma frecuencia efectuada durante la operación de la infraestructura.
- o Mantenimiento y operación de los sistemas de drenaje de aguas superficiales, de gases y lixiviados deben mantenerse en adecuadas condiciones de funcionamiento.
- o Monitoreo ambiental, se iniciará las actividades de monitoreo de los parámetros establecidos en el Plan de Cierre.
- o Acciones correctivas, En caso de detectarse algún tipo de contaminación de las aguas, suelo, aire, o proliferación de vectores y roedores se debe implementar, al igual que en la etapa de de operación, las acciones correctivas pertinentes.

6.5 Uso futuro del área después del cierre de la IDF

Una vez terminada la cobertura final, según corresponda, se deberá iniciar de acuerdo a los plazos establecidos en el plan de cierre, las obras necesarias para la habilitación del uso al que será destinado el sitio. En lo posible, estas actividades deberán efectuarse en forma progresiva según se concluya la operación de cada área de disposición. El proyecto de uso futuro de ésta área será aprobado por la autoridad de salud.

Control y monitoreo ambiental

7.1 Gestión de aguas superficiales

La prevención de la entrada de agua hacia el relleno sanitario, es un requerimiento continuo en la operación, para un mejor manejo del relleno sanitario. El uso de celdas hidráulicamente separadas y la cobertura diaria, son los mejores métodos para prevenir el exceso de la infiltración de agua de lluvia.

El agua superficial, que pudiera ingresar al relleno por los lados, es interceptado por zanjas de drenaje perimétrico. (También conocidas como desagües de agua de tormenta). Zanjas de drenaje temporal en zonas de no uso del relleno sanitario especialmente las ubicadas en la zonas de canteras o similares, son usadas para detener el agua de lluvia de movimiento lateral y evitar el contacto de esta con los desechos.

Las labores de rutina requieren inspección, limpieza, y mantenimiento de los canales de drenaje. Estas labores requieren de un manual de labores. Es esencial que después de los efectos de temporada como vientos y transporte de vegetación o vientos fuertes que transporten polvo y diversos materiales, si estos materiales incluidos el polvo se acumulen en los canales, podrían causar un bloqueo o cubrir por completo los canales y complicarse la situación con la ocurrencia de una lluvia severa. Los canales de drenaje deberán de ser limpiadas como mínimo cada seis meses y de manera mas continúa en zonas en donde la temporada de lluvias es mas regular.

7.2 Control de fuego

En un Relleno Sanitario con buen manejo la presencia de fuego abierto es muy poco probable. Si el fuego se inicia, este debe de ser extinguido lo más pronto posible para prevenir una extensión del fuego en todo el cuerpo del relleno sanitario. La técnica mas común, en zonas donde se practica la minimización de lixiviado, es excavar una trinchera alrededor del área en fuego, con el fin de aislarla del resto del relleno sanitario. Imagen N° 19 luego los residuos con fuego son cubiertos con arena o tierra. Solo en circunstancias excepcionales se debe de usar agua. Las fuentes apropiadas de agua deben de ser ríos cercanos, lagos, agua de lluvia retenida, o también puede ser usado los lixivios retenidos. En circunstancias extremas se debe de recurrir a los bomberos de la ciudad.

Una técnica alternativa para extinguir fuegos someros, es cavar un agujero para la exponer los residuos en llamas, para ser expuestos al viento, y lograr una combustión más rápida o para que sea cubierta con arena.

