

**Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de
la República Dominicana (MA)**

**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad
Institucional para la Gestión Integral de los
Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la
República Dominicana (FASE 2)**

**Informe de Progreso 1
Borradores del Plan Nacional y Manuales**

Abril de 2022

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

**Nippon Koei Co., Ltd.
Tamano Consultants Co., Ltd.)**

Anexo 3: Borradores del Plan Nacional y Manuales

3-1 Plan Nacional

3-2 Manual para el desarrollo de las instalaciones de los Sitios de Disposición Final Nuevos

3-3 Manual de Consideraciones Ambientales y Sociales

3-4 Manual de Operación y Manejo de los SDF Existentes

3-5 Manual de Cierre y Rehabilitación de los SDF Existentes



**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para la Gestión
Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana
Fase 2**

**Borrador
Plan Nacional para Sitios de Disposición Final**

Abril de 2022

Tabla de Contenido

1.	Generalidades del plan	1
1.1	Objetivos del plan	1
1.2	Posicionamiento del plan y base legal	1
1.3	Periodo de planificación y función del plan	1
1.4	Área objetivo.....	1
2.	Plan Nacional para sitios de disposición final	2
2.1	Situación actual y problemas de los sitios de disposición final.....	2
2.2	Política básica	2
2.3	Objetivos.....	3
2.3.1	Mejoramiento de los sitios de disposición final existentes	3
2.3.2	Desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)	3
2.4	Medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes	3
2.4.1	Marco de las medidas.....	3
2.4.2	Principales medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes	4
2.5	Medidas para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)	6
2.5.1	Marco de las medidas.....	6
2.5.2	Medidas para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios).....	6
3.	Plan regional.....	8

1. Generalidades del plan

1.1 Objetivos del plan

El plan tiene dos objetivos:

- Mejorar los sitios de disposición final a nivel nacional y promover el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)
- Hacer que MA proporcione políticas para alentar a los Municipios/DM a tomar medidas.

1.2 Posicionamiento del plan y base legal

Este Plan Nacional se sitúa en el ámbito de la Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos.

**Añadir esta parte para la C/P.*

1.3 Periodo de planificación y función del plan

Año objetivo del plan: 2030 (Igual que el año objetivo de la Estrategia Nacional de Desarrollo de la República Dominicana)

Revisar la función del plan cada 5 años

1.4 Área objetivo

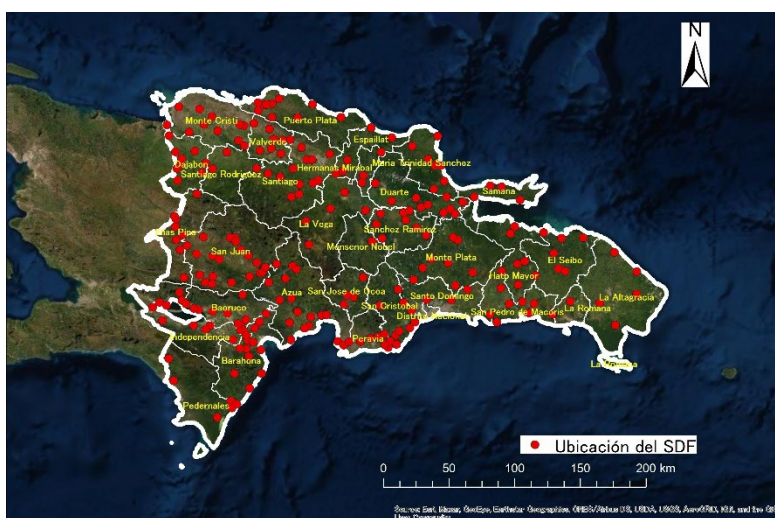
Área objetivo: Todas las regiones de la República Dominicana

2. Plan Nacional para sitios de disposición final

2.1 Situación actual y problemas de los sitios de disposición final

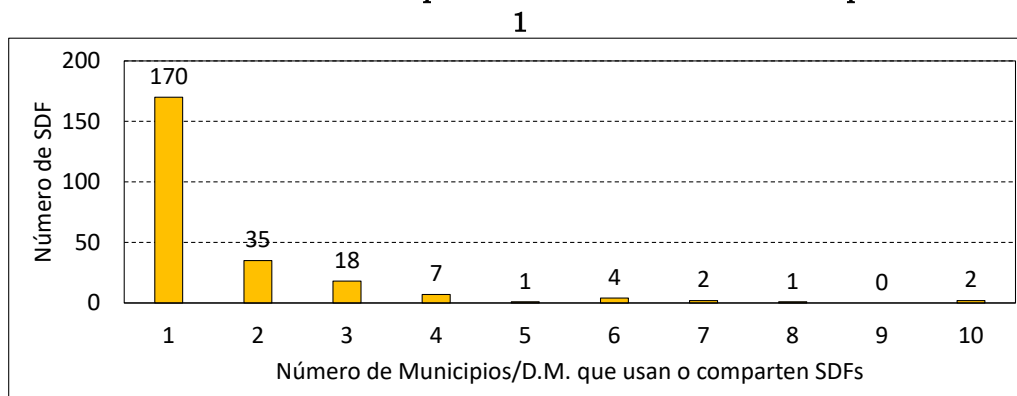
En la República Dominicana existen 240 sitios de disposición final (Figura 1). Aproximadamente el 85% de los 240 sitios de disposición final existentes son operados por un Municipio/Distrito Municipal (DM) con 1 o 2 sitios por municipio (Figura 2). La operación de los sitios de disposición final (SDF) por parte de varios municipios es poco frecuente.

Hay pocos sitios de disposición final que tomen medidas contra los gases y lixiviados generados por los residuos. En cuanto a los planes futuros de mejoramiento de los sitios de disposición final existentes, 23 municipios y 16 DM mencionaron tener un plan de cierre o rehabilitación, y 29 municipios y 35 DM mencionaron un plan de construcción de un SDF Nuevo.



Fuente: Equipo del proyecto

Figura 1 Ubicación de los sitios de disposición final existentes en la República Dominicana



Fuente: Equipo del proyecto

Figura 2 Número de municipios que utilizan un solo sitio de disposición final

2.2 Política básica

La política básica cubre los dos puntos siguientes.

- Basándose en la Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos (Ley 225-20), se muestra la política de mejoramiento para todos los sitios de disposición final a nivel nacional.
- Considerar la obtención de recursos financieros para el municipio y elaborar planes efectivos.

2.3 Objetivos

Como objetivos del Plan Nacional, se fijaron: "Mejoramiento de los sitios de disposición final existentes" y el "Desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)".

2.3.1 Mejoramiento de los sitios de disposición final existentes

- Los sitios de disposición final de todos los municipios prioritarios serán mejorados para el 2030.
- El plan de regularización de todos los municipios se presentará al Ministerio de Medio Ambiente antes del 2030.

2.3.2 Desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)

- Esclarecer el proceso de aprobación de MA para los sitios de disposición final nuevos previstos actualmente.
- Una vez que MA haya aprobado los planes para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos, estos serán instalados antes del 2030.

2.4 Medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes

2.4.1 Marco de las medidas

El marco de las medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes se ha establecido como se muestra en la siguiente figura.



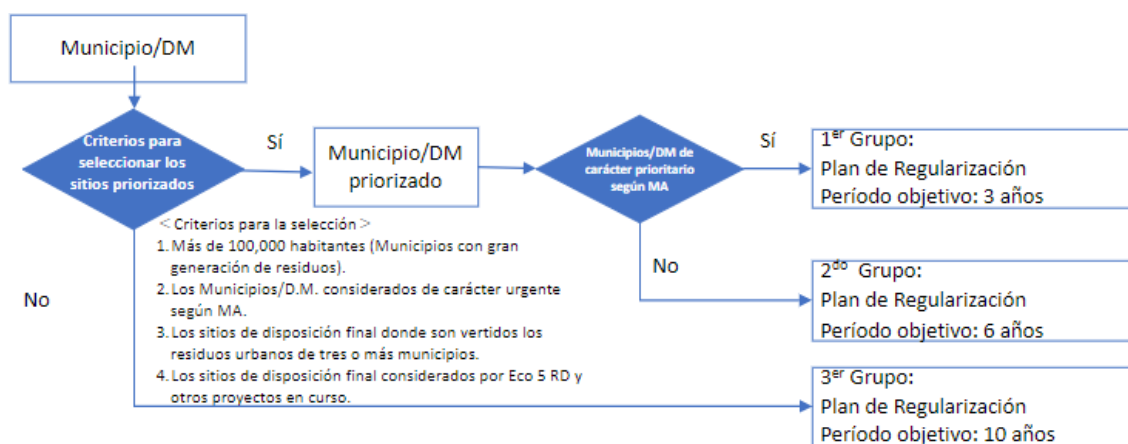
Fuente: Equipo del proyecto

Figura 3 Marco de las medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes³

2.4.2 Principales medidas para el mejoramiento de los sitios de disposición final existentes

(1) Priorización de los Municipios/DM por agrupación

En el Plan Nacional se decidió dividir los sitios en tres grupos y desarrollar medidas prioritarias. Los criterios de priorización se establecieron de acuerdo con los lineamientos de la Resolución 0036-21 establecida por MA en octubre de 2021. El primer grupo también se fijó para ser coherente con los 29 municipios priorizados en el plan de regularización anunciado por MA el 7 de enero de 2022. En dicho plan, MA exige al municipio que realice mejoras en el sitio de disposición final cumpliendo con la ley, por lo que el plan de regularización se sitúa como la política principal de este plan.



Fuente: Equipo del proyecto

Figura 4 Priorización por Municipios

(2) Dividirlos en grupos y promover el mejoramiento de los sitios por etapas

Como se muestra en la siguiente figura, los municipios que han sido priorizados realizarán el plan de regularización paso a paso e implementarán el mejoramiento del SDF.

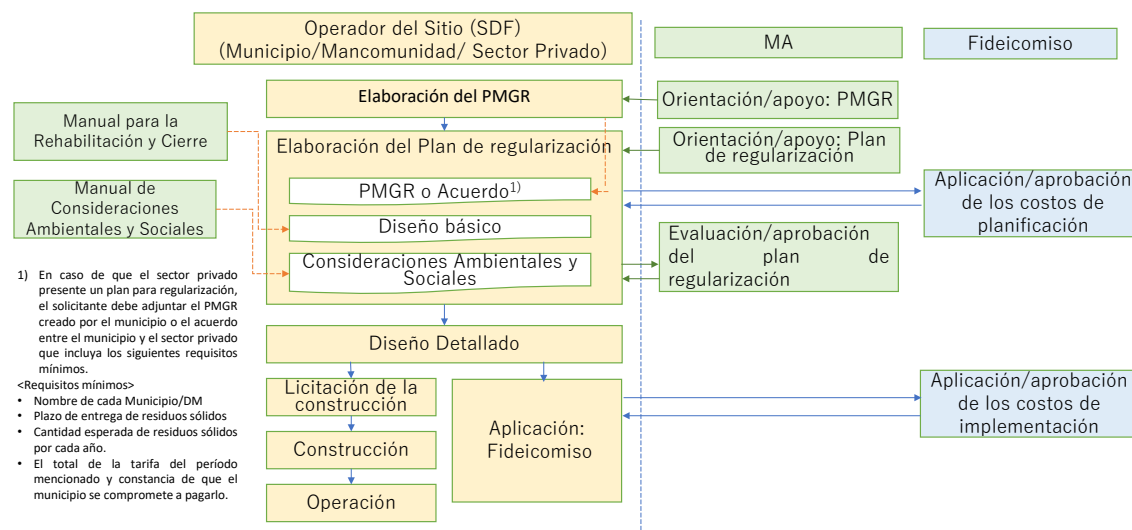


Fuente: Equipo del proyecto

Figura 5 Cronograma del plan de regularización para cada grupo

(3) Esclarecer los procedimientos del plan de regularización

Se han esclarecido los procedimientos necesarios para que los operadores de los sitios de disposición final, como los municipios y el sector privado, elaboren el plan de regularización.



Fuente: Equipo del proyecto

Figura 6 Procedimiento de aplicación del plan de regularización

(4) Otras medidas relacionadas al mejoramiento de los sitios de disposición final existentes

1) Garantizar los recursos financieros para el operador del sitio de disposición final (municipio/sector privado)

i) Fideicomiso

- Proporcionar el presupuesto necesario para formular el Plan de Regularización al operador del sitio de disposición final (Municipio, Mancomunidad, Sector privado)

- Proporcionar el presupuesto de implementación o ejecución (construcción/operación) al operador del sitio.

ii) Asignación de subvenciones locales

- Motivar al Ministerio de Hacienda a que garantice la concesión de subvenciones locales a los municipios y a los gestores municipales para asegurar sus recursos financieros de forma sostenible.

2) Capacitación para los operadores de los sitios de disposición final

i) Orientación y apoyo para la elaboración del PMGR

- Orientación para la elaboración del PMGR para el Municipio/DM

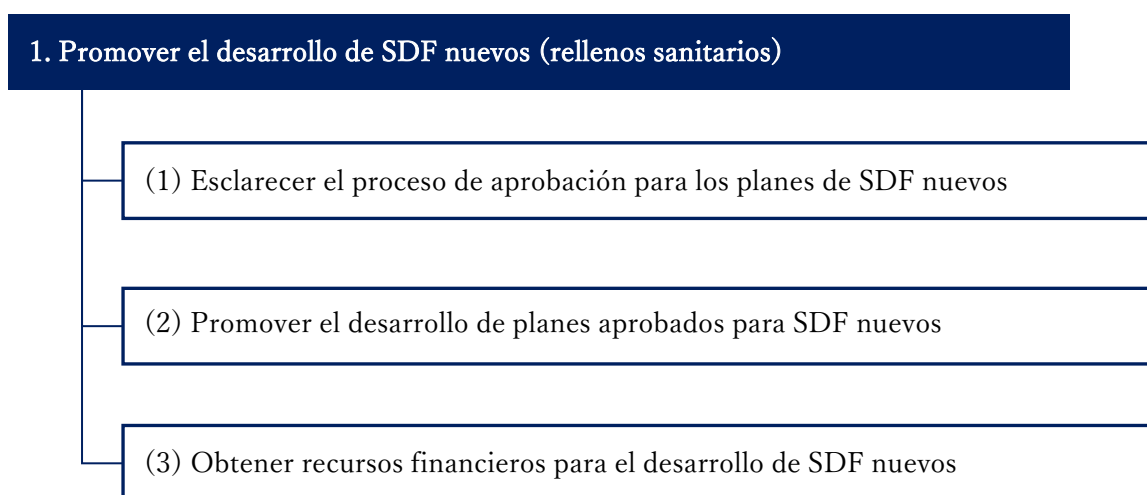
ii) Orientación y apoyo para elaborar el Plan de Regularización

- Orientación para la elaboración de un Plan de Regularización para el municipio/DM

2.5 Medidas para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)

2.5.1 Marco de las medidas

El marco de las medidas para los sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios) se estableció como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Equipo del proyecto

Figura 7 Marco de las medidas para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)⁶

2.5.2 Medidas para el desarrollo de sitios de disposición final nuevos (rellenos sanitarios)

(1) Esclarecer el proceso de aprobación para los planes de SDF nuevos

- MA concede la aprobación al organismo ejecutor para el desarrollo de un sitio de disposición final nuevo
- Requerimientos para la aprobación

<Estas medidas son iguales para el sector público y el sector privado>

- El solicitante deberá presentar el plan del proyecto (incluido el plan de construcción/operación del SDF, el diseño básico, el plan financiero, etc.).
- Confirmar que el plan del proyecto se ajusta al manual/guía para sitios de disposición final nuevos
- Completar el procedimiento de evaluación ambiental de acuerdo con el manual/guía de consideraciones ambientales y sociales.

<Si la solicitud viene del sector público>

- Se debe establecer una mancomunidad.

<Si la solicitud viene del sector privado>

- La empresa privada y la mancomunidad del sector público deben hacer un contrato a largo plazo para el vertido y descarga de residuos.

(2) Promover el desarrollo de planes aprobados para SDF nuevos

- Todos los organismos ejecutores (municipios/sector privado) de los SDF nuevos necesitan la aprobación del desarrollo por parte de MA.
- Se establecerá al menos un sitio de disposición final nuevo de zona amplia para la disposición final de residuos a fin de garantizar que todas las provincias tengan acceso a este.

(3) Obtener recursos financieros para el desarrollo de SDF nuevos

1) Fideicomiso

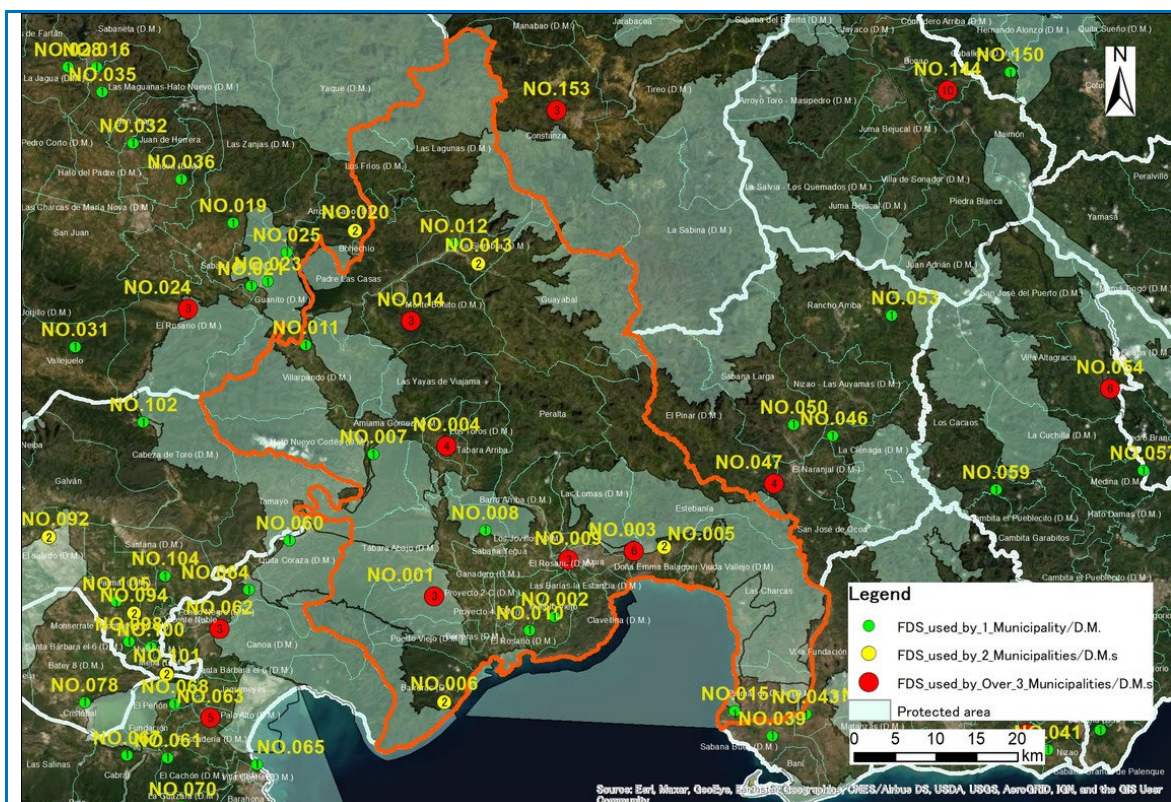
- Proporcionar los recursos para cubrir los costos de implementación del SDF nuevo (construcción/operación) al organismo ejecutor.

3. Plan Regional para SDF

No.1 Azua

Región	Nombre de la Provincia		Azua
	Municipio		Azua, Estebanía, Guayabal, Las Charcas, Las Yayas de Viajama, Padre Las Casas, Peralta, Pueblo Viejo, Sabana Yegua, Tábara Arriba
	Distrito Municipal		Barreras, Barro Arriba, Clavellina, Emma Balaguer Viuda Vallejo, Las Barías-La Estancia, Las Lomas, Los Jovillos, Puerto Viejo, Hatillo, Palmar de Ocoa, Villarpando, Hato Nuevo-Cortés, La Siembra, Las Lagunas, Los Fríos, Monte Bonito, El Rosario, Proyecto 4, Ganadero, Proyecto 2-C, Amiama Gómez, Los Toros, Tábara Abajo.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Azua (1. Azua de Compostela, 2. Clavellina, 3. Emma Balaguer Viuda Vallejo_(DM), 4. Las Barías-La Estancia_(DM), 5. Las Lomas_(DM), 6. Los Jovillos_(DM).) Tábara Arriba (1. Tábara Arriba, 2. Las Yayas de Viajama, 3. Amiama Gómez_(DM), 4. Los Toros_(DM).
		2do Grupo	• N/A
		3er Grupo	• Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• La Mancomunidad de Azua considerará el plan de rehabilitación del SDF de Azua SDF No.003) y creará su plan de regularización. • El SDF de Tábara Arriba (FDS No. 004) se encuentra en un área protegida, por lo que se debe considerar inmediatamente el cierre del SDF y elaborar el plan de cierre. • Los municipios/DMS no incluidos en la mancomunidad de Azua y Tábara Arriba considerarán la posibilidad de participar en estas mancomunidades y considerarán su incorporación a estos vertederos junto con la instalación de una estación de transferencia. Si los Municipios/DMS mencionados anteriormente no pueden unirse a la mancomunidad, ellos mismos crearán su plan de regularización. •
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A