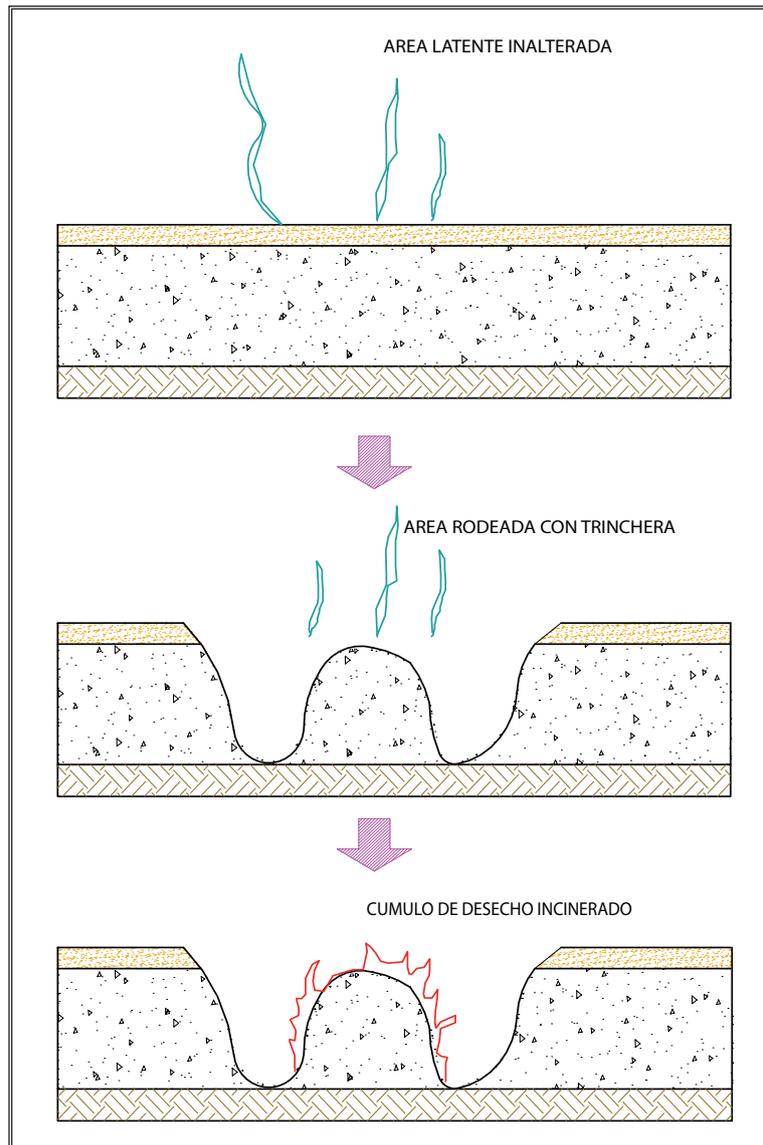


Imagen N° 19 Secuencia de operación para extinguir el fuego.

7.3 Control de plagas

Plagas (Ej. aves, parásitos, animales grandes, y moscas) son una gran molestia para los trabajadores y para los habitantes de las zonas próximas al relleno sanitario. Estas representan un potencial riesgo a la salud del público, riesgo que puede ser evitado. La abundancia de plagas alrededor del relleno sanitario es una muestra de un mal manejo.

Recientemente, el control de insectos y roedores en los rellenos sanitarios es considerado de importancia en el manejo y operación, las sugerencias son las siguientes:

Las plagas pueden ser grandes incomodidades y causas de problemas de salud para los operadores de los rellenos sanitarios. Las moscas y los mosquitos son dos tipos de insectos de principal preocupación por la transmisión de enfermedades. Las moscas transmiten muchas enfermedades, como salmonera, mediante el traslado físico de la bacteria desde los desechos a las fuentes de alimento. Los mosquitos se reproducen en agua colectada en depresiones de los rellenos sanitarios y en zonas descubiertas y no compactadas. Los mosquitos transportan enfermedades como encefalitis, fiebre del dengue y la malaria. El control de estos incluye la compactación y la cobertura de los desechos, donde el agua de lluvia tiende a acumularse cubrir esas depresiones para eliminar los lugares de reproducción de mosquitos.

Las ratas y otros roedores transfieren enfermedades como la rabia, fiebre de mordedura de rata, leptospirosis, tífus y la plaga bubónica. Los roedores se reproducen dentro de las áreas del relleno sanitario o migran de zonas cercanas al relleno sanitario, ellos se mantienen en el lugar si encuentran facilidades de alimentación, madrigueras y agua. Una cobertura diaria, apropiada compactación, y una cubierta de zonas de depresión y posible almacenamiento de agua, se eliminan tres necesidades que los roedores necesitan para sobrevivir. Si una ingestación de roedores es persistente, el uso de venenos es efectivo en la eliminación de la población de roedores. Si el envenenamiento o la captura de los roedores es requerida el operador debería de colocar señales que informen a los trabajadores del relleno sanitario, los visitantes y a los recolectores de residuos sólidos.

Las aves, especialmente en áreas de costa, son atraídas a los rellenos sanitarios por comida. Estos representan un peligro potencial para la salud (por ejemplo, las gaviotas pueden transmitir salmonera), y pueden ser un molestia por los ruidos, especialmente si existen áreas urbanas cerca. El control más efectivo es una rápida y completa cobertura. La producción de ruido, el uso de aves de presa o medidas similares pueden brindar un control temporal. En lugares donde persisten los proclames con las aves, el uso de una red por encima del lugar de trabajo del relleno sanitario provee una solución eficaz.

7.4 Control de materiales ligeros

Un relleno sanitario no está bien manejado si los papeles u otros materiales ligeros se encuentran flotando alrededor del lugar. Estos objetos flotantes son muy visibles y son señales del pobre control que se hace a los desechos depositados. Es una de las formas simples de contaminación que se puede contener.

Aún en los mejores rellenos sanitarios existe objetos flotantes, pero existen muchas técnicas para poder reducir este problema. Este problema se agudiza en los días de más viento. El uso de pantallas portátiles alrededor del área de trabajo es una efectiva forma de control para la mayor parte de objetos que pudieran ser acarrados por el viento uno de los diseños muestra en la imagen siguiente. Las pantallas que pueden ser hechas de madera o de metal cubierta de malla de alambre o redes. Estas pueden ser limpiadas manualmente una vez al día, al final del día de trabajo, por los trabajadores del relleno sanitario, y repuesta si la dirección del viento varía o si la ubicación del área de trabajo cambia.

En adición, el manual del relleno sanitario debería de incluir realizar una patrulla alrededor del área de trabajo y coleccionar los desperdicios acarrados por el viento. Una actividad perimétrica puede evitar y actuar para detener la propagación de los desperdicios fuera del área del relleno sanitario.

Otras medidas, usadas cuando el manejo y deposición de residuos incrementa la generación de flotación de objetos, son:

- Descargar los desperdicios abajo del área de trabajo, no por arriba.
- Procurar cubrir por completo la porción de una celda de trabajo durante el día.
- Aplicar agua para humedecer los desperdicios con alto porcentaje de papeles y polvo.

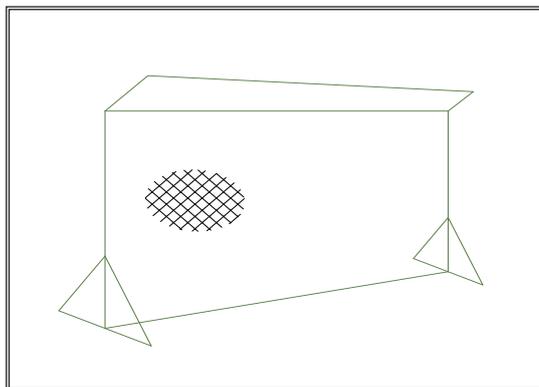


Imagen N° 20 Pantalla portátil, 2.5 m x 3 m., cubierta con malla de 20 a 40 mm.

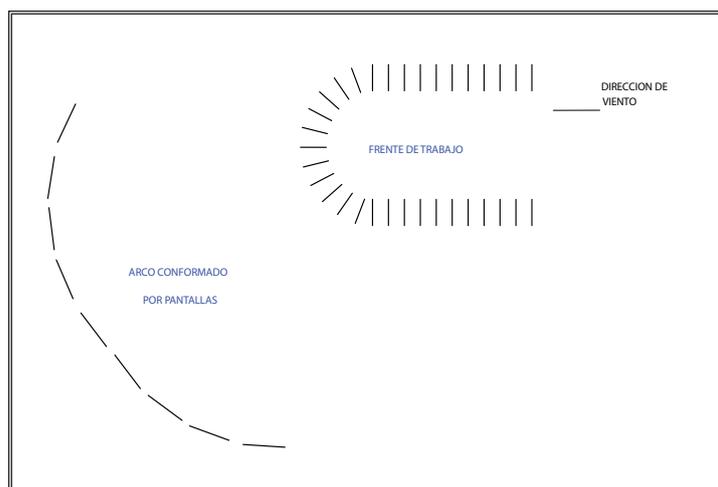


Imagen N° 21 Ubicación de pantallas respecto al viento y al frente de trabajo.

7.5 Control y monitoreo de lixiviados

Los procesos de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario y el agua de lluvia que se infiltra originan el lixiviado (líquido que percola a través de las celdas que contienen a los residuos y sus materiales de cubierta).

Para evaluar la calidad del lixiviado y sus posibles efectos en las aguas subterráneas se realiza un monitoreo de ambas. El monitoreo consiste en una serie de programas que incluyen la toma de muestra, su análisis fisicoquímico y biológico en un laboratorio y la evaluación de los resultados.

7.6 Control de los lixiviados

Es importante tener en el relleno sanitario los elementos necesarios para mantener un control total de los lixiviados, éstos pueden ir desde almacenamiento 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 biológicos.

La probabilidad de ocurrencia de una infiltración de lixiviados es baja, debido a que la impermeabilización del fondo de la trinchera, el sistema de captación de lixiviados, así como el adecuado manejo y disposición de los residuos que han sido considerados en las medidas de mitigación en los diseños de ingeniería, lo que minimiza la ocurrencia de este riesgo.

En el caso de ocurrencia de una infiltración ésta será detectada por medio de los análisis de calidad de aguas establecidos en el Plan de Monitoreo desarrollado para el proyecto. Con la información obtenida de los análisis de las aguas subterráneas se evaluará la magnitud de la infiltración, y con ello el tipo y nivel de solución requerido.