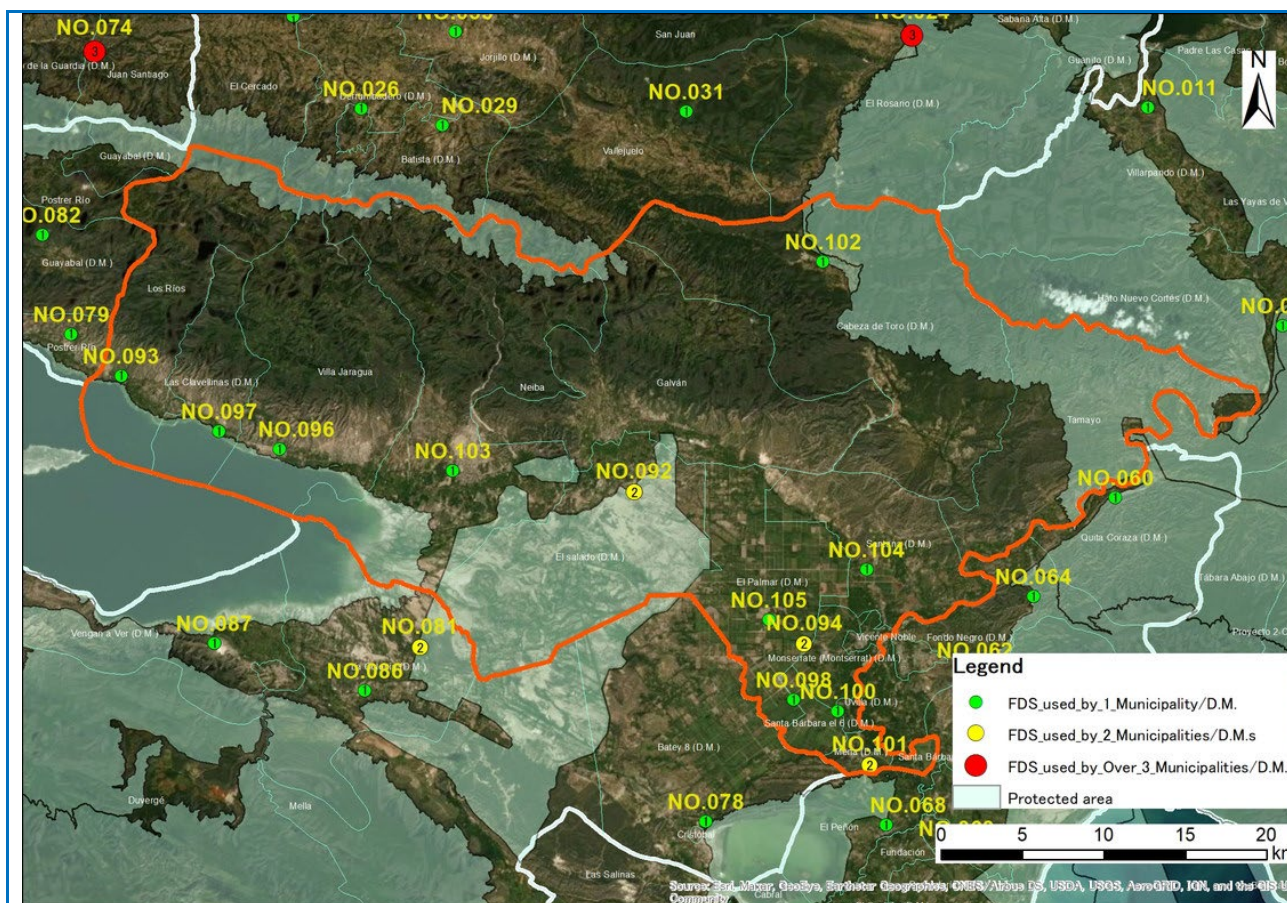
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo	• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo	• No se construirá un SDF nuevo en esta provincia ya que el vertedero de Azua (SDF No.003) promueven la rehabilitación. • Tábara Arriba, Las Yayas de Viajama, Los Toros (DM), Amiama Gómez (DM), que utilizan el SDF de Tábara Arriba (FDS No. 004), establecerán una mancomunidad. Esta mancomunidad se planteará la construcción de un SDF Nuevo. • Sin embargo, si es necesario construir un SDF nuevo durante la evaluación del Plan de Regularización del 3er grupo, el plan de construcción de un SDF nuevo se aclarará en el Plan de Regularización y se aplicará a MA.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.001	Ganadero_(DM),Proyecto_4_(DM),Proyecto_2-C_(DM)	3
NO.002	Pueblo_Viejo	1
NO.003	Azuza_de_Compostela,Clavellina_(DM),Las_Barías-La_Estancia_(DM),Emma_Balaguer_Viuda_Vallejo_(DM),Los_Jovillos_(DM),Las_Lomas_(DM)	6
NO.004	Los_Toros_(DM),Las_Yayas_de_Viajama,Tábara_Arriba,Amiama_Gómez_(DM)	4
NO.005	Las_Charcas,Estebanía	2
NO.006	Puerto_Viejo_(DM),Barreras_(DM)	2
NO.007	Hato_Nuevo-Cortés_(DM)	1
NO.008	Sabana_Yegua	1
NO.009	Tábara_Abajo_(DM),Peralta,Barro_Arriba_(DM)	3
NO.010	El_Rosario_(DM)	1
NO.011	Villarparando_(DM)	1
NO.012	Las_Lagunas_(DM)	1
NO.013	Guayabal,La_Siembra_(DM)	2
NO.014	Padre_Las_Casas,Monte_Bonito_(DM),Los_Fríos_(DM)	3
NO.015	Palmar_de_Ocoa_(DM)	1

No.2 Bahoruco

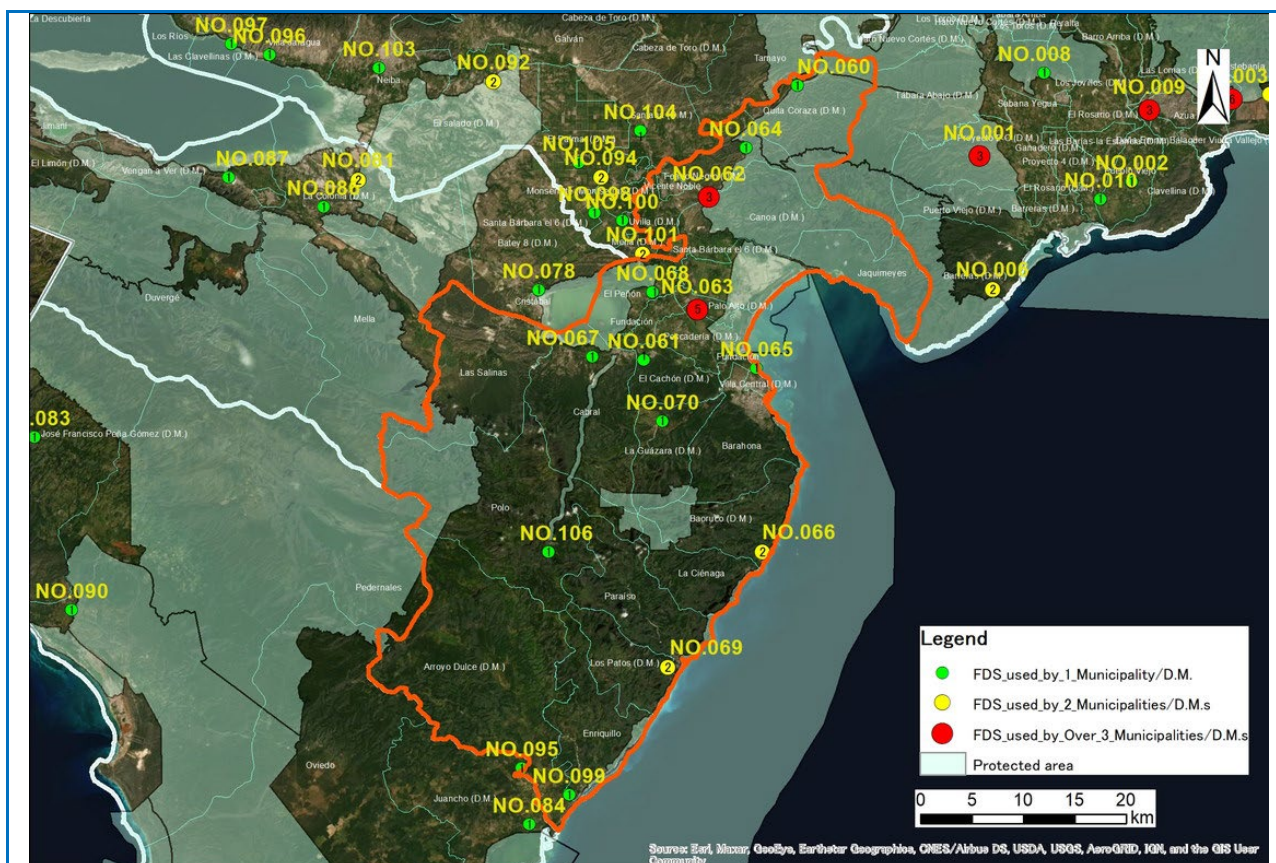
Región	Nombre de la Provincia		Bahoruco
	Municipio		Neiba, Galván, Los Ríos, Tamayo, Villa Jaragua
	Distrito Municipal		El Palmar, El Salado, Las Clavellinas, Cabeza de Toro, Mena, Monserrat, Santa Bárbara-El 6, Santana Uvilla
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	• N/A
		2do Grupo	• N/A
		3er Grupo	• Municipios/DM mencionados arriba
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada municipio elaborará su plan de regularización y lo presentará a MA antes del 2030. • Para el municipio cuyo SDF se planea ser cerrado en el plan de regularización, se requiere considerar la participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.092	El_Salado_(DM),Galván	2
NO.093	Los_Ríos	1
NO.094	Tamayo,Monserrat_(DM)	2
NO.096	Villa_Jaragua	1
NO.097	Las_Clavellinas_(DM)	1
NO.098	Santa_Bárbara-El_6_(DM)	1
NO.100	Uvilla_(DM)	1
NO.101	Mena_(DM),Batey 8 (DM)	2
NO.102	Cabeza_de_Toro_(DM)	1
NO.103	Neiba	1
NO.104	Santana_(DM)	1
NO.105	El_Palmar_(DM)	1

No.3 Barahona

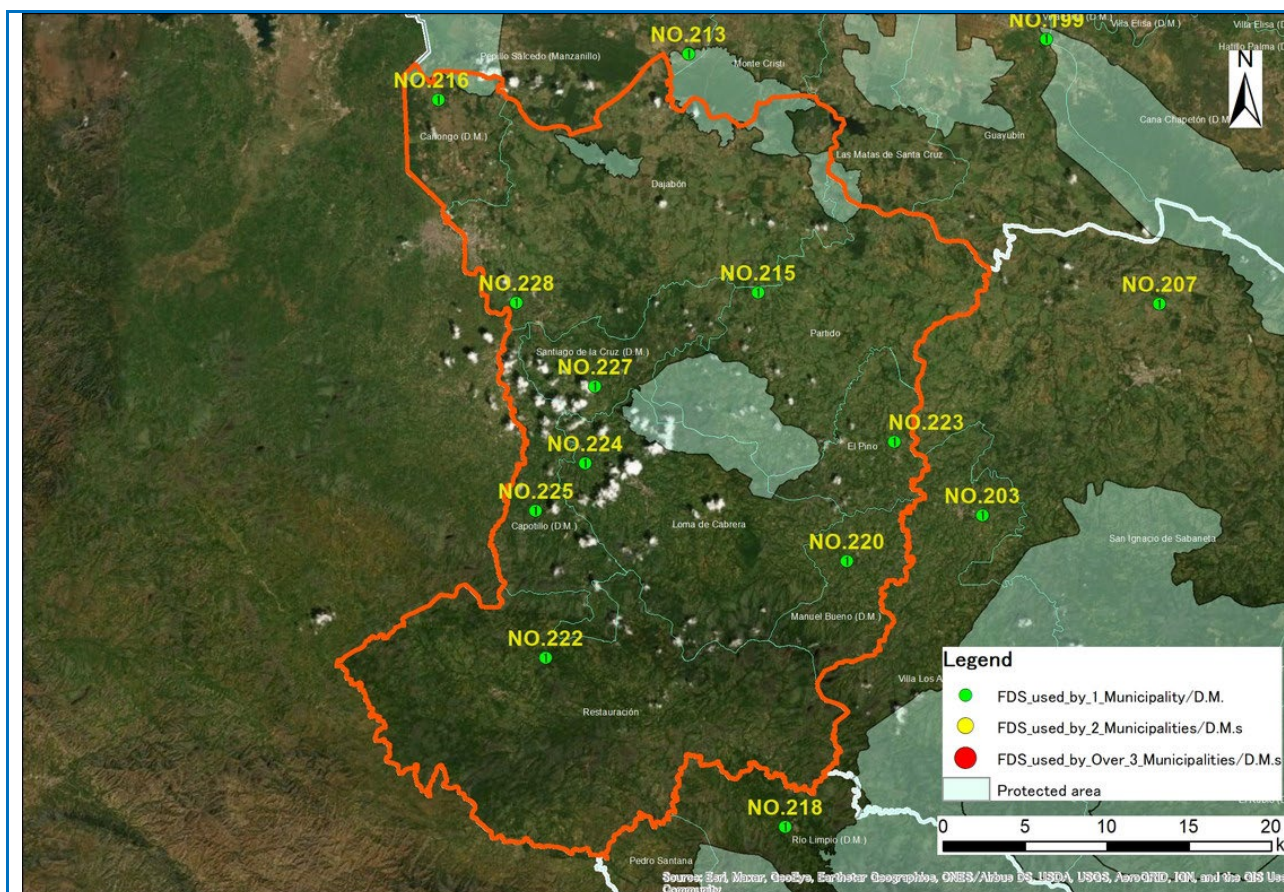
Región	Nombre de la Provincia		Barahona
	Municipio		Barahona, Cabral, El Peñón, Enriquillo, Fundación, Jaquimeyes, La Ciénaga, Las Salinas, Paraíso, Polo, Vicente Noble.
	Distrito Municipal		El Cachón, La Guázara, Villa Central, Arroyo Dulce, Pescadería, Palo Alto, Bahoruco, Los Patos, Canoa, Fondo Negro, Quita Coraza.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Palo Alto_(DM) (1. Barahona, 2. Fundación, 3. Las Salinas, 4. Pescadería_(DM), 5. Palo Alto (DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del SDF de Palo Alto (SDF No. 063) y se elaborará el plan de regularización. Si se trata de un cierre, es necesario aclarar el plan de desarrollo de un SDF nuevo (relleno sanitario) que se va a llevar a cabo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.060	Quita_Coraza_(DM)	1
NO.061	El_Cachón_(DM)	1
NO.062	),Jaquimeyes, Vicente_Noble, Canoa_(DM)	3
NO.063	Palo_Alto_(DM), Barahona, Fundación, Las_Salinas, Pescadería_(DM),	5
NO.064	Fondo_Negro_(DM)	1
NO.065	Villa_Central_(DM)	1
NO.066	Bahoruco_(DM),La_Ciénaga	2
NO.067	Cabral	1
NO.068	El_Peñón	1
NO.069	Paraíso,Los_Patos_(DM)	2
NO.070	La_Guázara_(DM)	1
NO.095	Arroyo_Dulce_(DM)	1
NO.099	Enriquillo	1
NO.106	Polo	1

No.4 Dajabón

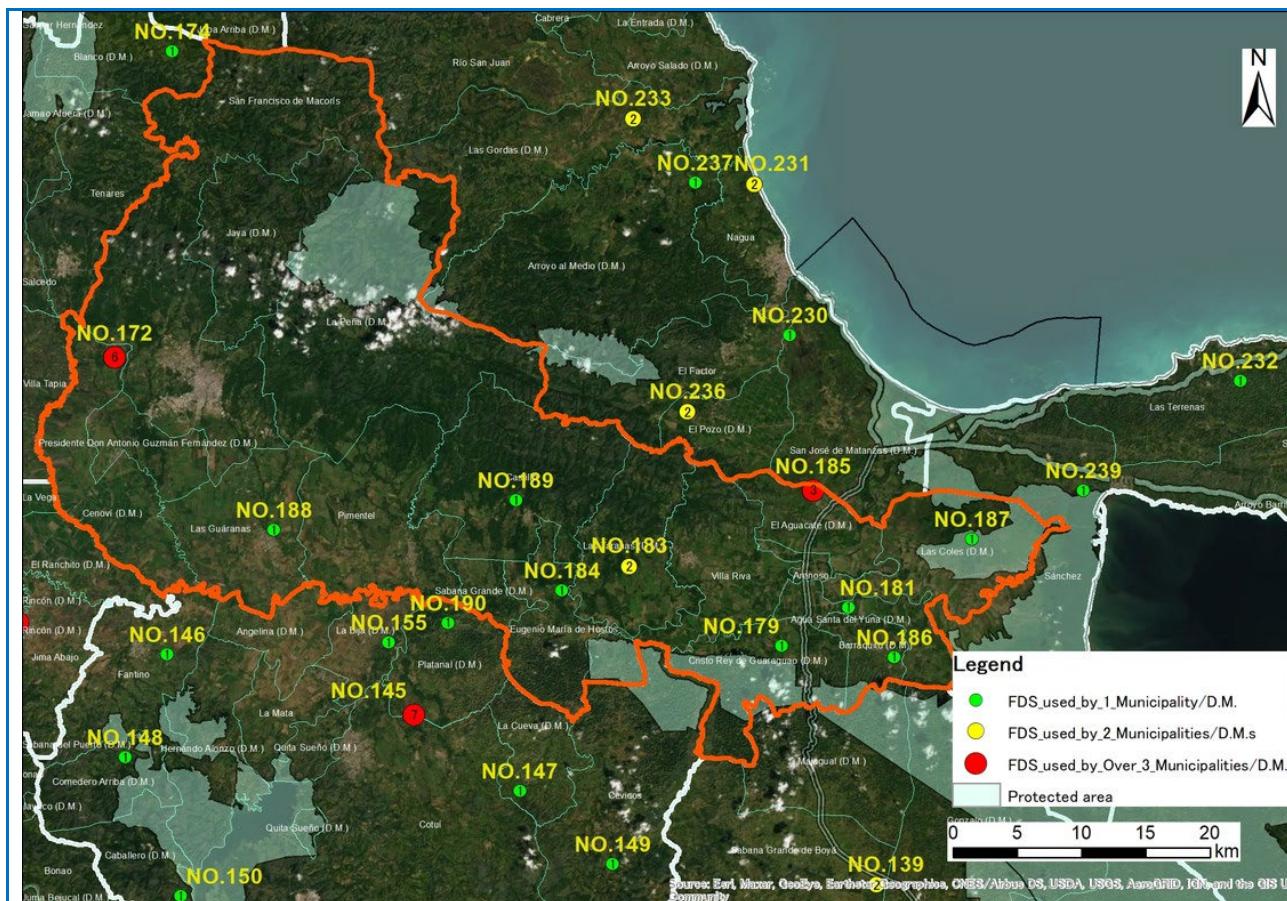
Región	Nombre de la Provincia		Dajabón
	Municipio		Dajabón, El Pino, Loma de Cabrera, Partido, Restauración.
	Distrito Municipal		Cañongo, Manuel Bueno, Capotillo, Santiago de la Cruz.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Dajabón
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	Se considerará la clausura/construcción de un SDF nuevo en Dajabón (SDF N° 228) y se elaborará el plan de regularización.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Existe un plan para la construcción de un SDF nuevo en Dajabón.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando Dajabón considere la construcción de un SDF nuevo (relleno sanitario), al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.215	Partido	1
NO.216	Cañongo_(DM)	1
NO.220	Manuel_Bueno_(DM)	1
NO.222	Restauración	1
NO.223	El_Pino	1
NO.224	Loma_de_Cabrera	1
NO.225	Capotillo_(DM)	1
NO.227	Santiago_de_la_Cruz_(DM)	1
NO.228	Dajabón	1

No.5 Duarte

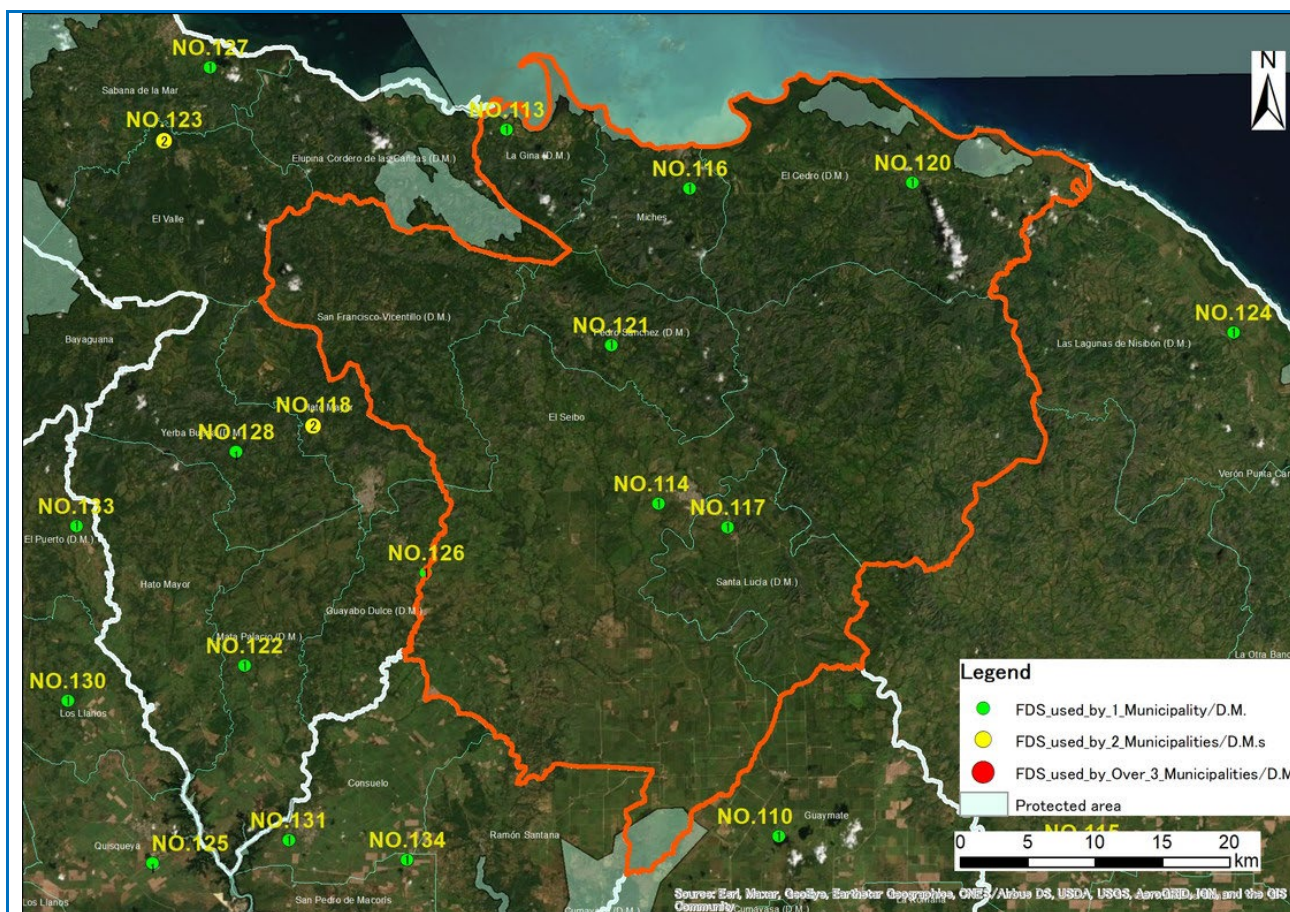
Región	Nombre de la Provincia		Duarte
	Municipio		San Francisco de Macorís, Arenoso, Castillo, Eugenio María de Hostos, Las Guáranas, Pimentel, Villa Riva.
	Distrito Municipal		Cenoví, Jaya, La Peña, Presidente Don Antonio Guzmán Fernández, Aguacate, Los Coles, Sabana Grande, Agua Santa del Yuna, Barraquito, Cristo Rey de Guaraguo, Las Táranas.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	San Francisco de Macorís (1. San Francisco de Macorís, 2. Tenares, 3. Cenoví_(DM), 4. Jaya_(DM), 5. La Peña_(DM), 6. Presidente Don Antonio Guzmán Fernández_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre/construcción de un SDF nuevo/instalación de recuperación de materiales del sitio de disposición final de San Francisco de Macorís (SDF No.172), y se elaborará el plan de regularización.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Se está considerando la construcción de un SDF Nuevo en San Francisco de Macorís.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.172	San_Francisco_de_Macorís, Tenares, Cenoví, La_Peña_(DM), Presidente_Don_Antonio_Guzmán_Fernández_(DM),Jaya_(DM),	6
NO.179	Cristo_Rey_de_Guaraguo_(DM)	1
NO.181	Agua_Santa_del_Yuna_(DM)	1
NO.183	Las_Táranas_(DM),Villa_Riva	2
NO.184	Eugenio_María_de_Hostos	1
NO.185	Arenoso, Sabana_Grande (DM), El_Aguacate_(DM),	3
NO.186	Barraquito_(DM)	1
NO.187	Las_Coles_(DM)	1
NO.188	Las_Guáranas	1
NO.189	Castillo	1