Las acciones y medidas a seguir en el caso de detectarse contaminación de aguas subterráneas, se detallan a continuación:

- Se verificará la calidad de la cobertura (establecer periodicidad), revisando si existen grietas o disminución del espesor del material de recubrimiento. Si se constata su deterioro, se procederá a su reparación;
- Se verificará permanentemente el buen estado de los drenes pluviales. Sin perjuicio de ello, se cumplirá con un programa de mantenimiento del sistema de interceptación de aguas lluvias;

- En el caso de detectarse contaminación para uno o más parámetros de rutina, en el punto de monitoreo se realizarán análisis de los parámetros de base en forma inmediata. Si se determinara que la contaminación en los parámetros de base tiene efectos inmediatos sobre la salud pública o el medio ambiente, se requerirán muestras adicionales o más frecuentes.
- Adicionalmente, se informará a la autoridad competente mediante la entrega de un informe que describa la situación de emergencia y presente las medidas a seguir. Cuando se haya solucionado el problema de contaminación se comunicará nuevamente a la autoridad enviando para estos efectos el desarrollo de las medidas y los resultados de los análisis.
- El plan de emergencia deberá mantenerse hasta que se demuestre que la contaminación no es causada por el Relleno Sanitario Manual o que la fuente de contaminación ha sido detectada y reparada.

El control de lixiviados se hace a partir de la extracción de estos por la caja de registro ya sea para ser llevados a una planta de tratamiento o para ser recirculados en las zonas verdes.

De acuerdo a los cálculos obtenidos se determina la cantidad de lixiviados que se espera, en el caso que esta sea muy baja se recomienda realizar una recirculación, dependiendo de las características cualitativas de estos lixiviados, siempre y cuando no sobrepase el límite permisible en la mayoría de sus parámetros.

Una de las ventajas de la recirculación es que va reduciendo a cantidad de lixiviados y la concentración de los metales pesados se va haciendo menor. Por la infiltración que sufre.

En los primeros seis meses se deberá hacer una evaluación a la caja de registro de lixiviados con la finalidad de ver si requiere de una limpieza para la extracción de los lodos acumulados, si no fuera necesario se volverá a realizar este procedimiento a los 6 meses y así sucesivamente hasta encontrar el número de meses que deben de pasar para que se limpie la caja. En este caso se retirara el lodo y se revisara las condiciones de la caja, esto es que no tenga rajaduras ni grietas.

Alternativas de manejo y control

El control y en especial el método para manejar el lixiviado de un relleno sanitario determinarán el riesgo asociado con la contaminación de acuíferos subterráneos. Hay varias alternativas para manejar el lixiviado. Algunas de las alternativas son:

- a. La descarga a un sistema de tratamiento de aguas residuales fuera del sitio;
- b. La evaporación (natural o inducida);
- c. La recirculación o el reciclaje; y
- d. El tratamiento en el terreno.

Descarga a un sistema de tratamiento de aguas residuales fuera del sitio en caso que el relleno sanitario esté ubicado relativamente cerca de una planta convencional de tratamiento de aguas residuales, puede ser posible descargar el lixiviado para su tratamiento en esa planta. Antes de intentarlo, sin embargo, es importante evaluar si la planta de tratamiento sería capaz de tratar la cantidad y la calidad del lixiviado; por ejemplo, la carga orgánica adicional. En algunos casos puede ser necesario establecer un tipo de pretratamiento para el lixiviado antes de descargarlo en la alcantarilla. Si no está disponible una alcantarilla local a una distancia conveniente del punto de descarga en el relleno sanitario, la utilización de un camión cisterna es una alternativa para transportar el lixiviado a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Evaporación

Esta es una de las alternativas más sencillas para el manejo de lixiviado. En esta alternativa, el lixiviado se almacena en un estanque o laguna de evaporación. (En circunstancias ideales, el estanque se revestiría adecuadamente con material o membrana impermeable). La tasa de evaporación, desde luego, depende las condiciones climáticas. En caso que hubiera una época de lluvias intensas, el estanque debe estar

diseñado para retener el volumen asociado de líquido o, si la práctica lo permite, puede estar cubierto con una membrana impermeable. La tasa de evaporación puede aumentarse al rociar el lixiviado sobre la superficie del relleno sanitario en funcionamiento y sobre las áreas terminadas. Aunque el rociado aumenta la tasa de evaporación, el proceso puede generar olores.

La evaporación también puede aumentarse al calentar el lixiviado a través de un intercambiador de calor. En caso que haya un sistema para la colección del gas del relleno sanitario, puede usarse el gas como fuente de energía para el proceso de evaporación. De otro modo, debe buscarse otra fuente de energía. Además, se debe tener mucho cuidado con el control de las potenciales emisiones de compuestos volátiles así como con el manejo de la corrosión y la contaminación de las superficies de transferencia de calor.

Recirculación o reciclaje

El lixiviado puede administrarse eficazmente colectándolo y recirculándolo a través del relleno sanitario. Cuando el relleno sanitario empieza a funcionar, es común que el lixiviado contenga concentraciones relativamente altas de DBO, DQO, sólidos disueltos totales, metales pesados y nutrientes. La recirculación y el reciclaje del lixiviado atenúan estos constituyentes debido a la actividad biológica y a las reacciones físicas y químicas que se producen dentro del relleno sanitario. Por ejemplo, considerando que el pH en el relleno sanitario se torna neutral o ligeramente básico a medida que se produce metano, algunos de los metales se precipitarán y serán retenidos dentro del relleno sanitario.

El diseño y la operación de un sistema de recirculación de lixiviado debe considerar que, si es que la percolación hacia el interior del relleno sanitario es mayor que la evaporación del lixiviado colectado, la recirculación resulta en un constante aumento del reservorio del lixiviado.

En caso que la rápida estabilización de la sustancia orgánica, así como la recolección y el uso beneficioso del gas del relleno sanitario sean los objetivos principales de la operación, la recirculación del lixiviado puede ocasionar un aumento en la producción de gas debido al incremento del contenido de humedad en el relleno sanitario. Un aumento en la tasa de estabilización conduciría a una mayor tasa de sentamiento del relleno sanitario. Se puede obtener una reducción considerable de DQO y DBO a través de la recirculación, en particular, durante un período corto. La recirculación de lixiviado es más eficaz en los rellenos sanitarios cuyo funcionamiento incluye la aplicación de residuos sólidos en capas relativamente delgadas.

Se debe prestar atención cuando se adopta la recirculación como una estrategia para manejar el lixiviado. En primer lugar, la introducción de humedad en el relleno sanitario puede conducir a la contaminación del ambiente circundante al relleno sanitario por causa de la migración de lixiviado por la base o por los costados del mismo. En segundo lugar, la recirculación continua producirá la acumulación de sales, metales y otros compuestos indeseables en el lixiviado. Además en caso que se hayan aplicado coberturas intermedias, la introducción de lixiviado puede formar acumulaciones de líquido dentro del relleno sanitario que, con el tiempo, pueden escapar por los costados del relleno sanitario.

Tratamiento

Si ninguna de las alternativas presentadas en los párrafos anteriores es viable, será necesario algún tipo de tratamiento para manejar adecuadamente el lixiviado. Ya que la composición de los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario puede variar mucho, el lixiviado producido en los rellenos sanitarios también puede tener características muy distintas. A diferencia de las aguas residuales, la calidad y la cantidad del lixiviado pueden experimentar variaciones importantes con los cambios del clima. Además, a medida que el contenido del relleno sanitario se deteriora con el transcurso del tiempo, la calidad del lixiviado también cambia.

Han sido usados varios tipos de diseños para tratar el lixiviado. Algunos de los procesos aplicados incluyen los biológicos, físicos y químicos. Un diseño típico incluiría tres etapas de tratamiento:

1) pretratamiento, 2) tratamiento biológico y 3) tratamiento físico y químico. En general, el pretratamiento incluye el tamizado, la sedimentación y el ajuste de pH. El tratamiento biológico está diseñado para eliminar principalmente la DBO, la DQO y algunos de los nutrientes. Los métodos más comunes de tratamiento biológico incluyen: las lagunas de oxidación, las lagunas aireadas, los lodos activados y

otros. La etapa final puede incluir una serie de procesos diseñados principalmente para eliminar el color, los sólidos en suspensión, los metales pesados y cualquier DQO restante. Los procesos que pueden usarse en esta etapa incluyen, entre otros, la sedimentación, la oxidación con ozono, la filtración con arena y la floculación. Los textos sobre tratamiento de aguas residuales incluyen información específica sobre el diseño y la operación de estos sistemas.

Los sistemas simples de tratamiento de lixiviado (que, por lo tanto, están dentro del alcance de varios lugares) podrían ser la única alternativa factible para algunas localidades. Con respecto a los sistemas simples, el almacenamiento y la evaporación constituyen la selección más adecuada. En lugares donde los sistemas de evaporación no son factibles, un sistema simple de tratamiento biológico podría ser una alternativa razonable para el tratamiento de lixiviado, especialmente si los residuos sólidos son predominantemente de origen doméstico, putrescibles y con un alto contenido de celulosa. En tales situaciones, los sistemas aerobios o anaerobios podrían constituir formas adecuadas de tratamiento. Los sistemas simples de aireación (por ejemplo, lagunas con aireación, lagunas de oxidación, etc.) con residencia hidráulica de entre 30 y 60 días, podrían funcionar bien, dependiendo principalmente del DBO del lixiviado.

7.8 Monitoreo de aguas subterráneas

Es importante establecer un sistema de monitoreo rutinario que permita detectar anticipadamente un eventual paso de líquidos percolados a través de terreno y subsecuentemente adoptar las medidas preventivas y correctivas que corresponda para evitar riesgos a la población por consumo de aguas de calidad inadecuada.