No.6 El Seibo

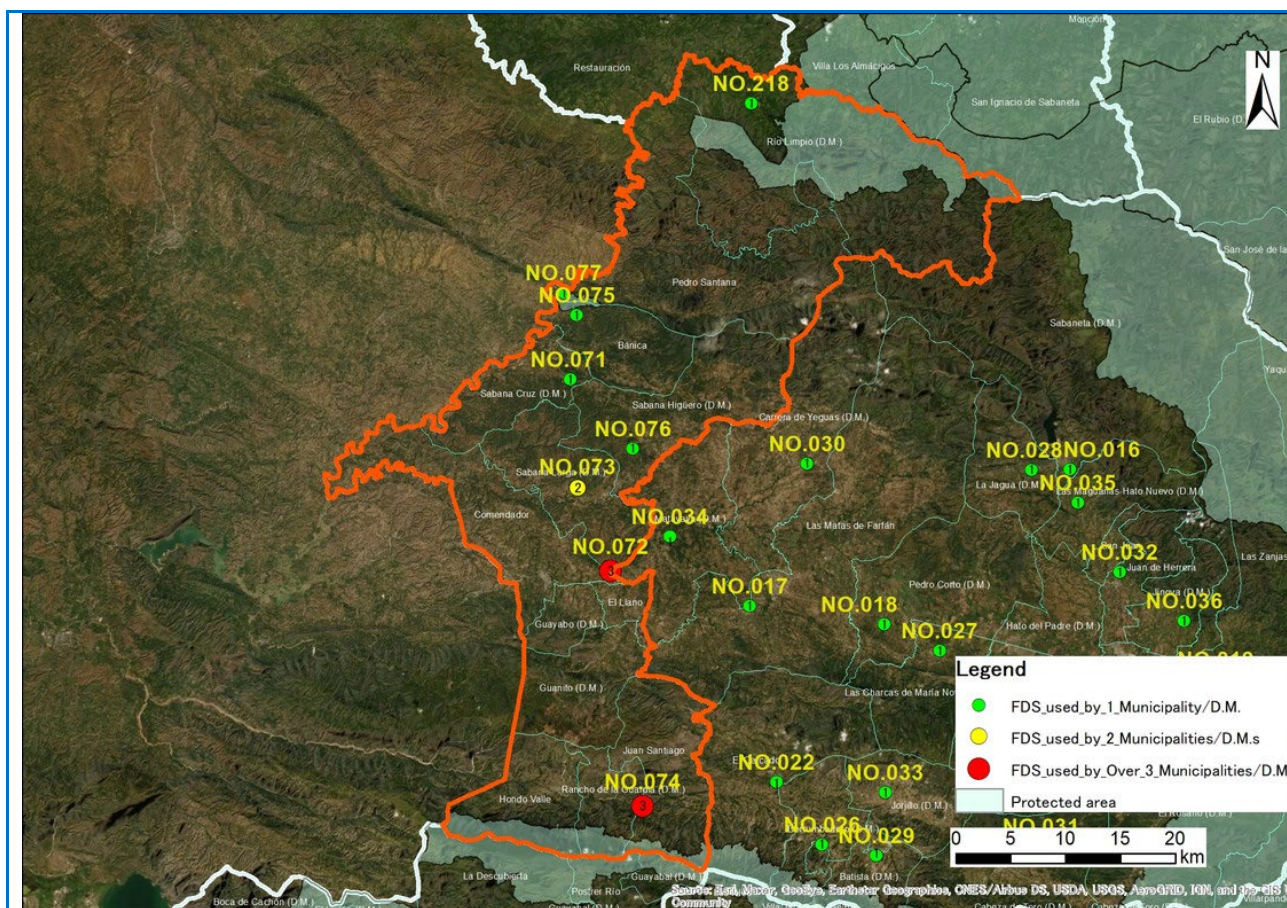
Región	Nombre de la Provincia		El Seibo
	Municipio		El Seibo, Miches.
	Distrito Municipal		Pedro Sánchez, San Francisco-Vicentillo, Santa Lucía, El Cedro, La Gina
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada Municipio/DM elaborará el plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030. • Los Municipios/DM previstos a clausurar su sitio en el plan de regularización, requieren considerar su participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.113	La_Gina_(DM)	1
NO.114	El_Seibo	1
NO.116	Miches	1
NO.117	Santa_Lucía_(DM)	1
NO.120	El_Cedro_(DM)	1
NO.121	Pedro_Sánchez_(DM)	1

No.7 Elías Piña

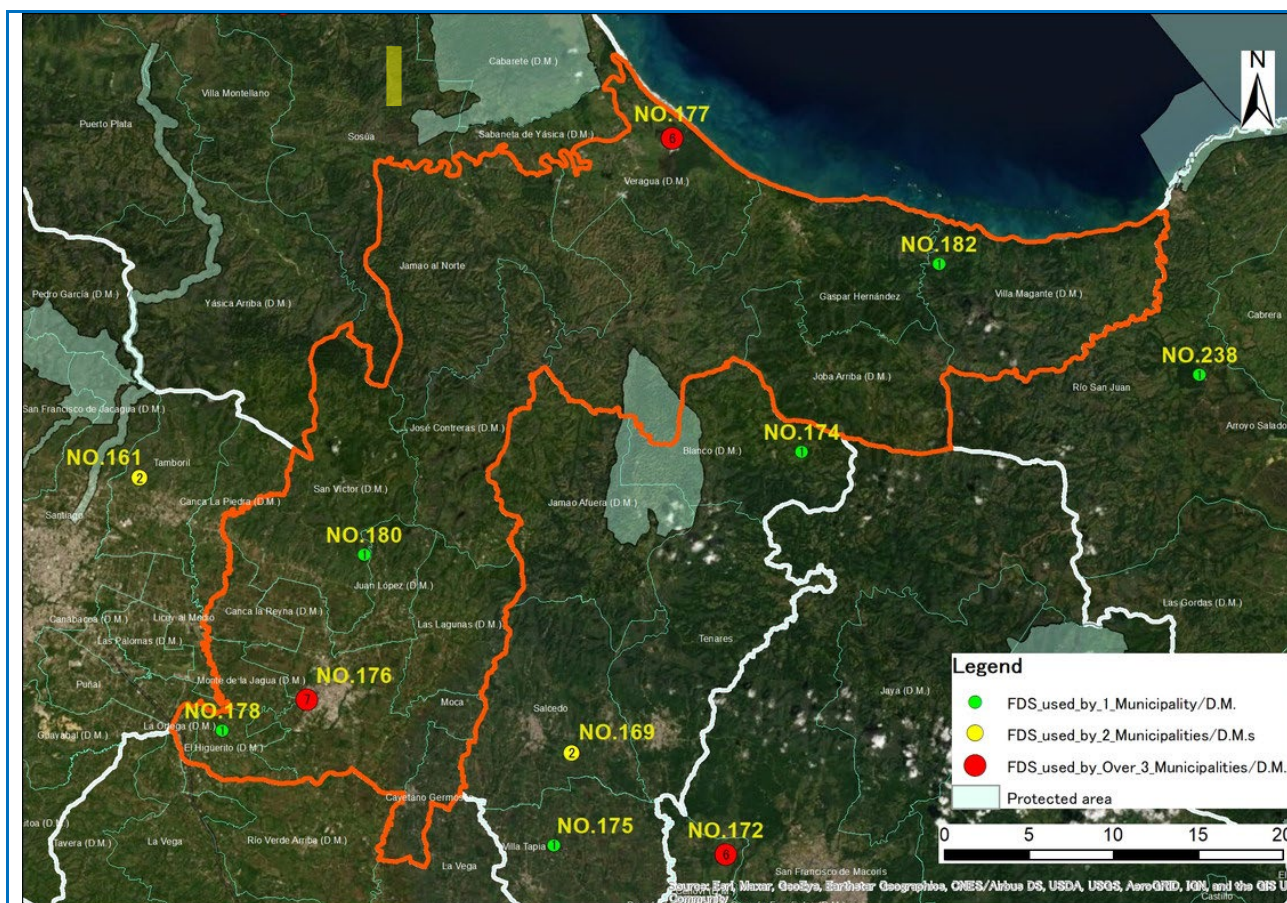
Región	Nombre de la Provincia		Elías Piña
	Municipio		Comendador, Bánica, El Llano, Hondo Valle, Juan Santiago, Pedro Santana.
	Distrito Municipal		Guayabo, Sabana Larga, Sabana Cruz, Sabana Higuero, Guanito, Rancho de la Guardia, Río Limpio.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada Municipio/DM elaborará el plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030. • Los Municipios/DM previstos a clausurar su sitio en el plan de regularización, requieren considerar su participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D. M.
NO.071	Sabana_Cruz_(DM)	1
NO.072	Comendador,Guayabo_(DM),El_Llano	3
NO.073	Sabana_Larga_(DM),Guanito_(DM)	2
NO.074	Hondo_Valle,Rancho_de_la_Guardia_(DM),Juan_Santiago	3
NO.075	Bánica	1
NO.076	Sabana_Higüero_(DM)	1
NO.077	Pedro_Santana	1
NO.218	Río_Limpio_(DM)	1

No.8 Espaillat

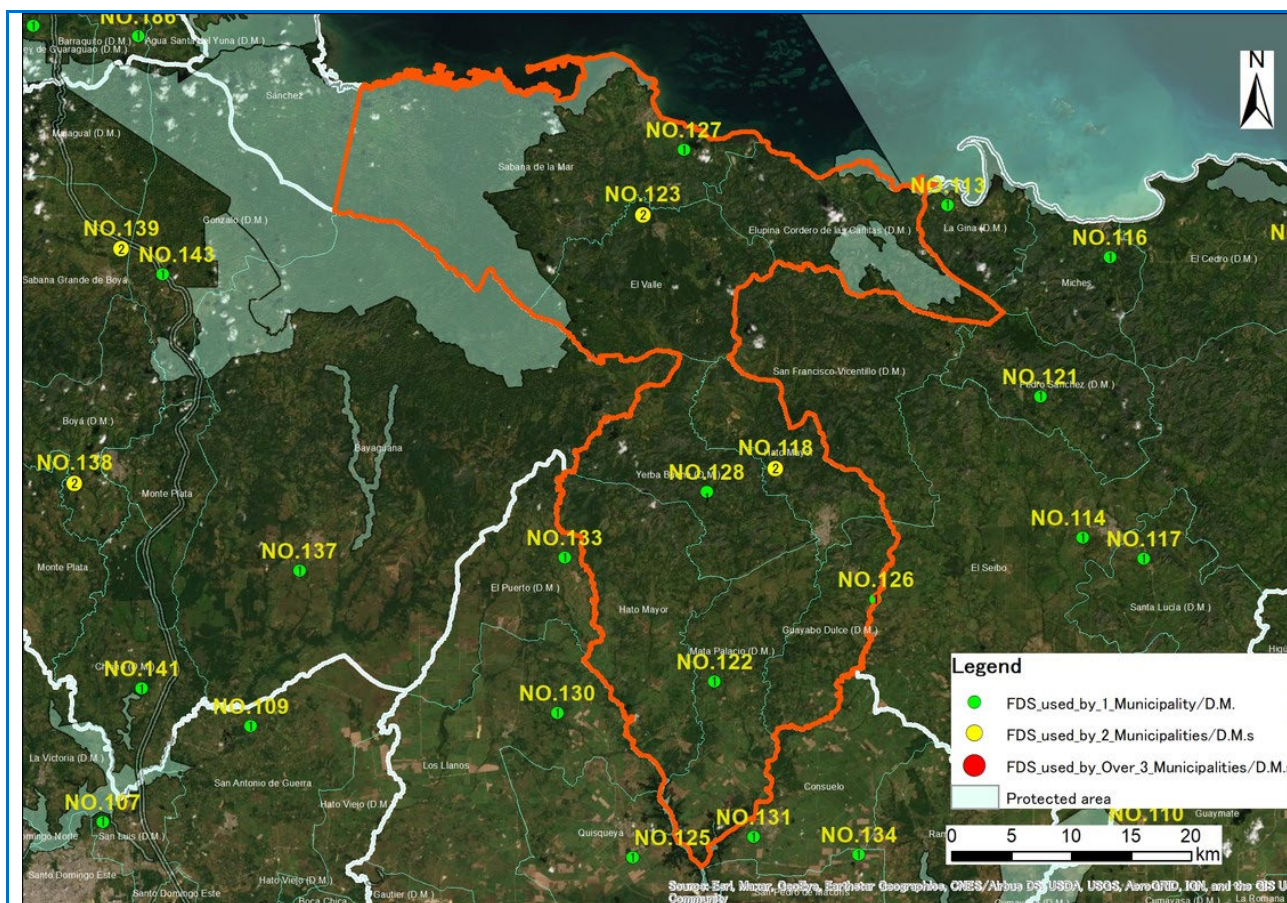
Región	Nombre de la Provincia		Espaillat
	Municipio		Moca, Cayetano Germosén, Gaspar Hernández, Jamao al Norte.
	Distrito Municipal		Canca La Reina, El Higuerito, José Contreras, Juan López, La Ortega, Las Lagunas, Monte de la Jagua, San Víctor, Joba Arriba, Veragua, Villa Magrante.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Moca (1. Moca, 2. Cayetano Germosén, 3. Canca La Reina_(DM), 4. José Contreras_(DM), 5. Las Lagunas_(DM), 6. Monte de la Jagua_(DM), 7. San Víctor_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Moca (SDF N° 176) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere esclarecer el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.176	Moca, Cayetano_Germosén, Monte_de_la_Jagua_(DM), Canca_La_Reina_(DM), Las_Lagunas_(DM), San_Víctor (DM), José_Contreras_(DM)	7
NO.177	Jamao_al_Norte, Joba_Arriba_(DM), Sabaneta_de_Yásica_(DM), Gaspar_Hernández,Veragua_(DM), Cabarete_(DM)	6
NO.178	El_Higüerito_(DM)	1
NO.180	Juan_López_(DM)	1
NO.182	Villa_Magante_(DM)	1

No.9 Hato Mayor

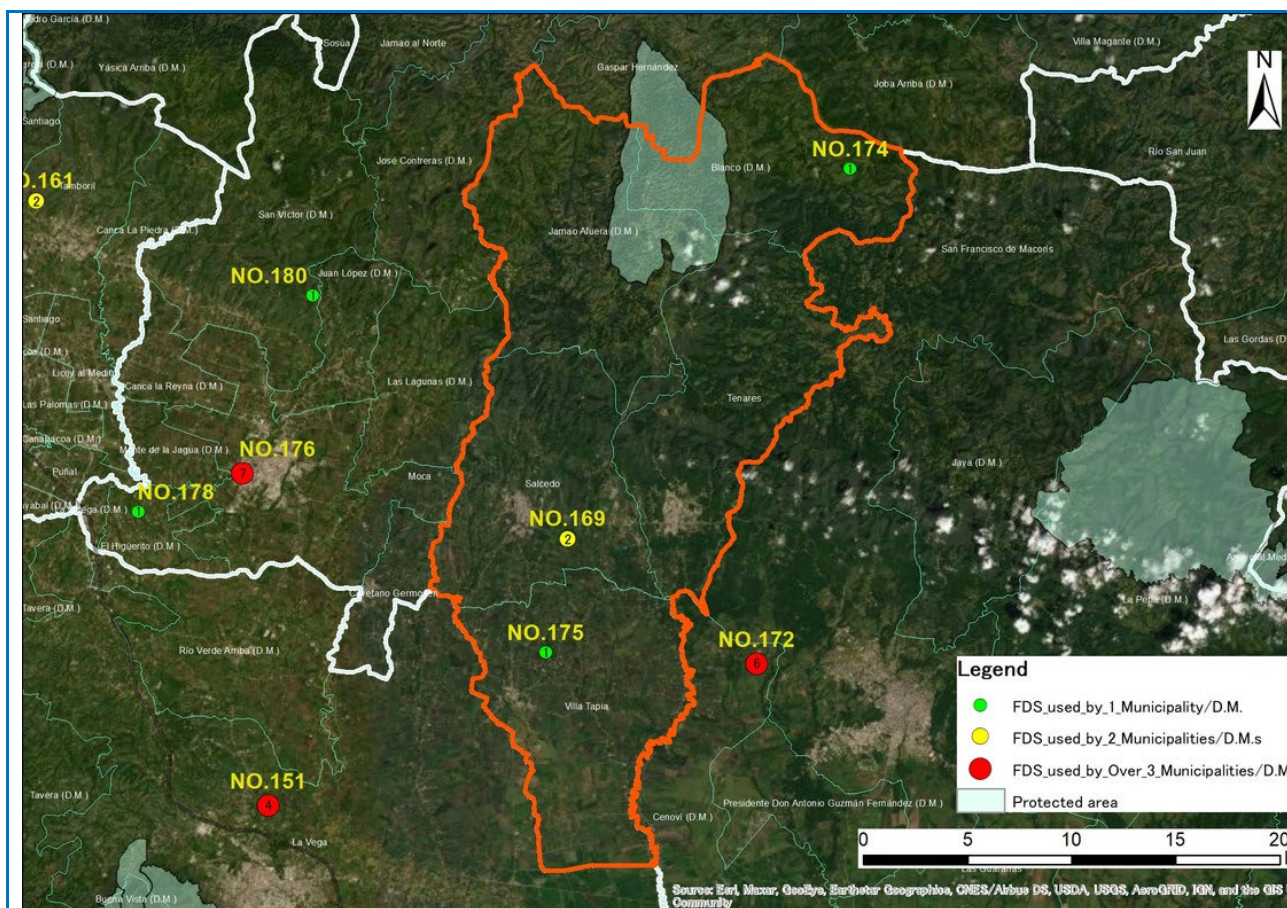
Región	Nombre de la Provincia		Hato Mayor
	Municipio		Hato Mayor, El Valle, Sabana de la Mar.
	Distrito Municipal		Guayabo Dulce, Mata Palacio, Yerba Buena, Elupina Cordero de las Cañitas.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada Municipio/DM elaborará el plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030. • Los Municipios/DM previstos a clausurar su sitio en el plan de regularización, requieren considerar su participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio /D.M
NO.118	San_Francisco-Vicentillo_(DM),Hato_Mayor_del_Rey	2
NO.122	Mata_Palacio_(DM)	1
NO.123	El_Valle,Elupina_Cordero_de_Las_Cañitas_(DM)	2
NO.126	Guayabo_Dulce_(DM)	1
NO.127	Sabana_de_la_Mar	1
NO.128	Yerba_Buena_(DM)	1

No.10 Hermanas Mirabal

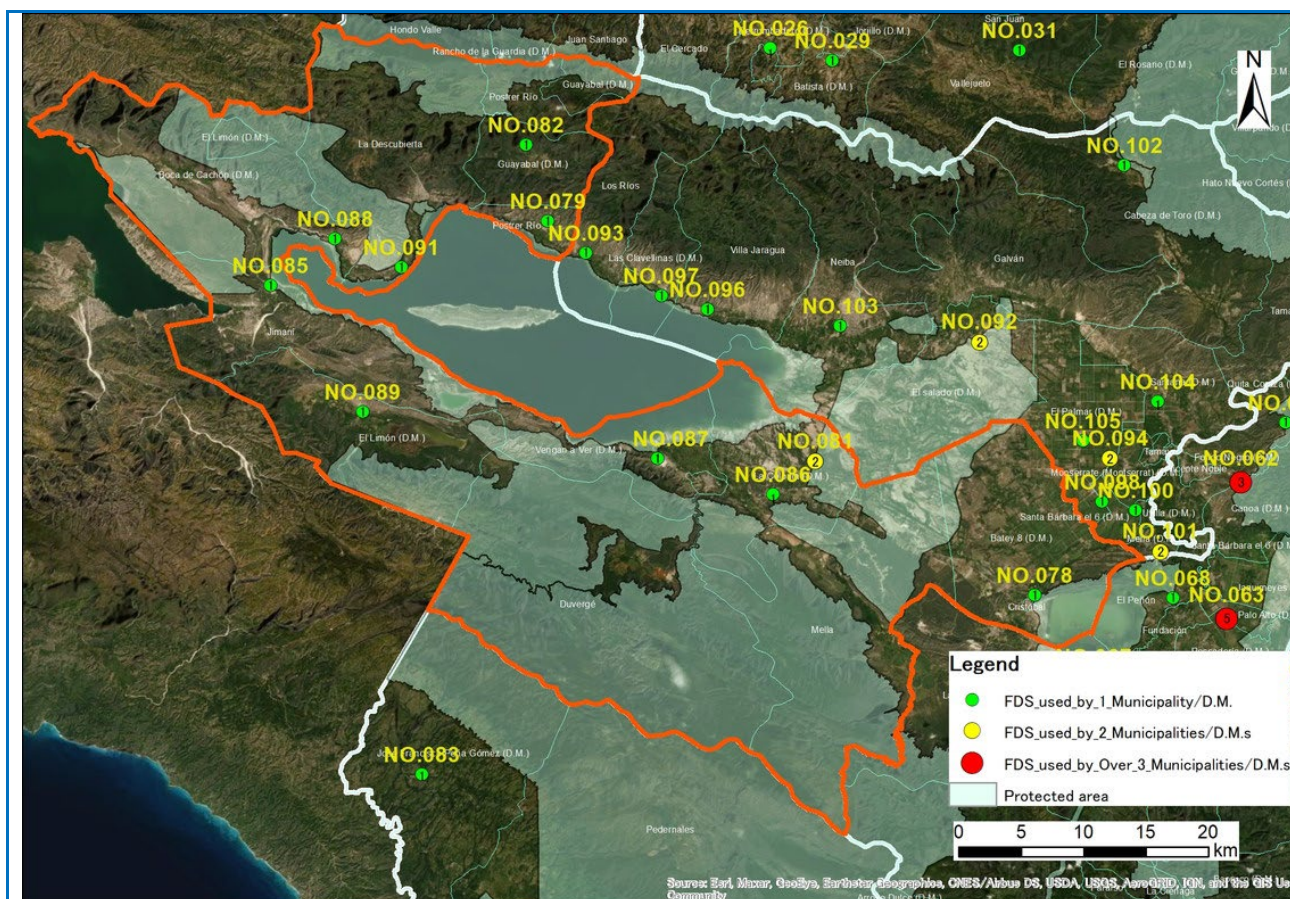
Región	Nombre de la Provincia		Hermanas Mirabal
	Municipio		Salcedo, Tenares, Villa Tapia
	Distrito Municipal		Jamao Afuera, Blanco
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Salcedo (1. Salcedo, 2. Jamao_Afuera_(DM)) Villa Tapia (1. Villa Tapia)
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Salcedo (SDF N° 169) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere esclarecer el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Se está considerando la construcción de un SDF nuevo en San Francisco de Macorís.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M	
NO.169	Salcedo, Jamao_Afuera_(DM)	2	
NO.174	Blanco_(DM)	1	
NO.175	Villa_Tapia	1	

No.11 Independencia

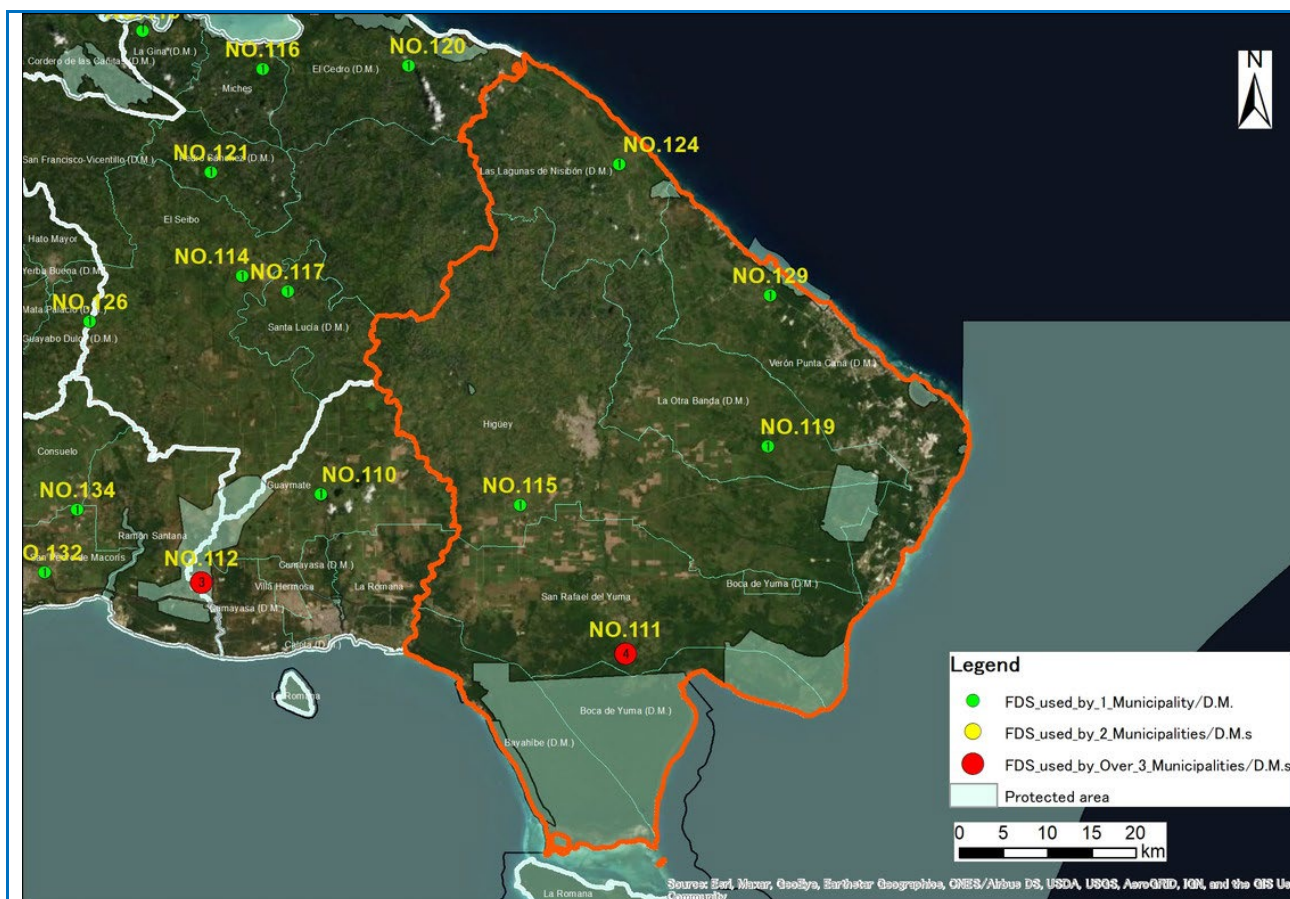
Región	Nombre de la Provincia		Independencia
	Municipio		Jimaní, Cristóbal, Duvergé, La Descubierta, Mella, Postrer Río.
	Distrito Municipal		Boca de Cachón, El Limón, Batey 8, Vengan a Ver, La Colonia, Guayabal.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada Municipio/DM elaborará el plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030. • Los Municipios/DM previstos a clausurar su sitio en el plan de regularización, requieren considerar su participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.078	Cristóbal	1
NO.079	Postrer_Río	1
NO.081	Mella,La Colonia (DM)	2
NO.082	Guayabal (DM)	1
NO.085	Jimaní	1
NO.086	Duverge	1
NO.087	Vengan_a_Ver_(DM)	1
NO.088	Boca de Cachón (DM)	1
NO.089	El_Limon_(DM)	1
NO.091	La_Descubierta	1

No.12 La Altagracia

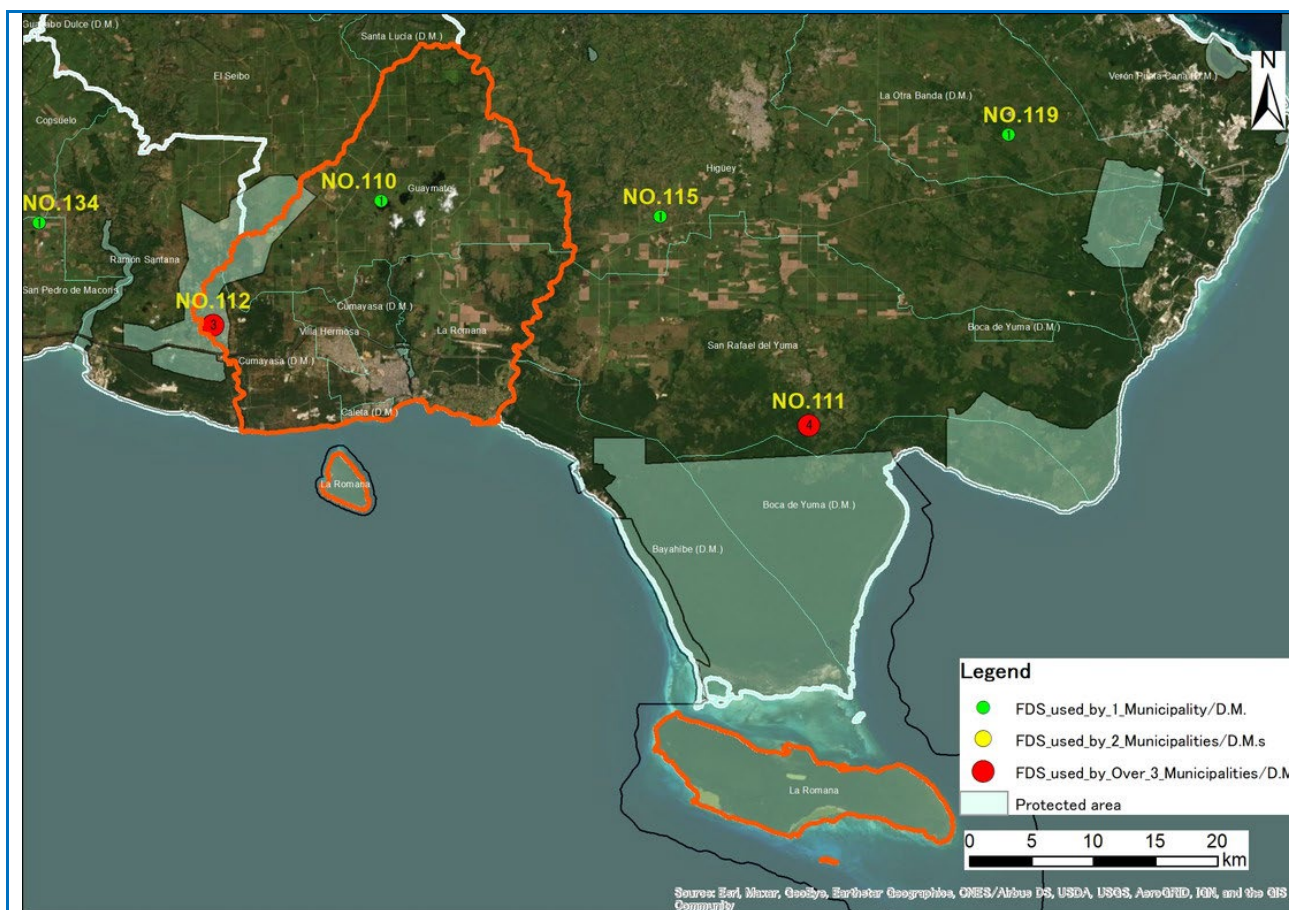
Región	Nombre de la Provincia		La Altagracia
	Municipio		Higüey, San Rafael del Yuma
	Distrito Municipal		La Otra Banda, Lagunas de Nisibón, Verón-Punta Cana, Bayahíbe, Boca de Yuma.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Higüey (1. Higüey) Verón Punta Cana (1. Verón Punta Cana (DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Higüey (SDF N° 115) y el Vertedero de Verón-Punta Cana y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere esclarecer el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF nuevo en Vermont.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.111	San_Rafael_del_Yuma, Boca_de_Yuma_(DM), Bayahibe_(DM), Cumayasa_(DM)	4
NO.115	Higüey	1
NO.119	La_Otra_Banda_(DM)	1
NO.124	Lagunas_de_Nisibón_(DM)	1
NO.129	Verón-Punta_Cana_(DM)	1

No.13 La Romana

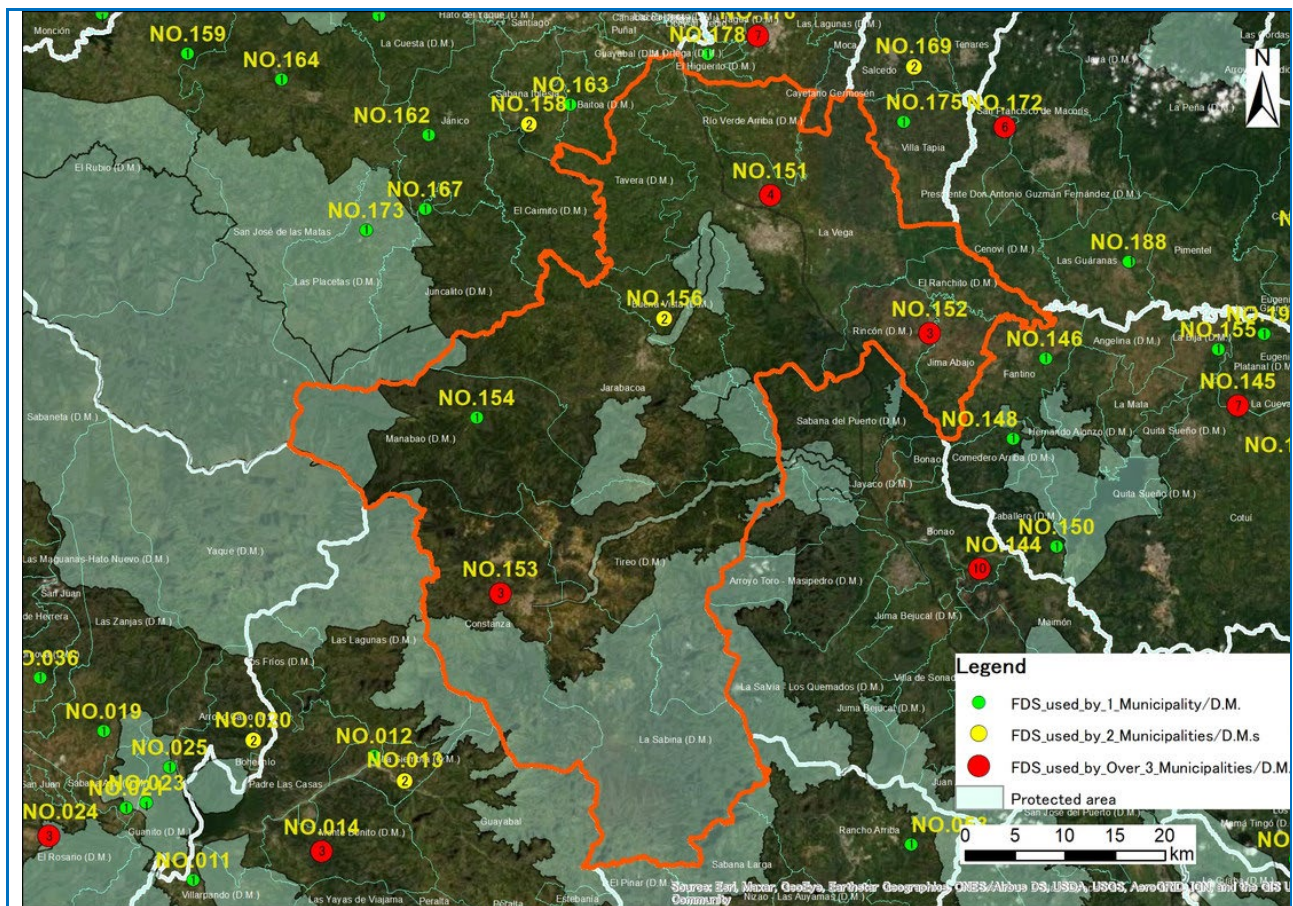
Región	Nombre de la Provincia		La Romana
	Municipio		La Romana, Guaymate, Villa Hermosa
	Distrito Municipal		Caleta, Cumayasa
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	La Romana (1. La Romana, 2. Villa Hermosa, 3. Caleta_(DM)).
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se estudiará el cierre del vertedero de La Romana (SDF N° 110 y 112) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, es necesario aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo. Al mismo tiempo, se estudiará la posibilidad de construir una estación de transferencia al SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF nuevo en Vermont.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio/D.M.
NO.110	La_Romana	1
NO.112	La_Romana, Villa_Hermosa, Caleta_(DM)	3

No.14 La Vega

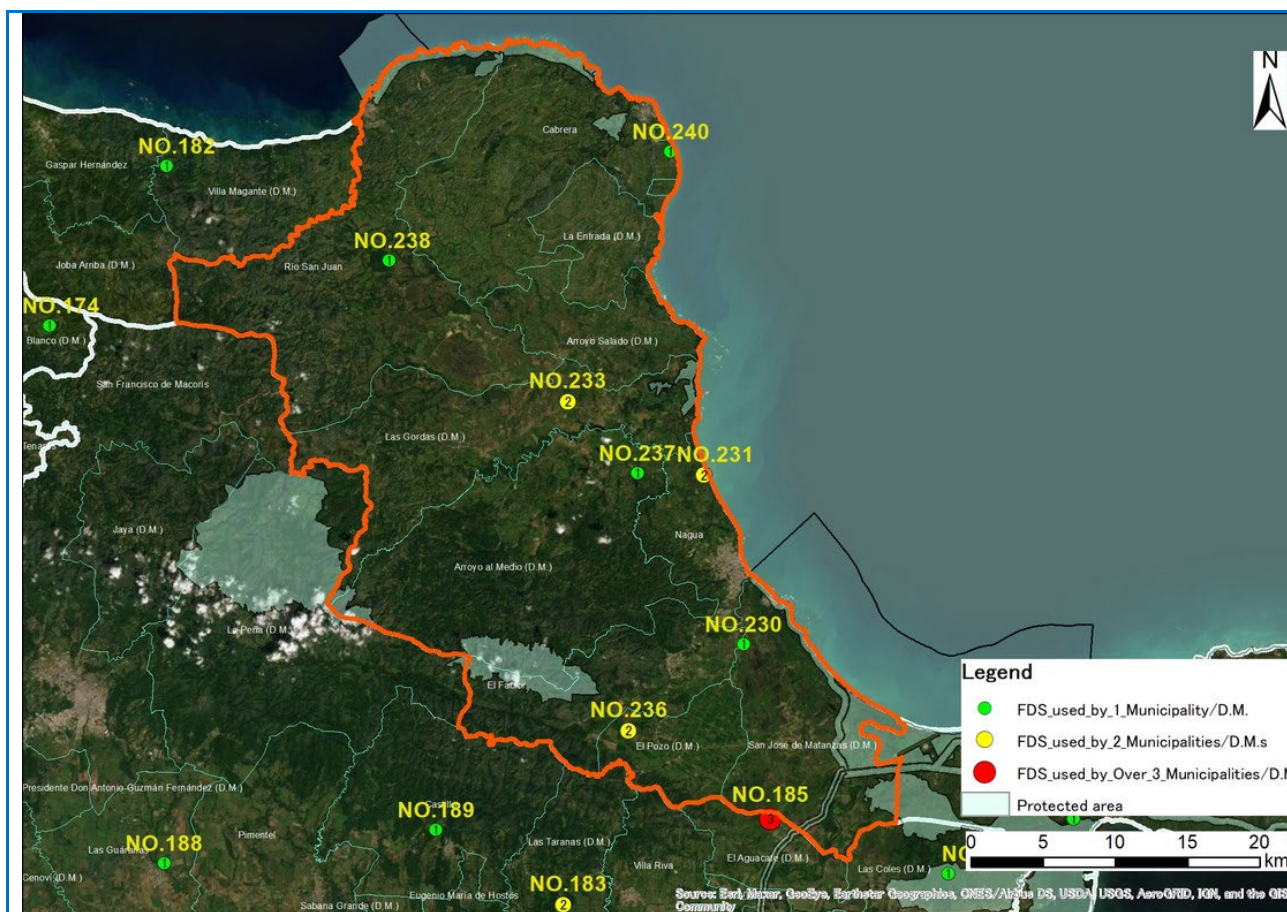
Región	Nombre de la Provincia		La Vega
	Municipio		La Concepción de La Vega, Constanza, Jarabacoa, Jima Abajo
	Distrito Municipal		El Ranchito, Río Verde Arriba, Barranca, Taveras, La Sabina, Tireo, Buena Vista, Manabao, Rincón.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	La Vega (1. La Concepción de La Vega, 2. Río Verde Arriba_(DM), 3. Barranca_(DM), 4. Taveras_(DM)) Constanza (1. Constanza, 2. La Sabina_(DM), 3. Tireo_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	- En el 1er grupo, La Vega considerará el cierre del Vertedero de Soto (SDF N° 151) y elaborará su plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo. - En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/ cierre/ construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Constanza (SDF N° 153) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF nuevo.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.151	La_Concepción_de_La_Vega, Barranca_(DM), Taveras_(DM), Río_Verde_Arriba_(DM)	4
NO.152	Jima_Abajo, Rincón_(DM), El_Ranchito_(DM)	3
NO.153	Constanza,La_Sabina_(DM), Tireo_(DM)	3
NO.154	Manabao_(DM)	1
NO.156	Jarabacoa,Buena_Vista_(DM)	2

No.15 María Trinidad Sánchez

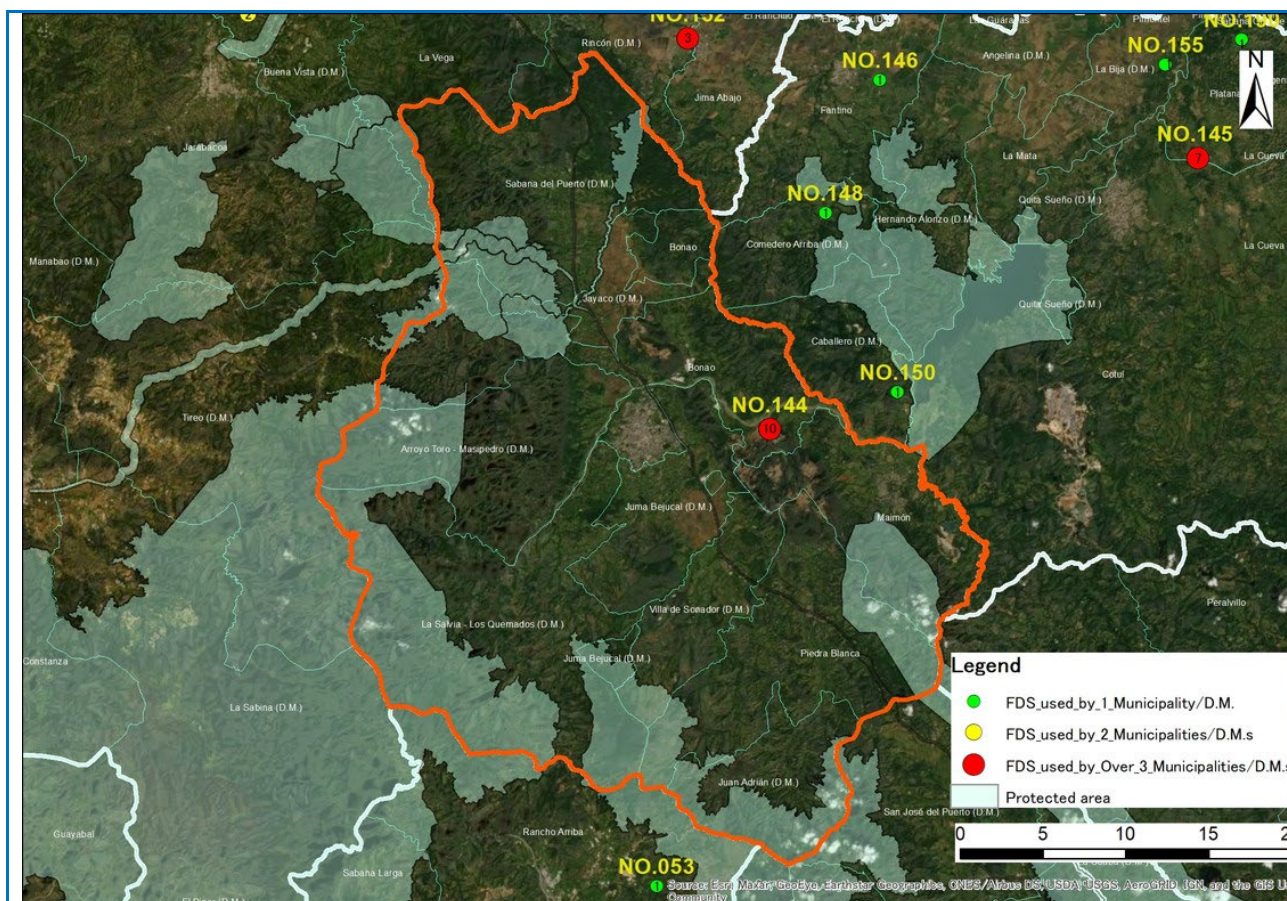
Región	Nombre de la Provincia		María Trinidad Sánchez
	Municipio		Nagua, Cabrera, El Factor, Río San Juan
	Distrito Municipal		Arroyo al Medio, Las Gordas, San José de Matanzas, Arroyo Salado, La Entrada, El Pozo
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Nagua (1. Nagua, 2 Arroyo Salado (DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Nagua (SDF N° 231) y elaborará su plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF nuevo en Nagua.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.230	San_Jose_de_Matanzas_(DM)	1
NO.231	Nagua, Arroyo_Salado_(DM)	2
NO.233	Las_Gordas_(DM), La_Entrada_(DM)	2
NO.236	El_Factor,El_Pozo_(DM)	2
NO.237	Arroyo_al_Medio_(DM)	1
NO.238	Río_San_Juan	1
NO.240	Cabrera	1

No.16 Monseñor Nouel

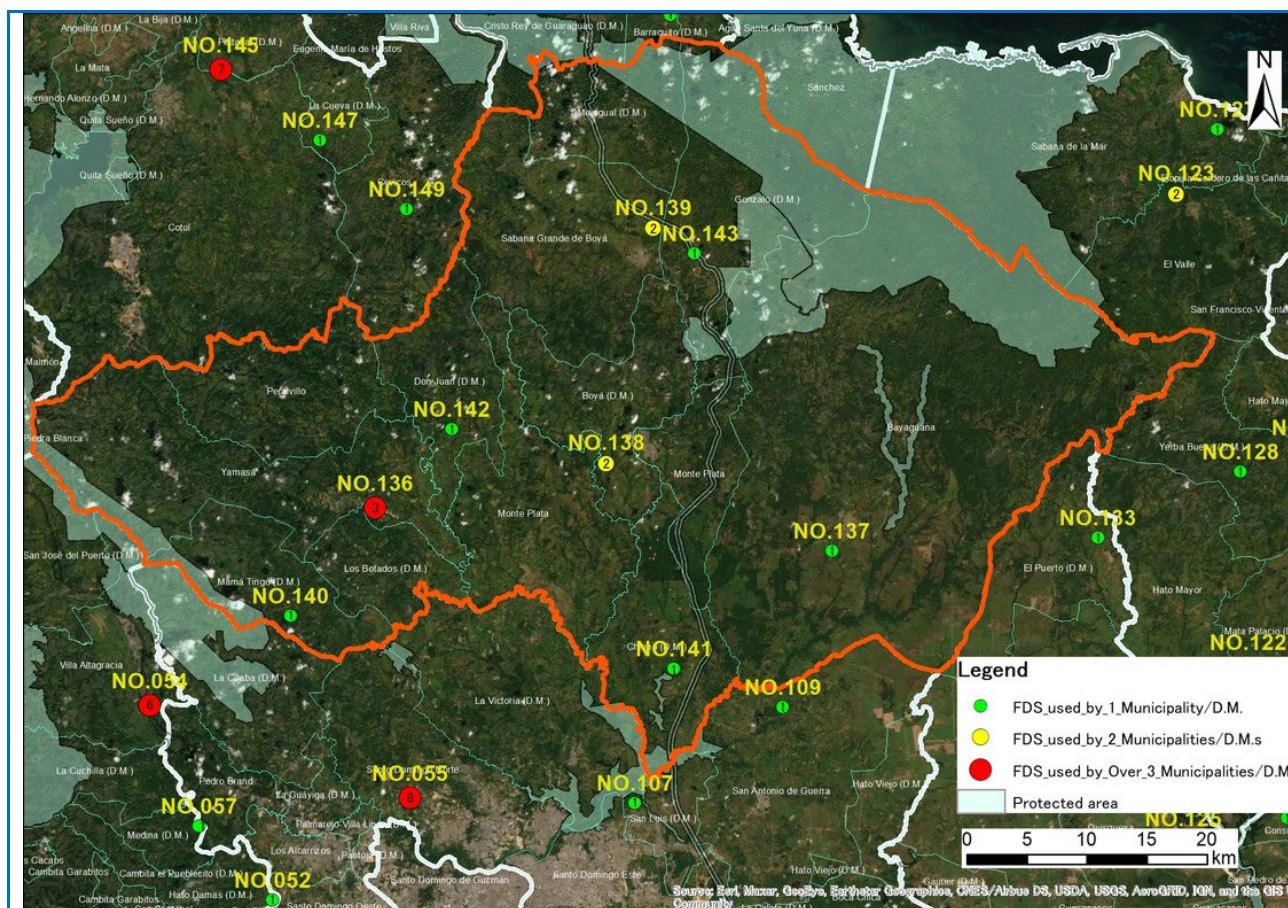
Región	Nombre de la Provincia		Monseñor Nouel
	Municipio		Bonao, Maimón, Piedra Blanca
	Distrito Municipal		Arroyo Toro-Masipetro, La Salvia-Los Quemados, Jayaco, Juma Bejucal, Sabana del Puerto, Juan Adrián, Villa Sonador
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Bonao (1. Bonao, 2. Maimón, 3. Piedra Blanca, 4. Arroyo Toro-Masipetro_(DM), 5. La Salvia-Los Quemados_(DM), 6. Jayaco_(DM), 7. Juma Bejucal_(DM), 8. Sabana del Puerto_(DM), 9. Juan Adrián_(DM), 10. Villa Sonador_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/ cierre/ construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Bonao (SDF N° 144) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		La Liga Municipal Dominicana (LMD) está coordinando el establecimiento de una Mancomunidad en esta provincia.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		La mancomunidad decidirá el sitio para la construcción del SDF nuevo