Para tales efectos los proyectos deben contener un programa de muestreo en forma sistemática en pozos ubicados aguas arriba y aguas abajo del relleno, de manera de poder determinar claramente cualquier variación de calidad química o bacteriológica de ésta. A lo menos uno de éstos debe estar inmediatamente aguas debajo de relleno con el fin de detectar lo más anticipadamente posible cualquier infiltración de lixiviado.

Factores importantes a considerar, entre otros, para dar inicio y determinar la frecuencia del muestreo son la profundidad y tamaño del acuífero, permeabilidad del terreno, precipitaciones en la zona, tamaño del relleno, etc.

Adicionalmente se debe de considerar un pozo de monitoreo ubicado en el sitio del relleno, el cual estará ubicado a nivel de la base del relleno, pueden estar construido de asbesto-cemento o plástico, de un diámetro de aproximadamente 40 cm. Que permita la introducción de un bote de material resistente a la acidez sujetados a una madera o varilla como se ilustra en la imagen N° 27.

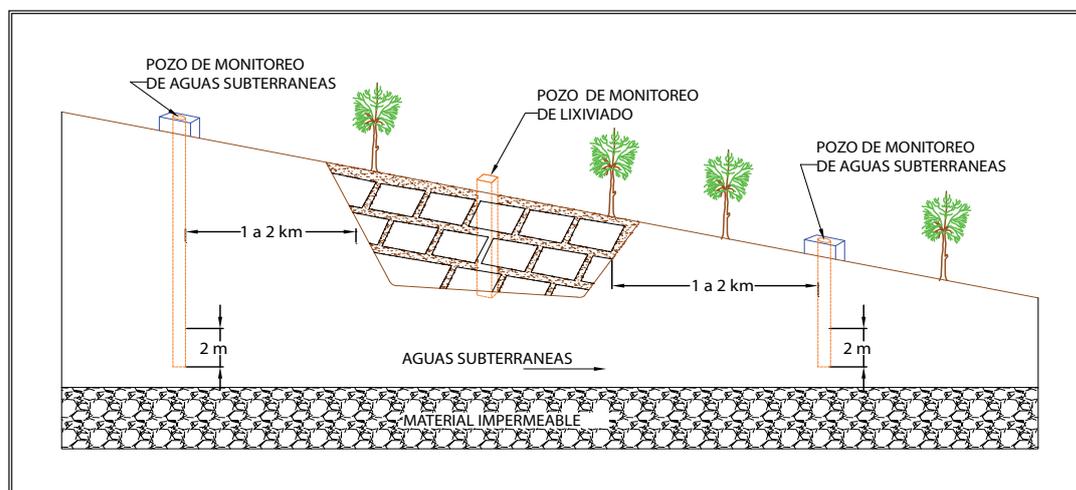


Imagen N° 22 Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lixiviado en un relleno sanitario.

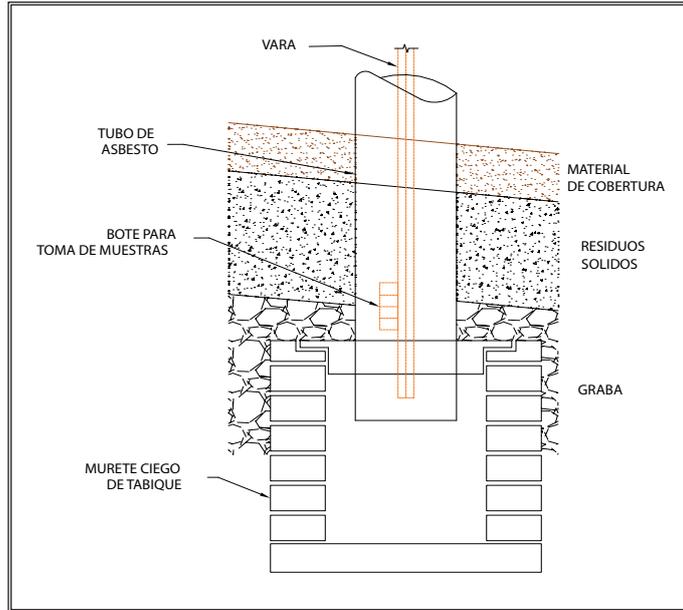


Imagen N° 23 Depósito para coleccionar muestras del lixiviado.

7.9 Control y monitoreo de gas

En los rellenos 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, distantes de 20 a 25 m. entre si; 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). Ver Imagen N° 24.

Cuando los rellenos sanitarios son construidos en depresiones, ya sean naturales o artificiales resulta conveniente hacer un dren perimetral con el fin de evitar la migración lateral, éste 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.