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio /D.M
NO.144	Bonao, Maimón, Juma_Bejucal_(DM), Jayaco_(DM), La_Salvia-Los_Quemados_(DM), Piedra_Blanca,Villa_Sonador_(DM), Sabana_del_Puerto_(DM), Juan_Adrián_(DM), Arroyo_Toro-Masapedro_(DM)	10

No.17 Monte Plata

Región	Nombre de la Provincia		Monte Plata
	Municipio		Monte Plata, Bayaguana, Peralvillo, Sabana Grande de Boyá, Yamasá.
	Distrito Municipal		Boyá, Chirino, Don Juan, Gonzalo, Majagual, Los Botados, Mamá Tingó
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Yamasá (1. Yamasá, 2. Peralvillo, 3. Los Botados_(DM).
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Yamasá (SDF N° 136) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Se está considerando la posibilidad de construir un SDF nuevo
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.136	Yamasá, Peralvillo, Los_Botados_(DM),	3
NO.137	Bayaguana	1
NO.138	Monte_Plata,Boyá_(DM)	2
NO.139	Sabana_Grande_de_Boyá, Majagual_(DM)	2
NO.140	Mamá_Tingo_(DM)	1
NO.141	Chirino_(DM)	1
NO.142	Don_Juan_(DM)	1
NO.143	Gonzalo_(DM)	1

No.18 Montecristi

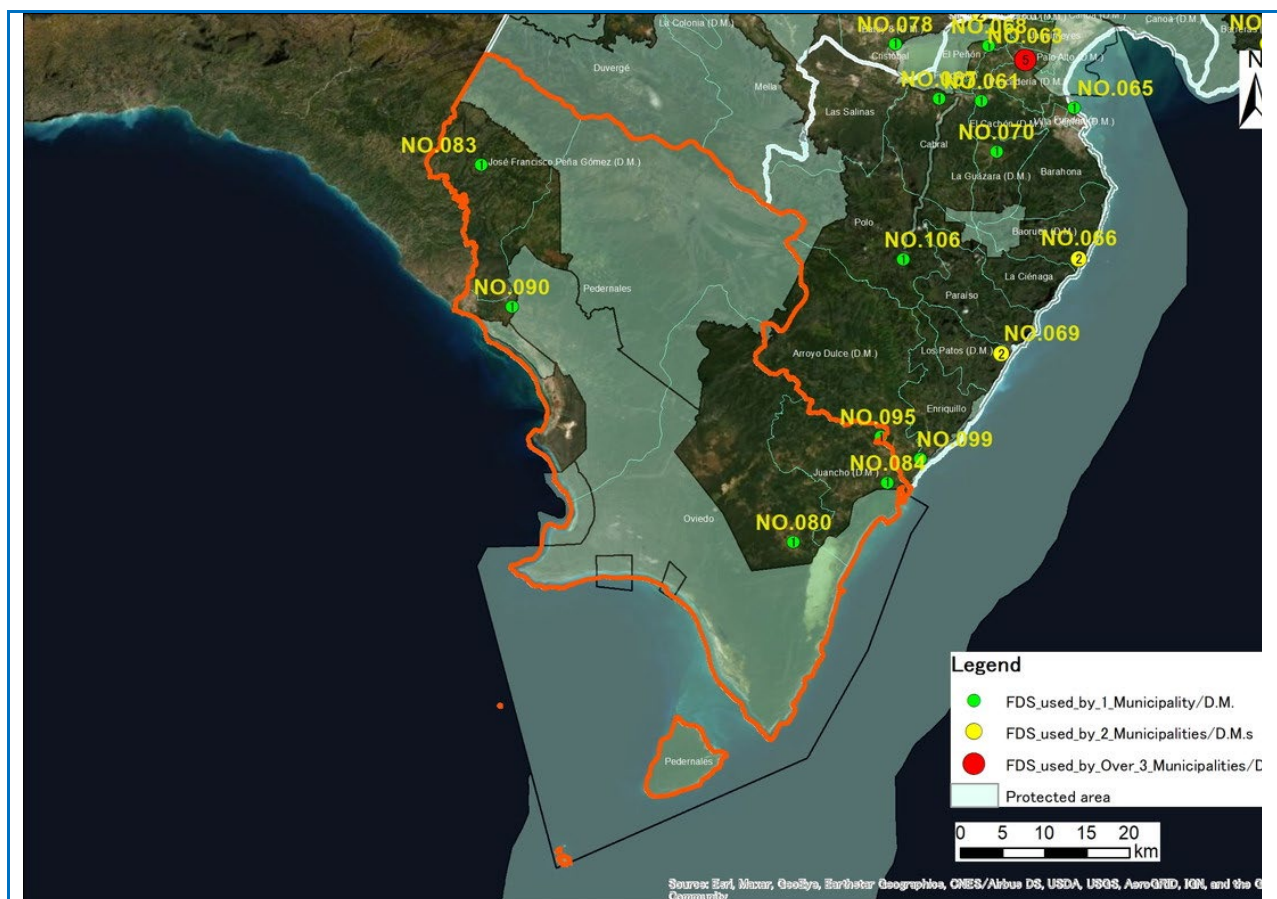
Región	Nombre de la Provincia		Montecristi
	Municipio		Montecristi, Castañuela, Guayubín, Las Matas de Santa Cruz, Pepillo Salcedo, Villa Vázquez
	Distrito Municipal		Palo Verde, Cana Chapetón, Hatillo Palma, Villa Elisa, Santa María
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Montecristi (1. Montecristi)
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre del Vertedero de Montecristi (SDF N° 219) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.199	Guayubín	1
NO.206	Cana_Chapetón_(DM)	1
NO.212	Hatillo_Palma_(DM)	1
NO.213	Santa_María_(DM)	1
NO.214	Pepillo_Salcedo	1
NO.217	Villa_Elisa_(DM)	1
NO.219	Montecristi	1
NO.221	Las_Matas_de_Santa, Cruz,Castañuela	2
NO.226	Palo_Verde_(DM)	1
NO.229	Villa_Vásquez	1

No.19 Pedernales

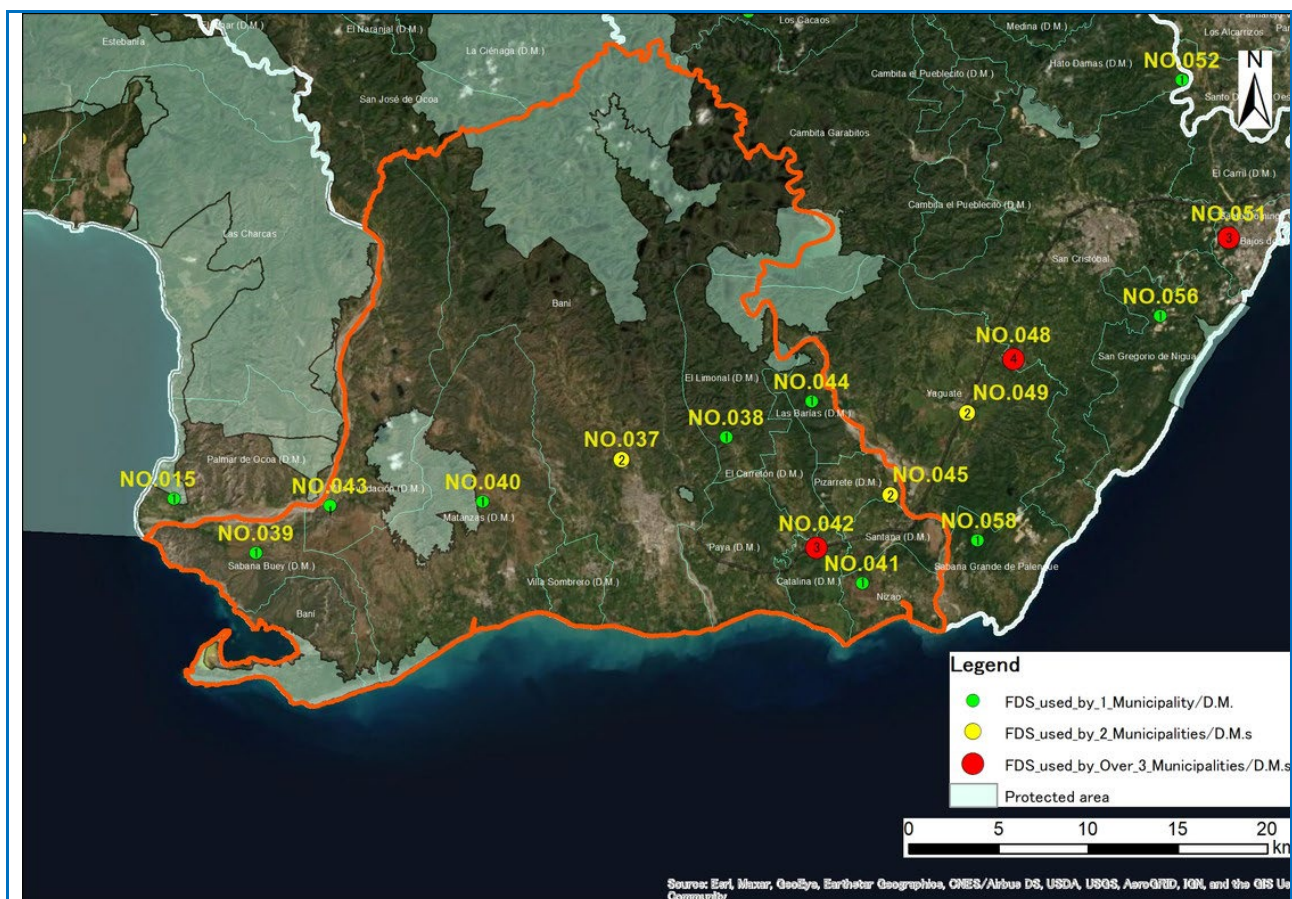
Región	Nombre de la Provincia		Pedernales
	Municipio		Pedernales, Oviedo
	Distrito Municipal		José Francisco Peña Gómez, Juancho
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Pedernales (1. Pedernales)
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre del Vertedero de Pedernales (SDF N° 090) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número del Municipio /D.M.
NO.080	Oviedo	1
NO.083	José_Francisco_Peña_Gómez_(DM)	1
NO.084	Juancho_(DM)	1
NO.090	Pedernales	1

No.20 Peravia

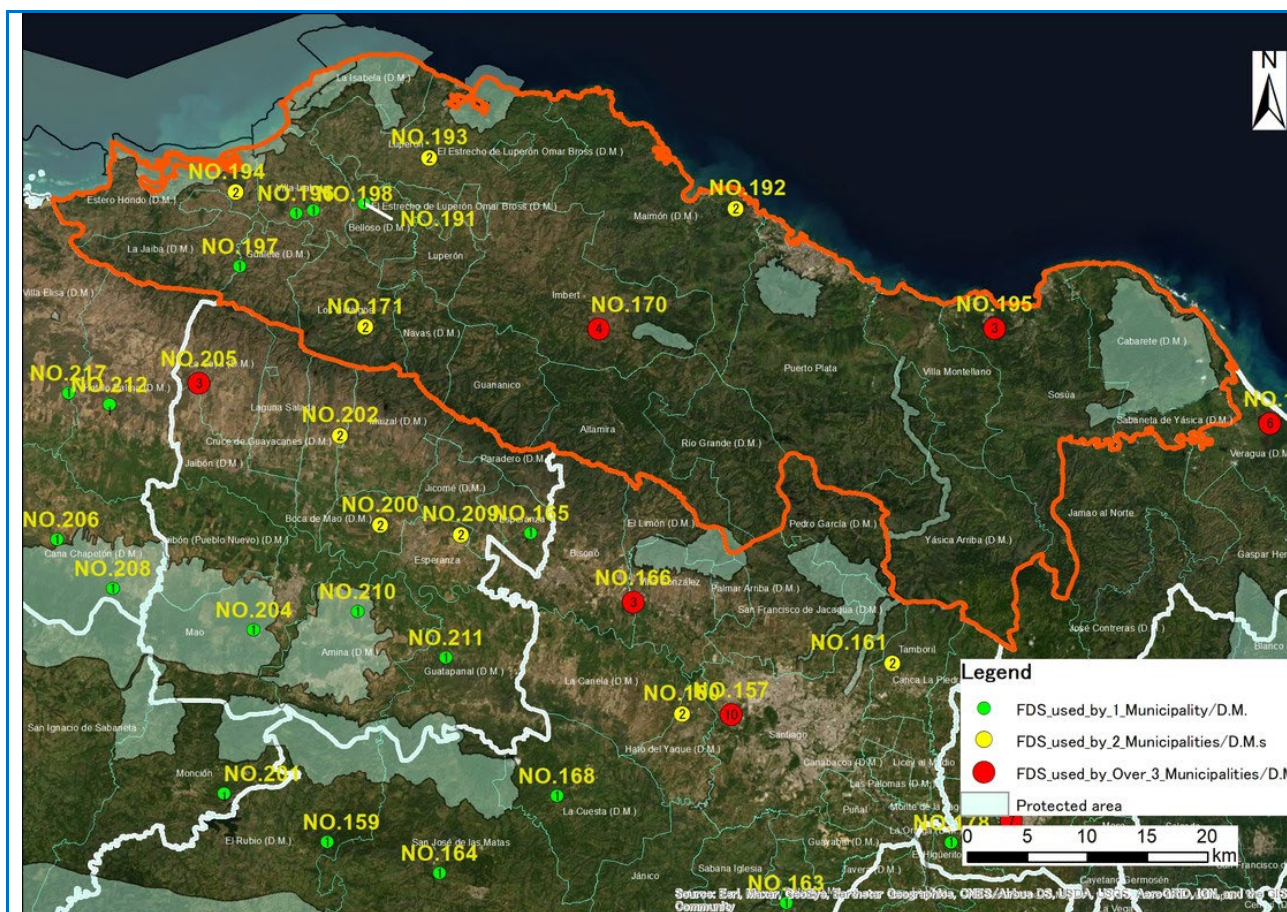
Región	Nombre de la Provincia		Peravia
	Municipio		Baní, Nizao, Matanza
	Distrito Municipal		Catalina, El Carretón, El Limonal, Las Barías, Matanzas, Paya, Villa Fundación, Villa Sombrero, Pizarrete, Santana, Sabana Buey
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Catalina (DM) (1. Catalina_(DM), 2. El Carretón_(DM), 3. Paya_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre del Vertedero de Catalina (SDF N° 042) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre de Municipio o Distrito Municipal D.M.	Número de Municipio /D.M.
NO.037	Baní, Villa_Sombrero_(DM)	2
NO.038	El_Limonal_(DM)	1
NO.039	Sabana_Buey_(DM)	1
NO.040	Matanzas	1
NO.041	Nizao	1
NO.042	Catalina_(DM),Paya_(DM), El_Carretón_(DM)	3
NO.043	Villa_Fundación_(DM)	1
NO.044	Las_Barías_(DM)	1
NO.045	Santana_(DM),Pizarrete_(DM)	2

No.21 Puerto Plata

Región	Nombre de la Provincia		Puerto Plata
	Municipio		Puerto Plata, Altamira, Guanatico, Imbert, Los Hidalgos, Luperón, Sosúa, Villa Isabela, Villa Montellano.
	Distrito Municipal		Maimón, Yásica Arriba, Río Grande, Navas, Belloso, Estrecho, La Isabela, Cabarete, Sabaneta de Yásica, Estero Hondo, Guatele, La Jaiba.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Puerto Plata (1. Puerto Plata, 2. Maimón_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Puerto Plata (SDF N° 192) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		El Ministerio de Turismo y PROPEEP está considerando la construcción de un SDF nuevo.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.170	Guananico,Imbert,Altamira, Río_Grande_(DM)	4
NO.171	Navas_(DM),Los_Hidalgos	2
NO.191	Belloso_(DM)	1
NO.192	Puerto_Plata,Maimón_(DM)	2
NO.193	Estrecho_(DM),Luperón	2
NO.194	La_Jaiba_(DM),Estero_Hondo_(DM)	2
NO.195	Sosúa, Villa_Montellano, Yásica_Arriba_(DM),	3
NO.196	Villa_Isabela	1
NO.197	Gualeté_(DM)	1
NO.198	La_Isabela_(DM)	1

No.22 Samaná

Región	Nombre de la Provincia		Samaná
	Municipio		Samaná, Las Terrenas, Sánchez.
	Distrito Municipal		Arroyo Barril, El Limón, Las Galeras.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Samaná (1. Samaná, 2. Las Galeras_(DM)) Las Terrenas (1. Las Terrenas)
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Samaná (SDF N° 234) y del Vertedero de Las Terrenas (SDF N° 232), y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo. Al mismo tiempo, se considerará la posibilidad de construir una estación de transferencia al SDF Nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF nuevo en Nagua.
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



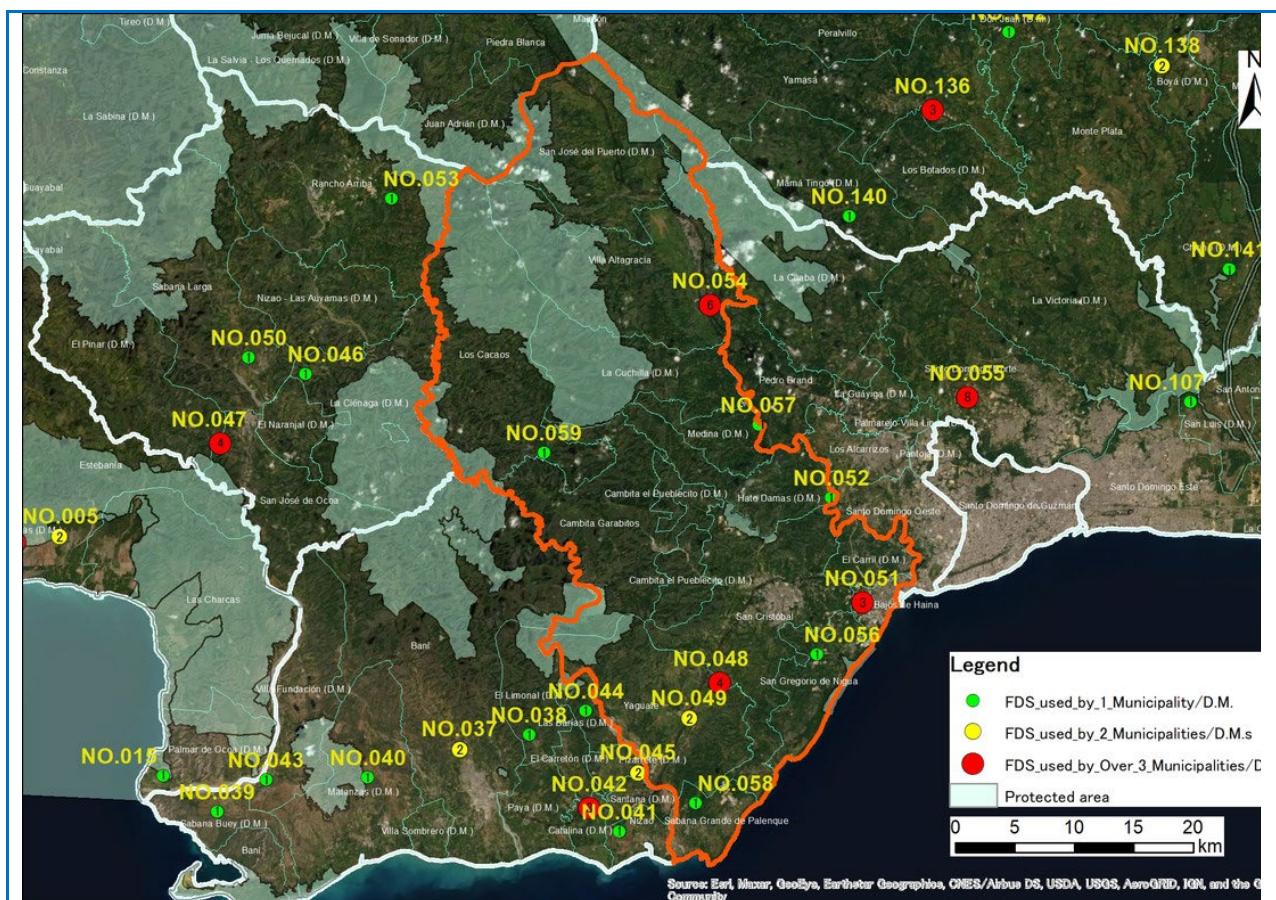
No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.232	Las_Terrenas	1
NO.234	Samaná, Las_Galeras_(DM), Arroyo_Barril_(DM)	3
NO.235	El_Limón_(DM)	1
NO.239	Sánchez	1

No.23 San Cristóbal

Región	Nombre de la Provincia		San Cristóbal
	Municipio		San Cristóbal, Bajos de Haina, Cambita Garabito, Los Cacaos, Sabana Grande de Palenque, San Gregorio de Nigua, Villa Altagracia, Yaguatae.
	Distrito Municipal		Hato Damas, Hatillo, El Carril, Quita Sueño, Cambita El Pueblecito, La Cuchilla, Medina, San José del Puerto, Doña Ana.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Villa Altagracia (1. Villa Altagracia, 2 Pedro Brand, 3. La Cuchilla_(DM), 4. San José del Puerto_(DM), 5. La Cuaba_(DM), 6. La Guáyiga_(DM))
		2do Grupo	San Cristóbal (1. San Cristóbal, 2. Cambita Garabito, 3. Hatillo (DM), 4. Cambita el Pueblecito (DM)) Bajos de Haina (1. Bajos de Haina, 2. El Carril, 3. Quita Sueño)
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	- En el 1er grupo, se considerará el cierre del Vertedero de Villa Altagracia (SDF N° 054) y se operará la estación de transferencia que ya está construida. - En el 2do grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de San Cristóbal (SDF No. 048) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo. - En el 2do grupo, Bajos de Haina rehabilitará su SDF, considerará la construcción de una estación de transferencia y preparará el plan de regularización.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A

Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo

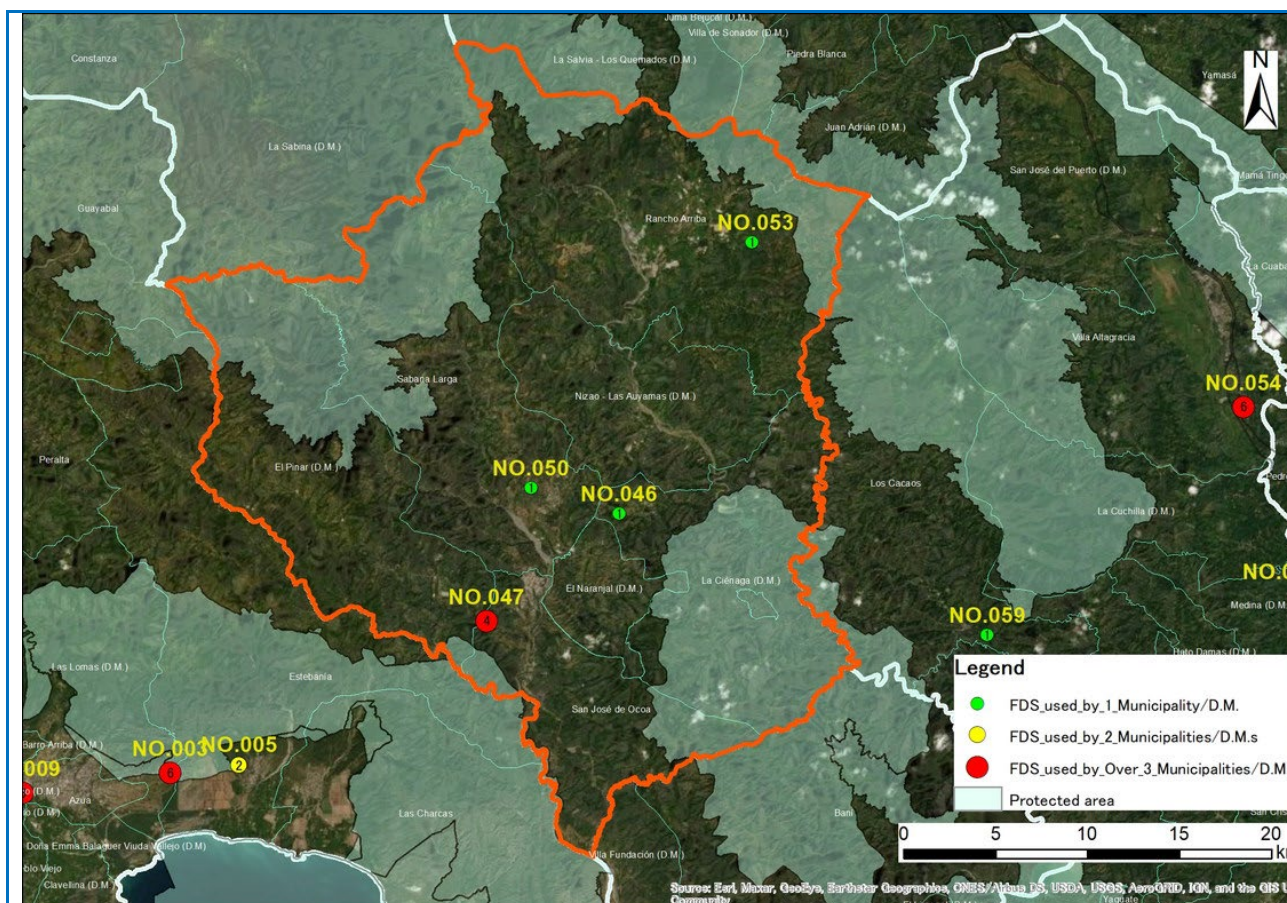
- Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre de Municipio o Distrito Municipal (M.D.)	Número de Municipio/ D.M
NO.048	San_Cristóbal, Cambita_Garabito, Hatillo_(DM), Cambita_El_Pueblecito_(DM),	4
NO.049	Yaguaje, Doña_Ana_(DM)	2
NO.051	Bajos_de_Haina, Quita_Sueño_(DM), El_Carril_(DM)	3
NO.052	Hato_Damas_(DM)	1
NO.054	Villa_Altagracia, Pedro_Brand, La_Guáyiga_(DM), La_Cuchilla_(DM), La_Cuaba_(DM), San_José_del_Puerto_(DM)	6
NO.056	San_Gregorio_de_Nigua	1
NO.057	Medina_(DM)	1
NO.058	Sabana_Grande_de_Palénque	1
NO.059	Los_Cacaos	1

No.24 San José de Ocoa

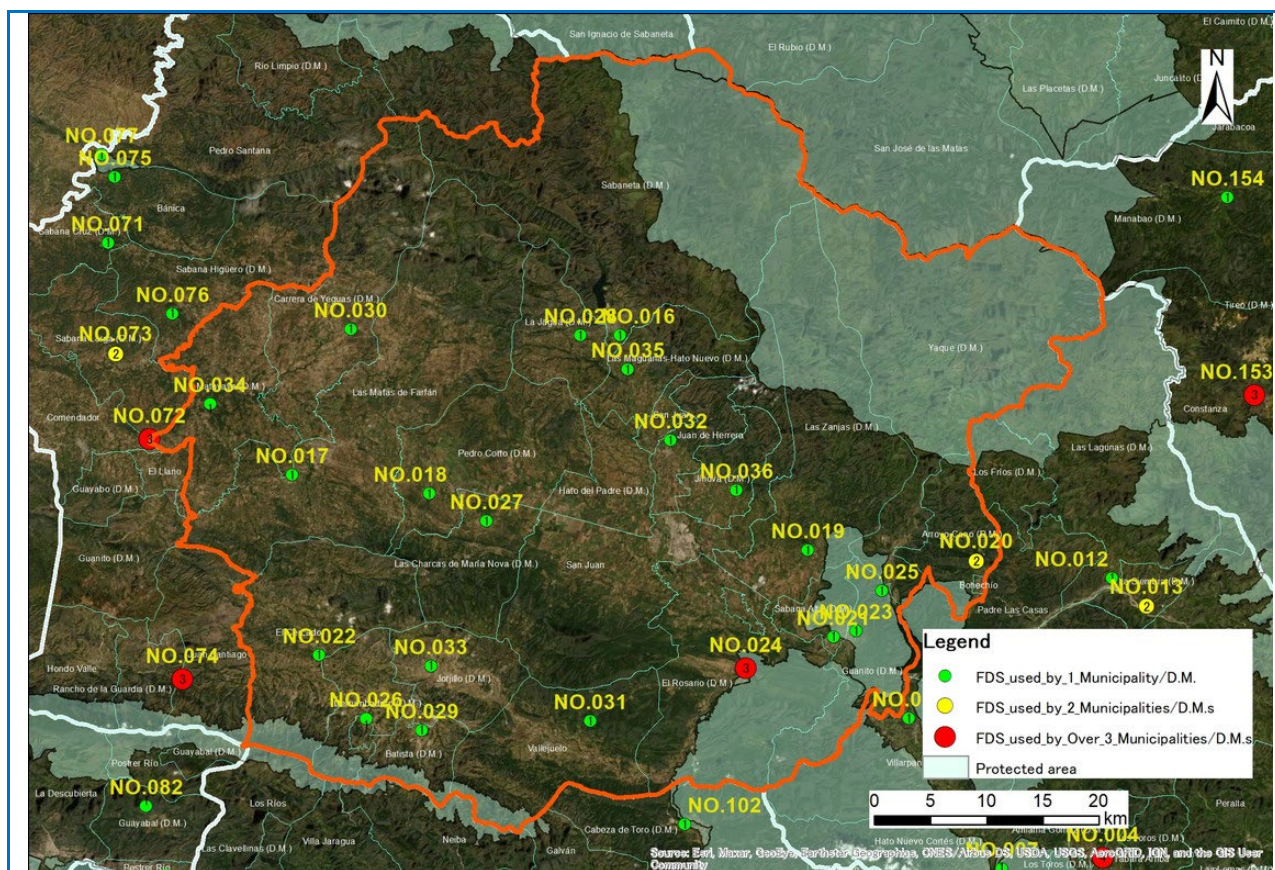
Región	Nombre de la Provincia		San José de Ocoa
	Municipio		San José de Ocoa, Rancho Arriba, Sabana Larga.
	Distrito Municipal		El Naranjal, El Pinar, La Ciénaga, Nizao-Las Auyamas.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	San José de Ocoa (1. San José de Ocoa, 2. El Pinar_(DM), 3. El Naranjal_(DM), 4. Nizao_Las Auyamas_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de San José de Ocoa (SDF N° 047) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre de Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/ D.M.
NO.046	La_Ciénaga_(DM)	1
NO.047	San_José_de_Ocoa, El_Pinar_(DM), El_Naranjal_(DM), Nizao-Las_Auyamas_(DM)	4
NO.050	Sabana_Larga	1
NO.053	Rancho_Arriba	1

No.25 San Juan

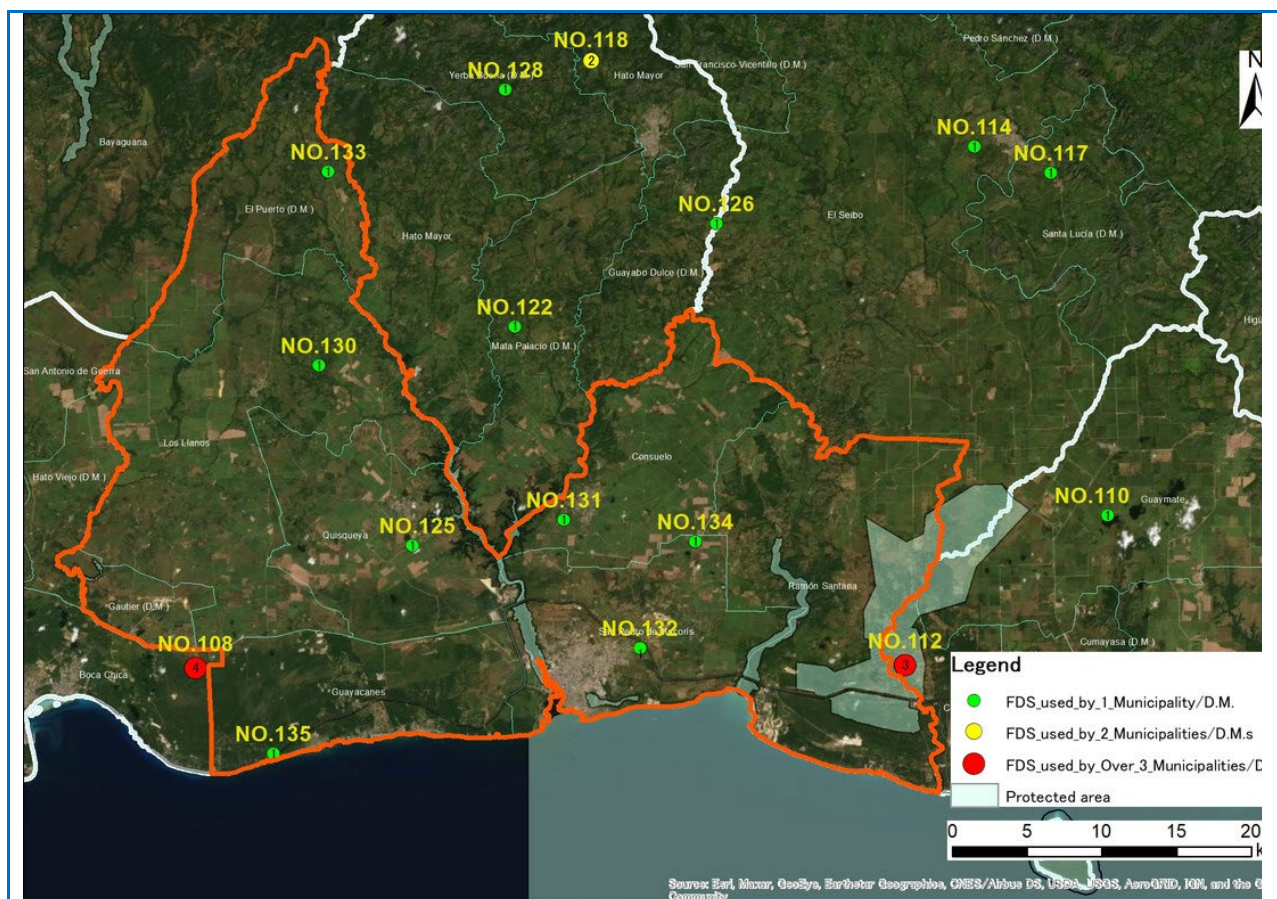
Región	Nombre de la Provincia		San Juan
	Municipio		San Juan de la Maguana, Bohechío, El Cercado, Juan de Herrera, Las Matas de Farfán, Vallejuelo.
	Distrito Municipal		El Rosario, Guanito, Hato del Padre, Hato Nuevo, La Jagua, Las Charcas de María Nova, Pedro Corto, Sabana Alta, Sabaneta, La Zanja, Arroyo Cano, Yaque, Batista, Derrumbadero, Jínova, Carrera de Yegua. Matayaya, Jorjillo.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	San Juan de la Maguana (1. San Juan de la Maguana, 2. El Rosario_(DM), 3. Hato del Padre_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de San Juan de la Maguana (SDF N° 024) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre de Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio /D.M.
NO.016	Sabaneta_(DM)	1
NO.017	Las_Matas_de_Farfán	1
NO.018	Pedro_Corto_(DM)	1
NO.019	La_Zanja_(DM)	1
NO.020	Bolechío,Yaque_(DM)	2
NO.021	Sabana_Alta_(DM)	1
NO.022	El_Cercado	1
NO.023	Guanito_(DM)	1
NO.024	San_Juan_de_la_Maguana,El_Rosario_(DM),Hato_del_Padre_(DM)	3
NO.025	Arroyo_Cano_(DM)	1
NO.026	Derrumbadero_(DM)	1
NO.027	Las_Charcas_de_María_Nova_(DM)	1
NO.028	La_Jagua_(DM)	1
NO.029	Batista_(DM)	1
NO.030	Carrera_de_Yegua_(DM)	1
NO.031	Vallejuelo	1
NO.032	Juan_de_Herrera	1
NO.033	Jorjillo_(DM)	1
NO.034	Matayaya_(DM)	1
NO.035	Las_Maguanas-Hato_Nuevo_(DM)	1
NO.036	Jínova_(DM)	1

No.26 San Pedro de Macorís

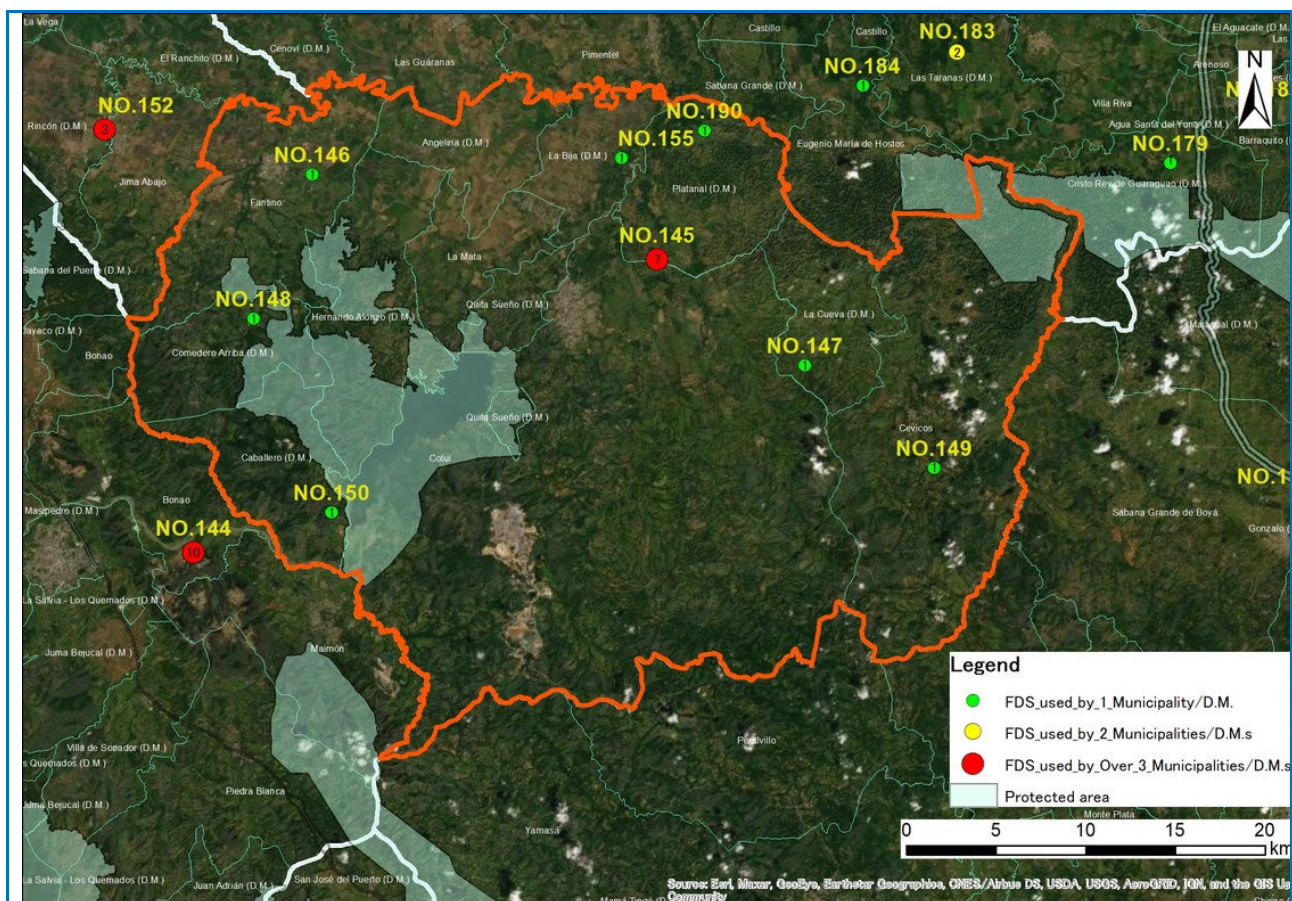
Región	Nombre de la Provincia		San Pedro de Macorís
	Municipio		San Pedro de Macorís, Consuelo, Guayacanes, Quisqueya, Ramón Santana, San José de los Llanos.
	Distrito Municipal		El Puerto, Gautier.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	San Pedro de Macorís (1. San Pedro de Macorís)
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de San Pedro de Macorís (SDF No.132) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.125	Quisqueya	1
NO.130	Los_Llanos	1
NO.131	Consuelo	1
NO.132	San_Pedro_de_Macorís	1
NO.133	El_Puerto_(DM)	1
NO.134	Ramón_Santana	1
NO.135	Guayacanes	1

No.27 Sánchez Ramírez

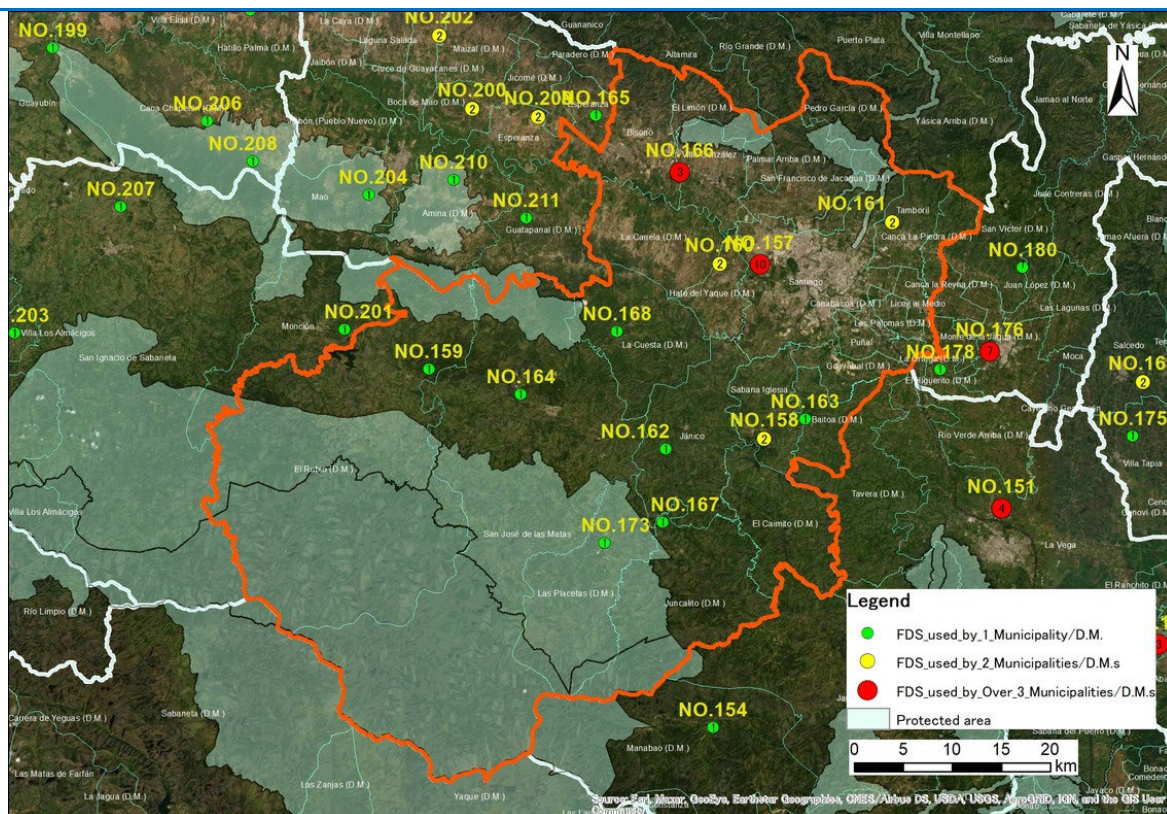
Región	Nombre de la Provincia		Sánchez Ramírez
	Municipio		Cotuí, Cevicos, Fantino, La Mata
	Distrito Municipal		Caballero, Comedero Arriba, Quita Sueño, Zambrana, La Cueva, Platanal, Angelina, La Bija, Hernando Alonzo.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Cotuí (1. Cotuí, 2. La Mata, 3. Quita Sueño_(DM), 4. Zambrana_(DM), 5. Platanal_(DM), Angelina_(DM), 6. Hernando Alonzo_(DM))
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Cotuí (SDF No.145) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		Cuando el 1er grupo considere la construcción de un SDF nuevo de área amplia, al mismo tiempo se deberá considerar la posibilidad de la participación de los Municipios/DMs del 3er grupo en el mismo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.145	Cotuí, La_Mata, Zambrana_(DM),Platanal_(DM), Hernando_Alonzo_(DM), Quita_Sueño_(DM),Angelina_(DM)	7
NO.146	Fantino	1
NO.147	La_Cueva_(DM)	1
NO.148	Comedero_Arriba_(DM)	1
NO.149	Cevicos	1
NO.150	Caballero_(DM)	1
NO.155	La_Bija_(DM)	1
NO.190	Pimentel_(DM)	1

No.28 Santiago

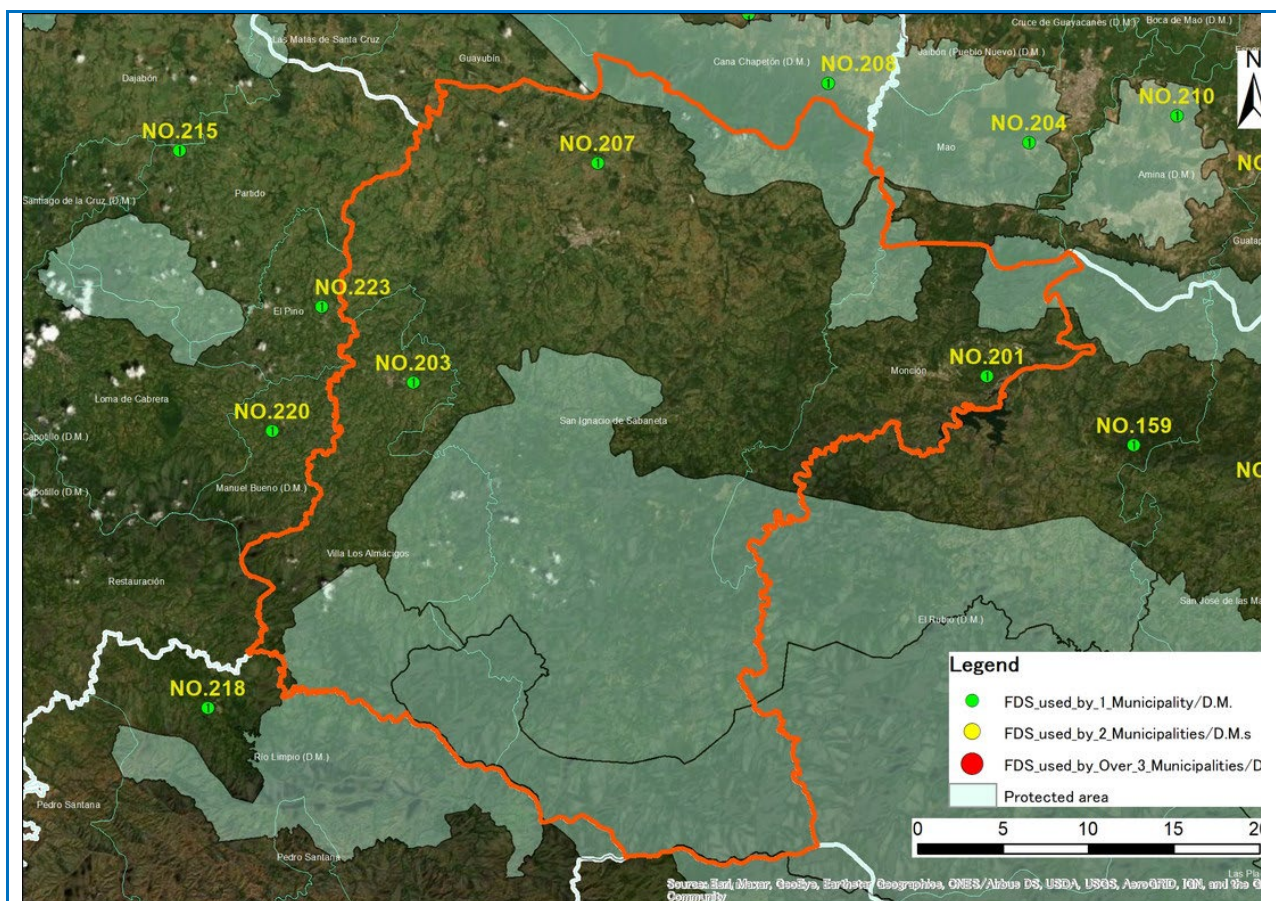
Región	Nombre de la Provincia		Santiago
	Municipio		Santiago, Bisonó, Jánico, Licey al Medio, Puñal, Sabana Iglesia, San José de las Matas, Tamboril, Villa González, Baitoa.
	Distrito Municipal		Cienfuego, Hato del Yaque, La Canela, Pedro García, San Francisco de Jacagua, El Caimito, Juncalito, Las Palomas, Canabacoa, Guayabal, El Rubio, La Cuesta, Las Placetas, Canca La Piedra, El Limón, Palmar Arriba.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Tamboril (1. Tamboril, 2. Canca la Piedra_(DM))
		2do Grupo	Santiago (1. Santiago, 2. Licey al Medio, 3. Puñal, 4. La Ortega_(DM), 5. Cienfuego_(DM), 6. Pedro García_(DM), 7. San Francisco de Jacagua_(DM), 8. Las Palomas_(DM), 9. Canabacoa_(DM), 10. Guayabal_(DM))
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	- En el 1er grupo, se considerará la rehabilitación/cierre/construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Tamboril (SDF N° 161) y se elaborará el plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo. - En el 2do grupo, Santiago considerará la participación de otro municipio/DM y la mejora adicional del Vertedero de Rafey (SDF N° 157) y elaborará un plan de regularización.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		- Los Municipios/DM que estén considerando verter sus residuos en el Vertedero de Rafey deberán considerar la formación de una mancomunidad. - Los Municipios/DMs del 3er grupo deberán considerar la posibilidad de llevar sus residuos al Vertedero de Rafey. De no ser, se requiere considerar la construcción de un SDF Nuevo.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.157	Santiago, Licey_al_Medio, Santiago_Oeste, Las_Palomas_(DM), _Cienfuego_(DM), San_Francisco_de_Jacagua_(DM),Guayabal_(DM),Puñal,Pedro_García_(DM),Canabacoa_(DM),La_Ortega_(DM)	10
NO.158	Sabana_Iglesia, El_Caimito_(DM)	2
NO.159	El_Rubio_(DM)	1
NO.160	Hato_del_Yaque_(DM),La_Canela_(DM)	2
NO.161	Tamboril, Canca_La_Piedra_(DM)	2
NO.162	Jánico	1
NO.163	Baitoa_	1
NO.164	San_José_de_las_Matas	1
NO.165	Bisonó	1
NO.166	Villa_González, El_Limón_(DM), Palmar_Arriba_(DM)	3
NO.167	Juncalito_(DM)	1
NO.168	La_Cuesta_(DM)	1
NO.173	Las_Placetas_(DM)	1

No.29 Santiago Rodríguez

Región	Nombre de la Provincia		Santiago Rodríguez
	Municipio		San Ignacio de Sabaneta, Villa los Almácigos, Monción
	Distrito Municipal		N/A
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada municipio elaborará su plan de regularización y lo presentará a MA antes del 2030. • Para el municipio cuyo SDF se planea ser cerrado en el plan de regularización, se requiere considerar la participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



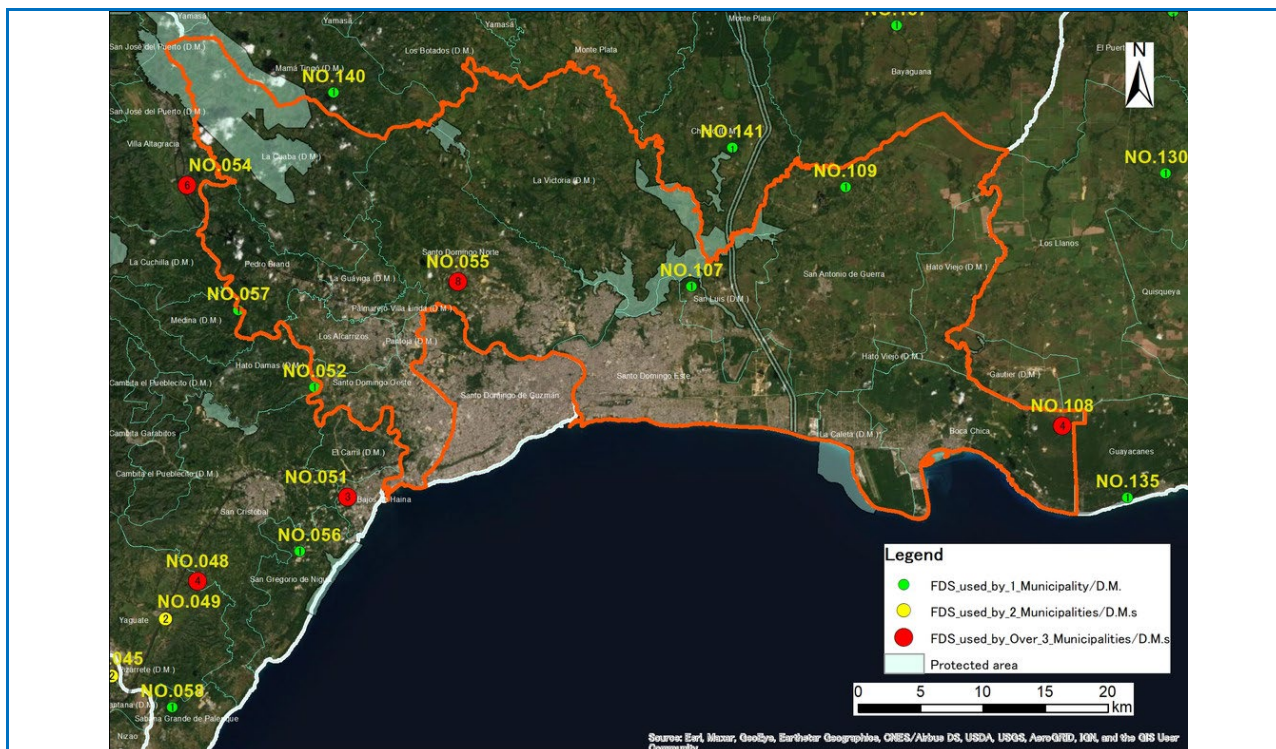
No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.201	Monción	1
NO.203	Los_Almácigos	1
NO.207	San_Ignacio_de_Sabaneta	1

No.30 Santo Domingo

Región	Nombre de la Provincia		Santo Domingo
	Municipio		Distrito Nacional, Santo Domingo Este, Santo Domingo Norte, Santo Domingo Oeste, Boca Chica, Los Alcarrazos, Pedro Brand, San Antonio de Guerra.
	Distrito Municipal		San Luis, La Caleta, Palmarejo-Villa Linda, Pantoja, La Cuaba, La Guáyiga, Hato Viejo, La Victoria.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	Santo Domingo Este
		2do Grupo	Santo Domingo (1. Distrito Nacional, 2. Santo Domingo Este, 3. Santo Domingo Norte, 4. Santo Domingo Oeste, 5. Los Alcarrazos, 6. Palmarejo-Villa Linda_(DM), 7. Pantoja_(DM), 8. La Victoria_(DM)) Boca Chica (1. Boca Chica, 2. La Caleta_(DM), 3. Hato Viejo_(DM), 4. Gautier_(DM))
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	- En el 1er grupo, Santo Domingo Este considerará la construcción de una estación de transferencia y elaborará el plan de regularización después de aclarar el plan de construcción del SDF nuevo. - En el 2do grupo, Santo Domingo considerará la mejora adicional/la construcción de una nueva celda de vertido en el Vertedero de Duquesa (SDF N° 055), y elaborará el plan de regularización. - En el 2do grupo, se considerará la rehabilitación/ cierre/ construcción de una estación de transferencia (antes del cierre) del Vertedero de Boca Chica (SDF No.108) y se elaborará un plan de regularización. En caso de cierre, se requiere aclarar el plan de construcción de un SDF nuevo.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		Los Municipios/DMs del 3er grupo elaborarán su plan de regularización y lo presentarán a MA antes del 2030.
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		Una compañía privada está considerando la construcción de un SDF Nuevo en Boca Chica.

Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo

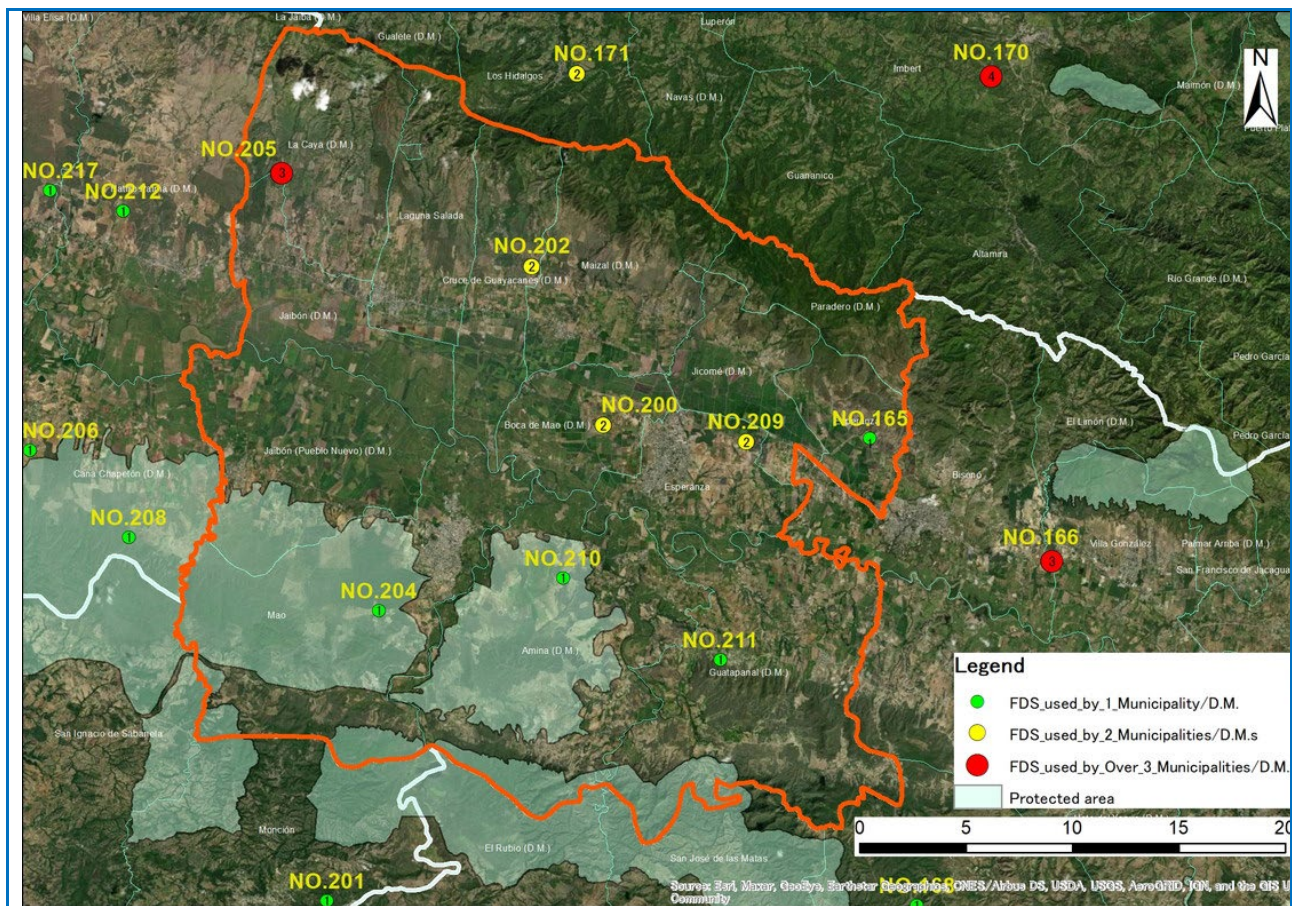
- Se estudiará la ubicación del SDF nuevo de Duquesa y se formulará un plan de SDF.
- Los Municipios/DMs del 3er grupo deberán considerar su participación en un sitio de disposición final nuevo de área amplia.



No.	Nombre de Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/ D.M.
NO.055	Distrito_Nacional, Santo_Domingo_Este, Santo_Domingo_Norte, Santo_Domingo_Oeste, Los_Alcarrizos, Palmarejo-Villa_Linda_(DM), La_Victoria_(DM), Pantoja_(DM)	8
NO.107	San_Luis_(DM)	1
NO.108	Boca_Chica, Hato_Viejo_(DM), La_Caleta_(DM), Gautier_(DM)	4
NO.109	San_Antonio_de_Guerra	1

No.31 Valverde

Región	Nombre de la Provincia		Valverde
	Municipio		Mao, Esperanza, Laguna Salada.
	Distrito Municipal		Amina, Guatapanal, Jaibón (Pueblo Nuevo), Boca de Mao, Jicomé, Maizal, Paradero, Cruce de Guayacanes, Jaibón, La Caya.
Plan para SDF Existentes	Plan de Regularización	1er Grupo	N/A
		2do Grupo	N/A
		3er Grupo	Municipios/DM restantes
		Medidas relacionadas al Plan de Regularización	• Cada municipio elaborará su plan de regularización y lo presentará a MA antes del 2030. • Para el municipio cuyo SDF se planea ser cerrado en el plan de regularización, se requiere considerar la participación en un sitio de disposición final de área amplia.
	Otras medidas para el mejoramiento de sitios de disposición final existentes		• N/A
Plan para SDF Nuevos	Presencia de un plan existente para la construcción de un sitio de disposición final nuevo		• N/A
	Medidas para la construcción del sitio de disposición final nuevo		• Se considerará la construcción de al menos un sitio de disposición final nuevo de área amplia en la provincia.



No.	Nombre del Municipio o Distrito Municipal (D.M.)	Número de Municipio/D.M
NO.200	Esperanza, Boca_de_Mao_(DM),	2
NO.202	Cruce_de_Guayacanes_(DM), Maizal_(DM)	2
NO.204	Mao	1
NO.205	Laguna_Salada, Jaibón_(DM), La_Caya_(DM)	3
NO.208	Jaibón_(Pueblo_Nuevo)_(DM)	1
NO.209	Jicomé_(DM), Paradero_(DM)	2
NO.210	Ámina_(DM)	1
NO.211	Guatapanal_(DM)	1



Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana Fase 2

Borrador
Manual para la Construcción de Sitios de Disposición Final Nuevos

Abril de 2022

Tabla de Contenido

1	Generalidades	1
1.1	Marco legal de la disposición final en la República Dominicana.....	1
1.1.1	La Constitución de la República Dominicana.....	1
1.1.2	Estrategia Nacional de Desarrollo (Ley 1-12).....	1
1.1.3	Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley 64-00).....	1
1.1.4	Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos (Ley 225-20)	2
1.1.5	Ley de Planificación Urbana (Ley 6232)	2
1.1.6	Ley de Planificación e Inversión Pública (Ley 498-06)	2
1.1.7	Ley sobre el Distrito Nacional y los Municipios (Ley 176-07)	2
1.1.8	La Norma de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos No Peligrosos.....	3
1.1.9	Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	3
1.2	Necesidad de la disposición final	3
1.3	Rellenos sanitarios o vertederos controlados	5
1.3.1	Tipos de rellenos sanitarios o vertederos controlados.....	6
1.3.2	Métodos de vertido.....	9
1.3.3	Reacciones que se producen en un sitio de disposición final	11
1.3.4	Ventajas y desventajas de un vertedero.....	13
1.4	Proceso de desarrollo de un SDF Nuevo.....	15
2	Planificación y diseño de un sitio de disposición final	17
2.1	Plan de desarrollo de SDF	17
2.2	Selección del sitio	18
2.2.1	Consideraciones para la selección del sitio	18
2.2.2	Levantamiento de la situación actual del sitio	24
2.2.3	Enfrentar el problema de NIMBY ("No en mi patio trasero")	24
2.3	Diseño básico	25
2.4	Diseño detallado	26
2.4.1	Capacidad requerida.....	29
2.4.2	Fijación de la elevación mínima de la parte inferior del sitio de disposición final	31
2.4.3	Vida útil	31

2.4.4 Proyección de la generación per cápita y total.....	32
2.4.5 Tipo de residuos, composición y características.....	32
2.4.6 Nivel de construcción de sitios de disposición final nuevos.....	32
2.4.7 Diseño de instalaciones de almacenamiento de residuos	38
2.4.8 Diseño de instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales	40
2.4.9 Diseño de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados	47
2.4.10 Diseño de instalaciones de revestimiento	55
2.4.11 Diseño de instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas	57
2.4.12 Diseño de las instalaciones de ventilación de gases.....	61
2.4.13 Diseño de las instalaciones de tratamiento de lixiviados	69
2.4.14 Diseño de la cobertura de suelo	78
2.4.15 Diseño de las instalaciones administrativas	80
2.4.16 Diseño de otras instalaciones relacionadas	87
2.5 Estimación del costo del proyecto	91
2.6 Adquisición de fondos.....	92
2.6.1 Financiamiento por parte del Fideicomiso.....	93
2.6.2 Financiamiento de los costos restantes.....	94
2.7 Orden de construcción.....	96
2.8 Instalación y construcción	98
2.8.1 Consideraciones durante la construcción.....	98

Lista de Tablas

Tabla 1 Elementos del plan de desarrollo de un SDF Nuevo (Borrador).....	17
Tabla 2 Leyes, reglamentos y normas relacionadas con el uso del suelo.....	19
Tabla 3 Densidad de los residuos sólidos	30
Tabla 4 Nivel de construcción para SDF nuevos	34
Tabla 5 Instalaciones a ser implementadas en SDF nuevos	36
Tabla 6 Aplicaciones generales por tipo de drenaje.....	43
Tabla 7 Coeficiente de flujo por proporción de área urbana	45
Tabla 8 Coeficiente de flujo por uso del suelo	46
Tabla 9 Coeficiente de rugosidad de Manning.....	47
Tabla 10 Influencia del ácido sulfhídrico en el cuerpo humano	63
Tabla 11 Guías sobre la calidad del agua de entrada diseñada.....	72
Tabla 12 Normas ambientales para la calidad del agua (tentativas)	73

Tabla 13 Métodos generales para el tratamiento de los parámetros específicos (tentativos)	75
Tabla 14 Ejemplo de elementos de monitoreo y frecuencia de los lixiviados.....	83
Tabla 15 Normas de carreteras en la República Dominicana	88
Tabla 16 Estimación de la renta media disponible de los hogares y de la capacidad de pago (2021)	95
Tabla 17 Ejemplos de medidas ambientales durante la construcción	99

Lista de Figuras

Figura 1 Problemas en los vertederos a cielo abierto.....	3
Figura 2 Relleno sanitario manual.....	7
Figura 3 Vertederos con compactación mecanizada	7
Figura 4 Relleno sanitario semiaeróbico.....	8
Figura 5 Método de trinchera	10
Figura 6 Método de área.....	10
Figura 7 Método combinado o mixto.....	11
Figura 8 Composición típica del biogás	12
Figura 9 Flujo de un proyecto de SDF.....	16
Figura 10 Indicadores objetivos frente a los subjetivos	25
Figura 11 Relleno sanitario	35
Figura 12 Procedimiento de diseño de la instalación de almacenamiento de residuos	39
Figura 13 Dibujo de referencia de la estructura de almacenamiento.....	40
Figura 14 Clasificación de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales	41
Figura 15 Diagrama conceptual de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales	42
Figura 16 Diagrama de flujo para el diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales.....	44
Figura 17 Configuración de las instalaciones de recogida y drenaje de lixiviados	48
Figura 18 Concepto de instalación de recolección de lixiviados	48
Figura 19 Planos de disposición de la tubería inferior.....	50
Figura 20 Ejemplo estructural de una tubería inferior	51
Figura 21 Ejemplo estructural de una tubería vertical	52
Figura 22 Diagrama esquemático de la sección transversal de la tubería inferior	54
Figura 23 Conceptos de la instalación de revestimiento	56
Figura 24 Ejemplo de plano estructural de una instalación de revestimiento	57
Figura 25 Ejemplo de disposición de las instalaciones de drenaje de aguas subterráneas	58
Figura 26 Sección típica de la instalación de drenaje de aguas subterráneas en la parte	

inferior (revestimiento de tierra + lámina).....	59
Figura 27 Límites de explosión e ignición de las mezclas de metano y aire a 20°C de presión atmosférica.....	63
Figura 28 Fluctuación de la composición de los gases del vertedero por período	64
Figura 29 Clasificación de las instalaciones de ventilación de gas	65
Figura 30 Diseño conceptual de las instalaciones de ventilación de gases	66
Figura 31 Ejemplo de una ventilación inclinada.....	67
Figura 32 Ejemplo de una ventilación vertical.....	67
Figura 33 Ejemplo de una instalación vertical de ventilación de gases con cobertura de suelo final	68
Figura 34 Ejemplo de instalación inclinada de ventilación de gas con cobertura de suelo final.....	69
Figura 35 Ejemplo de componentes de una instalación de tratamiento de lixiviados.....	71
Figura 36 Flujo básico del tratamiento de lixiviados	73
Figura 37 Flujo del proceso de desnitrificación biológica	77
Figura 38 Configuración de las instalaciones de administración	80
Figura 39 Estructura de un pozo de monitoreo	84
Figura 40 Sección transversal típica de las carreteras de acceso/carretera de transporte	88
Figura 41 Diseño de la malla ciclónica.....	89
Figura 42 Procedimiento de estimación de costos.....	92
Figura 43 Flujo de Aplicación al Fideicomiso (a confirmarse).....	94
Figura 44 Flujo del procedimiento de orden de construcción	97

Lista de Fotos

Foto 1 Esparcimiento, compactación y cobertura en un vertedero	6
Foto 2 Laguna de lixiviados en el vertedero de ASINORLU, Santa Rosa de Lima, El Salvador.....	6
Foto 3 Relleno sanitario semiaeróbico en Santa Rosa de Lima, El Salvador.	9
Foto 4 Construcción de drenajes para la recolección de lixiviados.....	27

1 Generalidades

1.1 Marco legal de la disposición final en la República Dominicana

1.1.1 La Constitución de la República Dominicana

La actual Constitución fue promulgada el 13 de junio de 2015. Sección IV: Derechos colectivos y medio ambiente, el artículo 66, párrafo 2, establece la protección del medio ambiente como un derecho colectivo. El artículo 67 indica que el Estado tiene el deber de "prevenir la contaminación, proteger y mantener el medio ambiente en beneficio de las generaciones presentes y futuras", al tiempo que consagra el derecho de todos a "vivir en un medio ambiente sano".