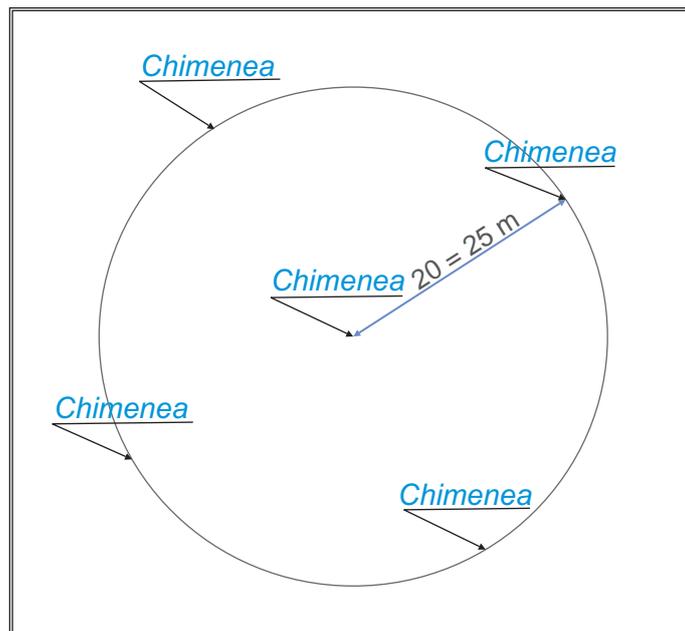


Imagen N° 24 Distancia influenciada desde el centro de la chimenea

7.10 Manejo de registros

El manejo de registros de las operaciones dentro de los rellenos sanitarios, es un aspecto importante para diagnosticar y evaluar el funcionamiento del relleno sanitario en un momento dado; para realizar esta tarea se diseñan formatos, los cuales dependiendo de su contenido serán manejados diariamente, semanalmente y mensualmente.

7.11 Vigilancia y monitoreo ambiental

La vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normatividad ambiental.

La autoridad ambiental nacional establece los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Debe entenderse que la autoridad ambiental competente ejerce acciones de vigilancia, control, seguimiento y otros similares como la vigilancia ciudadana¹⁸, sobre toda persona natural o jurídica que genere impactos ambientales significativos y que cuente con instrumento de gestión ambiental (EIA o PAMA) aprobado que indique las medidas necesarias para evitar o reducir (mitigación) el daño ambiental a niveles tolerables.

El monitoreo ambiental es el control por medio de mediciones o muestreo, pueden ser ejecutados por la autoridad competente o por el promotor del proyecto u el operador del relleno sanitario, los resultados cuando son necesarios para los estudios ambientales y el diseño de un proyecto nuevo, se le conoce como monitoreo de línea base, estos se ejecutan antes de inicie el funcionamiento de la infraestructura.

Durante la etapa de operación del relleno sanitario también es necesario realizar monitoreo ambiental y la información resultante es útil para el control del adecuado funcionamiento de la instalación¹⁹, finalmente una vez clausurado el relleno sanitario y durante un periodo no menor de 5 años (post-cierre) se debe realizar acciones de monitoreo ambiental, cuyos resultados permitirán oportunamente identificar alteraciones o comportamiento adecuado del clausurado relleno sanitario a fin de efectuar las correcciones necesarias que permitan una satisfactoria integración de la instalación a la comunidad adyacente.

Objetivos de monitoreo ambiental

- a) Durante la fase de diseño del proyecto:

Evaluar el estado inicial de ciertos parámetros ambientales, que en el futuro sean susceptibles de ser utilizados como indicadores de alteraciones en el manejo del relleno sanitario, los mismos que deben contar con valores estándar de calidad ambiental.

- b) Durante la fase de operación de la instalación:

Determinar la eficiencia y eficacia de las medidas de mitigación y controles implementados durante la etapa de operación mediante el establecimiento y evaluación de indicadores cualitativos y cuantitativos de calidad ambiental.

- c) Durante la fase de cierre - post cierre de la instalación:

Determinar la eficiencia y eficacia de las medidas de mitigación y controles durante la etapa de cierre-post cierre mediante el establecimiento y evaluación de indicadores cualitativos y cuantitativos de calidad ambiental.

¹⁸ Definido por el artículo 134° de la Ley General del Ambiente.

¹⁹ Conocido como monitoreo de control, cuyos resultados se pueden comparar con los iniciales y los estándares de calidad y límites permisibles en caso existiese.

Ámbito de acción

El ámbito de acción de las acciones de vigilancia y monitoreo ambiental por lo general se define conforme al área de influencia ambiental del proyecto relleno sanitario, el mismo que debe estar precisado en el instrumento ambiental del proyecto.

Marco legal de referencia

La vigilancia y monitoreo ambiental en cuanto a su propuesta de parámetros a medir y evaluar se ajustará a los estándares de calidad y límites máximos permisibles establecidos por la normatividad nacional vigente, en los estándares y/o límites que no estuvieran contemplados en ámbito nacional se asumirá los valores guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud - OMS.

- Decreto Supremo N° 002-2008 - MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua.
- Decreto Supremo N° 003-2008 - MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire.
- Decreto Supremo N° 085-2003 - PCM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- Decreto Supremo N° 069-2003 - PCM Valor Anual de Concentración de Plomo.
- Decreto Supremo N° 074-2001 - PCM Reglamento Anual de Concentración de Plomo.

Parámetros de monitoreo

Considerando, el factor contaminante, el tipo de impacto, los parámetros mínimos propuesto para monitoreo son los que se señalan, en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 16: Parámetros de monitoreo ambiental

Factor contaminante	Tipo de impacto	Parámetro
BIOGAS	Contaminación del aire	CO
		H ₂ S
		SO ₂
		NOX
LIXIVIADOS	Contaminación de aguas sub-superficiales y superficiales	DBO
		PH
		PLOMO
		ARSENICO
		CADMIO
		HIERRO
		PH
		ARSENICO
POLVO	Contaminación del aire	PM ₁₀

Frecuencia de muestreo

La frecuencia y formas de almacenamiento y análisis de datos para cada parámetro seleccionado se muestran en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 17: Frecuencia de muestreo

Monitoreo	Parámetro	Frecuencia de Muestreo
Aire	CO	Anual
	H ₂ S	Anual
	SO ₂	Anual
	NO _x	Anual
	PM ₁₀	Anual
Agua	DBO	Bimestral
	pH	Bimestral
	PLOMO	Bimestral
	ARSENICO	Bimestral
	CADMIO	Bimestral
	HIERRO	Bimestral
	pH	Bimestral
	ARSENICO	Bimestral
	MAGNESIO	Bimestral

Responsables del plan de monitoreo ambiental

El promotor del proyecto u operador de la infraestructura, en el marco de su política de manejo ambiental, asignará un personal profesional y/o un técnico calificado con responsabilidad directa para la organización, supervisión y ejecución de las operaciones del monitoreo ambiental en sus diferentes fases, los resultados de los monitores, generará bases de datos y alimentarán el sistema de registro de información ambiental útil para retroalimentar y/o perfeccionar posteriores monitoreos, las acciones de supervisión de las operaciones será continua y las tareas correctivas de acción inmediata.

Operación del programa de monitoreo ambiental

Fase de diseño

En un plano a escala adecuada se presentará el diseño del sistema de monitoreo que prevé la ubicación de los pozos de monitoreo, los detalle de su construcción o instalación y la ubicación de las estaciones de monitoreo a medida que el relleno avanza, conforme con lo establecido en programa de monitoreo.

Fase de habilitación

Durante el proceso de Habilitación se construirán los pozos de monitoreo para gases y para líquidos lixiviados, conforme lo establecido.

Fase operación

Durante esta fase los pozos de monitoreo iniciaran rutinas periódicas de inspección, evaluación, muestreo y/o mediciones, los datos o resultados conformaran bases de datos y estos se integraran al sistema de

información ambiental del relleno. Los análisis y/o ensayos de laboratorio especializados se encargaran a laboratorios acreditados.

Fase de cierre

En esta fase se supervisará con detalle cada uno de los pozos de monitoreo, se ubicaran estaciones en las áreas ventiladas cerradas y en caso de detectarse indicios de contaminación, se evaluará y efectuará los correctivos necesarios que sean ambientalmente mas favorables.

Fase post - cierre

Durante un periodo no menor a 05 años posterior se realizaran acciones de monitoreo ambiental, que verificará el decaimiento de las tasas de emisión de gases y lixiviados hacia los niveles aceptables previstos, de detectarse alteraciones o anomalías, se evaluará y efectuará los correctivos necesarios que sean ambientalmente más favorables.

Referencias

- Perú. Leyes, Decretos, etc. Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 del 20 de julio del 2000 y su modificatoria Decreto Legislativo N° 1065 del 21 de junio del 2008. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), publicado el lunes 23 de abril del 2001. Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- OPS. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente, (2002).
- BID/OPS. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en ALC., Publicación. Segunda edición. 1998.
- Perú. Ministerio de Salud. DIGESA. Análisis sectorial de los Residuos Sólidos en el Perú, 1988.
- Perú. MINSA. Proyecto de Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal: Rellenos Sanitarios.
- Red Peruana de Vivienda, Ambiente y Salud. Diagnostico Sobre Salud en la Vivienda en el Peru. 2000.
- OMS. Rushbrook, Philip; Pugh, Michael. Solid waste landfills in middle-and lowerincome countries: a technical guide to planning, Design, and operation. Copenhagen, 1998.
- Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, DED - Deutscher Entwicklungsdienst - Ilustre Municipalidad de Loja, Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica Dirección de Higiene www.ded.org.ec; www.municipioloja.com; dedecu@porta.net; iml@loja.telconet.net.