1.1.2 Estrategia Nacional de Desarrollo (Ley 1-12)

Esta Ley contiene la formulación de la visión de largo plazo de la Nación, los Ejes Estratégicos, Objetivos y Líneas de Acción, un conjunto de indicadores y metas que el país pretende alcanzar en el horizonte temporal de aplicación de la Estrategia, así como los compromisos asumidos por los poderes del Estado y una propuesta de pactos a celebrar con los actores políticos y sociales. Asimismo, establece disposiciones relacionadas con el proceso de seguimiento y evaluación.

1.1.3 Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley 64-00)

Promulgada el 18 de agosto de 2000, el Art. 1 establece como objeto de la ley "establecer las normas para la conservación, protección, mejora y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso sostenible".

En la parte de la Disposición Final, hay que tener en cuenta el capítulo IV sobre Evaluación Ambiental (secciones 38-48) y el capítulo VI "Residuos domésticos y municipales" (artículo 107, párrafo II).

Los artículos relativos a la Evaluación Ambiental incluyen disposiciones relativas al proceso de Evaluación Ambiental que debe seguir "cualquier actividad, proyecto u obra de infraestructura que, por sus características, pueda afectar al medio ambiente". Este proceso incluye la presentación de un estudio de impacto ambiental (EIA). Existen diferentes categorías de estudio, según la naturaleza y la magnitud del proyecto en cuestión. El artículo 41 especifica los proyectos y obras de infraestructura que requieren someterse al proceso de evaluación ambiental y presentar los estudios correspondientes, incluyendo los rellenos sanitarios (numeral 15).

El párrafo II del artículo 107 ratifica lo dispuesto en el artículo 38, en el sentido de que la instalación y operación de un vertedero municipal requiere el correspondiente estudio de evaluación ambiental.

1.1.4 Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos (Ley 225-20)

La presente ley tiene como objetivo prevenir la generación de residuos, así como establecer un régimen jurídico en la gestión integral para fomentar la reducción, reutilización, reciclaje, aprovechamiento y valorización, así como regular los sistemas de recolección, transporte, barrido; sitios de disposición final, estaciones de transferencia, centros de acopio, plantas de valorización, para garantizar el derecho de todos a vivir en un ambiente sano, protegiendo el bienestar de la población, así como reduciendo los "GEI" emitidos por los residuos.

1.1.5 Ley de Planificación Urbana (Ley 6232)

Los ayuntamientos de todas las ciudades con una población igual o superior a 50.000 habitantes exigen la creación de una "oficina de planificación urbana" como órgano técnico, asesor y consultor. Las funciones de la oficina de planificación urbana incluyen la preparación de proyectos de planificación urbana, el desarrollo de carreteras, la redacción de reglamentos sobre ordenamiento territorial, la prestación de asistencia y orientación al público, la planificación de los reglamentos y la emisión de permisos para la construcción relacionada.

1.1.6 Ley de Planificación e Inversión Pública (Ley 498-06)

Crea el Sistema Nacional de Planificación e Inversión Pública, en el que se otorga al Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo el mandato explícito de formular la Estrategia de Desarrollo.

Esta Ley indica lo siguiente:

"La Estrategia de Desarrollo definirá el objetivo a largo plazo del país y los principales compromisos asumidos por los poderes del Estado y los actores públicos, económicos y sociales del país, considerando su viabilidad social, económica y política. Para ello, identificará los problemas prioritarios que deben resolverse, las líneas centrales de actuación necesarias para su resolución y la secuencia de su ejecución".

1.1.7 Ley sobre el Distrito Nacional y los Municipios (Ley 176-07)

El artículo 19, en su apartado (f), ordena a los municipios "Regular y gestionar la protección de la higiene y el saneamiento público para garantizar el saneamiento ambiental". Mientras que el (m), ratifica la competencia de los municipios en los servicios de limpieza y ornato público, recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

1.1.8 La Norma de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos No Peligrosos

Esta norma emitida en junio de 2003 establece los lineamientos para la gestión de los residuos sólidos urbanos no peligrosos y especifica los requisitos sanitarios que deben cumplirse en el almacenamiento, la recolección, el transporte y la disposición final (punto 6), así como las disposiciones generales para la reducción, la reutilización y el reciclaje de los residuos sólidos.

1.1.9 Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

A través de esta Política, emitida mediante la resolución No.19-2014, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece los fundamentos, principios, objetivos y líneas de acción para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. En cuanto a la Disposición Final, esta política presenta, como líneas de actuación:

- Establecer normas relacionadas a la disposición final
- Garantizar una disposición final sin peligro para la población y el medio ambiente (aire, suelo, agua).
- Implantar como norma general la disposición final de los RSU en "vertederos/vertederos controlados regionales/municipales" para las grandes ciudades y/o mancomunidades.

Promover soluciones de "vertederos controlados a mano" para los pequeños pueblos y zonas rurales cuya ubicación geográfica y/o generación de residuos impide la viabilidad económica de depositar en vertederos / vertederos controlados regionales / municipales.

1.2 Necesidad de la disposición final

¿Por qué es necesaria una Disposición Final adecuada?



Figura 1 Problemas en los vertederos a cielo abierto

La disposición de residuos sólidos sin ningún tipo de control, como ocurre en los vertederos a cielo abierto, genera directamente impactos negativos en el entorno. Los más importantes son:

- Contaminación del suelo.
- Contaminación de las aguas subterráneas (acuíferos) debido a la percolación de lixiviados.
- Contaminación de las aguas superficiales por escorrentía superficial y subsuperficial.
- Generación y emisión de biogás, que contiene gases de efecto invernadero, producto de la descomposición y la combustión incontrolada de los residuos allí presentes.
- Incendios provocados por la presencia de biogás y por el aumento de la temperatura en la masa de residuos, debido al sol directo y al calor generado en el proceso de descomposición.
- Emisión de otros gases y partículas a la atmósfera.
- La ocupación incontrolada del territorio genera cambios e impactos negativos en el paisaje y los espacios naturales.
- Generación de malos olores.
- Sensación de abandono y suciedad, producida por la presencia de residuos dispersos.
- Contaminación visual al alterar la estética del paisaje.

Por otro lado, este vertido incontrolado tiene importantes efectos sobre la salud humana:

- Enfermedades debidas a la proliferación de plagas y vectores que las transmiten, por ejemplo, roedores e insectos (moscas, cucarachas, etc.).
- Creación de focos infecciosos.
- Agravamiento de enfermedades respiratorias debido a la quema natural o inducida de residuos.

Además de estas consecuencias directas de la gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos, existen efectos indirectos, como la sobreexplotación de los recursos naturales. Los residuos se componen de recursos que en la mayoría de los casos no son renovables. Por ello, la disposición final de los residuos que pueden utilizarse como insumos en un ciclo de producción que contribuye a un mayor consumo de recursos naturales vírgenes. Por otro lado, la instalación de un sitio de disposición final de residuos provoca, en general, la pérdida de valor económico de las propiedades circundantes.

No se puede dejar de mencionar el problema social que representa la presencia de recicladores de base, conocidos popularmente como "Recicladores", que realizan su trabajo en condiciones sobrehumanas, sin ninguna protección personal ni social, expuestos a altos riesgos para su salud.

En resumen, los vertidos incontrolados o a cielo abierto tienen múltiples efectos negativos

sobre la salud humana y los impactos ambientales, económicos, sociales, ecológicos y estéticos.

La disposición final es la última etapa de la gestión de los residuos sólidos urbanos y comprende el conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos sólidos. Lo ideal es que los productos rechazados resultantes de los procesos de recuperación se utilicen para su disposición. Sin embargo, en la práctica, los residuos que se destinan a la disposición final son aquellos que por diversas circunstancias no tienen valor económico en el contexto en el que se generan. La falta de valor puede deberse a que no se pueden reutilizar, a que los materiales recuperados no se pueden comercializar o a que no existe la tecnología adecuada para su recuperación.

El método de disposición final más utilizado para los residuos sólidos urbanos es el relleno sanitario y/o el vertedero controlado. Entonces, la pregunta sería: **¿Qué es un relleno sanitario/vertedero controlado?**

1.3 Rellenos sanitarios o vertederos controlados

La normativa vigente en el país define al relleno sanitario o vertedero controlado como la "técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos urbanos; comprende el esparcimiento, acomodación y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente; el control de gases, lixiviados, y la proliferación de vectores con el fin de evitar la contaminación del medio ambiente y proteger la salud de la población".¹

Un relleno sanitario también puede definirse como un método y al mismo tiempo un lugar, donde los residuos producidos por una determinada zona habitada se depositan en el suelo, utilizando los principios de la ingeniería, de tal manera que se controlen y/o minimicen los impactos sobre el medio ambiente y la salud de la población sometida al riesgo de sus efluentes. Además, se puede decir que es el lugar donde se reciben diariamente los residuos, se esparcen, se compactan, se cubren; y donde se realiza el control ambiental (principalmente de gases, lixiviados y olores). También se realiza un control de estabilidad para evitar el deslizamiento.

El objetivo principal del relleno sanitario es conservar y proteger el medio ambiente en su área de influencia. Esta técnica busca evitar y/o minimizar los efectos derivados de un vertido no controlado como se señaló anteriormente. Conseguir estos objetivos requiere una serie de infraestructuras bien diseñadas, un equipamiento adecuado y una correcta operación

¹ Norma de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos No Peligrosos. Página 14.



Foto 1 Esparcimiento, compactación y cobertura en un vertedero

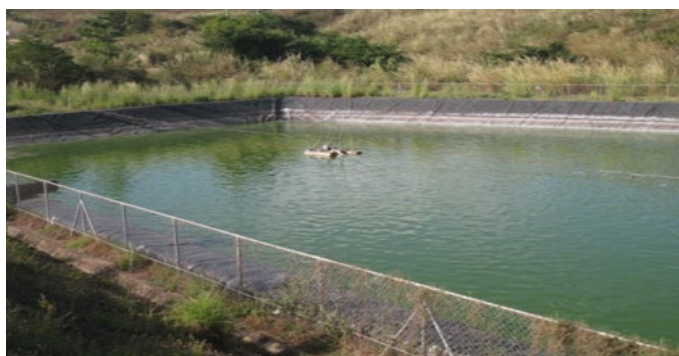


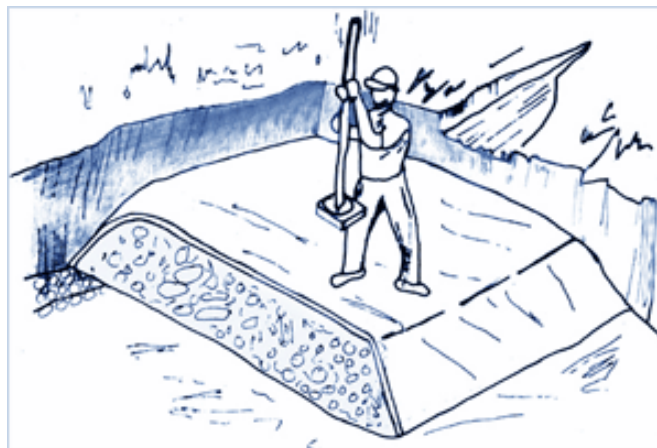
Foto 2 Laguna de lixiviados en el vertedero de ASINORLU, Santa Rosa de Lima, El Salvador

1.3.1 Tipos de rellenos sanitarios o vertederos controlados

Hay diferentes tipos de vertederos. Según el método de operación, estos pueden ser: manuales y con compactación mecanizada; Y según el proceso de descomposición aeróbica, anaeróbica o semiaeróbica.

1) Rellenos Sanitarios Manuales

Los rellenos sanitarios manuales son la solución más adecuada para los municipios y comunidades pequeñas (hasta 30.000 habitantes), cuya generación es igual o inferior a 15 toneladas/día o para los municipios situados en lugares aislados y/o con recursos económicos limitados. En este tipo de vertedero, los trabajadores realizan las actividades de forma manual: descarga, esparcimiento, compactación y cobertura de los residuos, así como el mantenimiento de las canaletas, la construcción de chimeneas y drenajes, la excavación de nuevos módulos, etc. Hay que tener en cuenta que la compactación del material es menos eficiente y, por tanto, la inestabilidad de los residuos confinados no permite alcanzar grandes alturas (generalmente 3 metros). Esta situación da lugar a una mayor superficie y, por tanto, a un aumento de la producción de lixiviados.

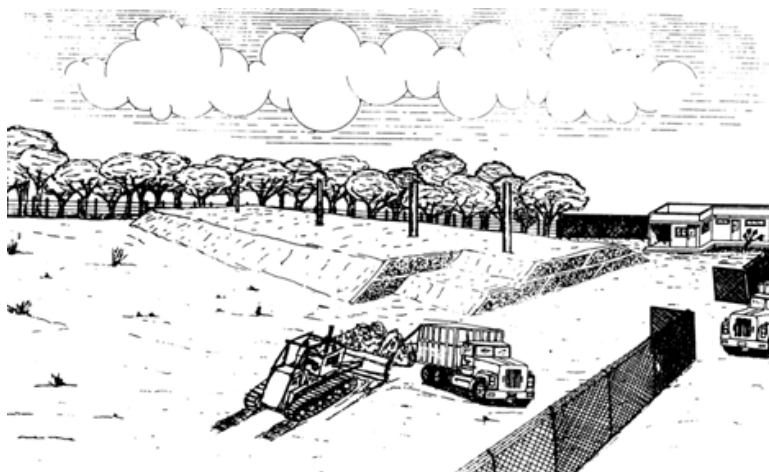


Fuente: Manual para la operación de rellenos sanitarios. SEDESOL, México.

Figura 2 Relleno sanitario manual

2) Vertederos con compactación mecanizada

A diferencia de los rellenos sanitarios manuales, la compactación mecanizada, total o parcial, tiene su aplicación en municipios medianos y grandes, que por la cantidad generada, no podrían ser manejados en su totalidad, y por lo tanto requieren el uso de maquinaria para la realización de las operaciones básicas: esparcimiento, compactación y cobertura de los residuos; así como para las excavaciones y transportes necesarios para el suministro de nuevo material de cobertura. Si la generación diaria es de 16-40 toneladas/día, el vertedero puede funcionar de forma semimecánica. El vertedero mecanizado se aplica a las poblaciones que generan más de 40 toneladas/día. Estos municipios suelen disponer de fondos más adecuados y también de personal técnico formado.



Fuente: Manual para la operación de rellenos sanitarios. SEDESOL, México.

Figura 3 Vertederos con compactación mecanizada

Como se puede observar, cada método tiene un campo de aplicación. Cuando el municipio planifica la construcción de un sitio de disposición final, se recomienda realizar un estudio de viabilidad en el que se comparen las ventajas e inconvenientes de ambas tecnologías para el caso en cuestión.

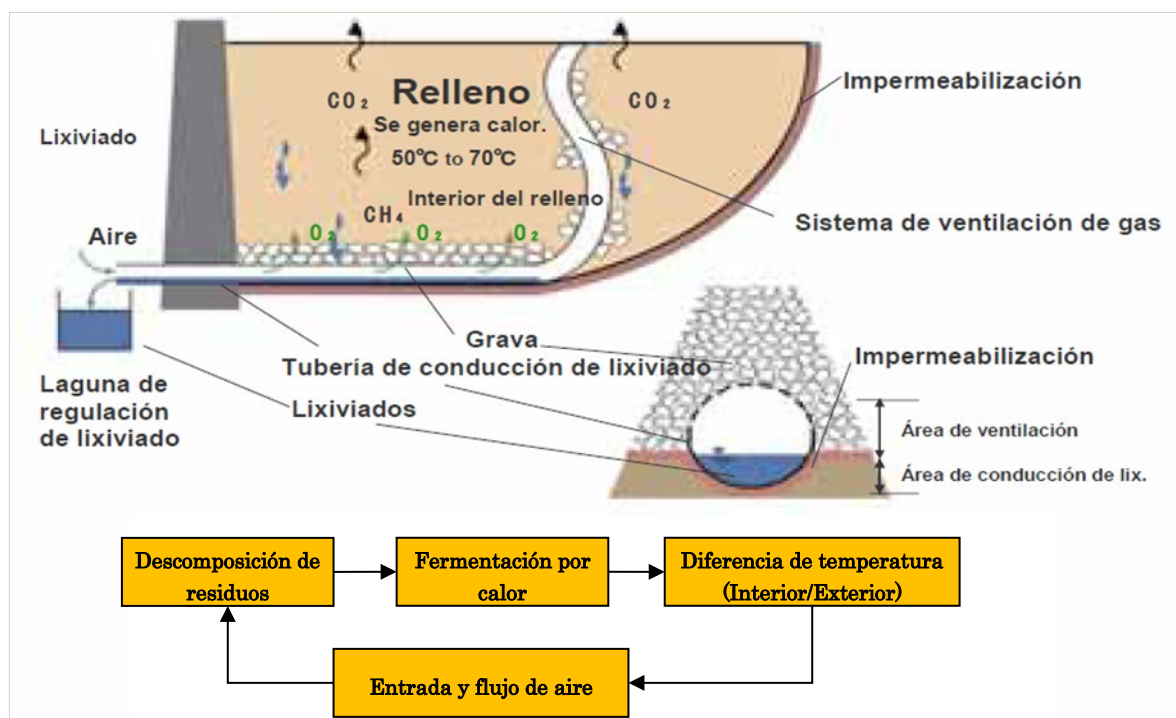
La gestión adecuada de un sitio de disposición final involucra el desarrollo exitoso de las etapas de planificación, diseño, operación, cierre y post-cierre (adecuación y uso final); las cuales serán abordadas en este manual.

La experiencia en las instalaciones de los pocos rellenos sanitarios operados hasta la fecha en el país (si es que puede decirse que existe uno en el pleno sentido del término) no ha sido satisfactoria; dejando en claro que sólo a través de un diseño detallado junto con una operación adecuada, utilizando tecnologías apropiadas al medio ambiente y tomando en cuenta las condiciones socioculturales, se podrá responder a la obligatoria necesidad de disponer adecuadamente los residuos sólidos no aprovechables.

3) Rellenos sanitarios semiaeróbicos y anaeróbicos

La clasificación de vertederos sanitarios semiaeróbicos y anaeróbicos se debe a la presencia de oxígeno en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos una vez depositados, compactados y cubiertos; dando lugar a una composición diferente en el biogás resultante de dicho proceso.

En el primer caso, los rellenos sanitarios semiaeróbicos, se crean las condiciones para la entrada de oxígeno en la masa de residuos y, por tanto, el gas resultante estará formado principalmente por dióxido de carbono. Este método fue desarrollado por los japoneses y se conoce como el método Fukuoka.



Fuente: Guías para la formulación del plan de manejo de residuos sólidos para municipios, El Salvador. 2009

Figura 4 Relleno sanitario semiaeróbico



Foto 3 Relleno sanitario semiaeróbico en Santa Rosa de Lima, El Salvador.

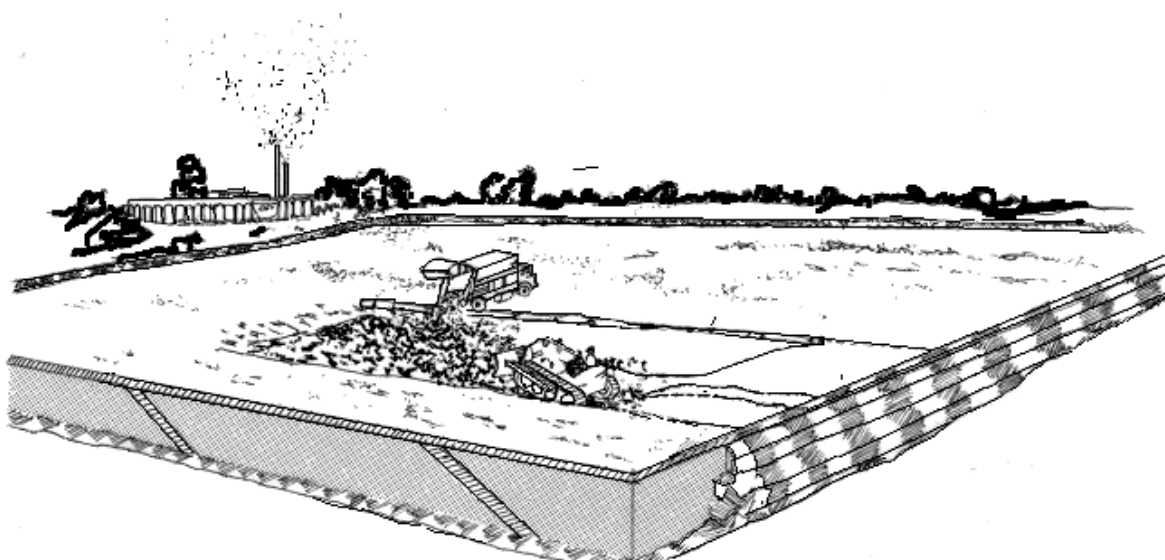
En el segundo caso, los rellenos sanitarios anaeróbicos, se impide la entrada de oxígeno en el cuerpo de los residuos, se produce un proceso de fermentación en condiciones anaeróbicas y el gas resultante, una vez estabilizado el proceso, tiene una alta concentración de metano. Tanto el dióxido de carbono como el metano son gases de efecto invernadero. Sin embargo, se ha establecido que el metano contribuye 20-23 veces más al calentamiento global que el dióxido de carbono.

1.3.2 Métodos de vertido

Los principales métodos utilizados para la disposición de los RSU en un vertedero pueden clasificarse como: 1) Trinchera, 2) Área y 3) Combinado. A continuación, se describen las principales características de cada uno de estos métodos:

1) Método de trinchera

Este método suele utilizarse cuando el nivel de las aguas subterráneas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden excavarse con equipos normales de movimiento de tierras. Este método consiste en depositar los residuos en el talud inclinado de la trinchera (pendiente 3: 1), donde se esparcen y se compactan con el equipo adecuado, por capas, hasta formar una celda que posteriormente se cubrirá, al menos una vez al día, con el material excavado de la trinchera, esparciéndolo y compactándolo sobre los residuos.

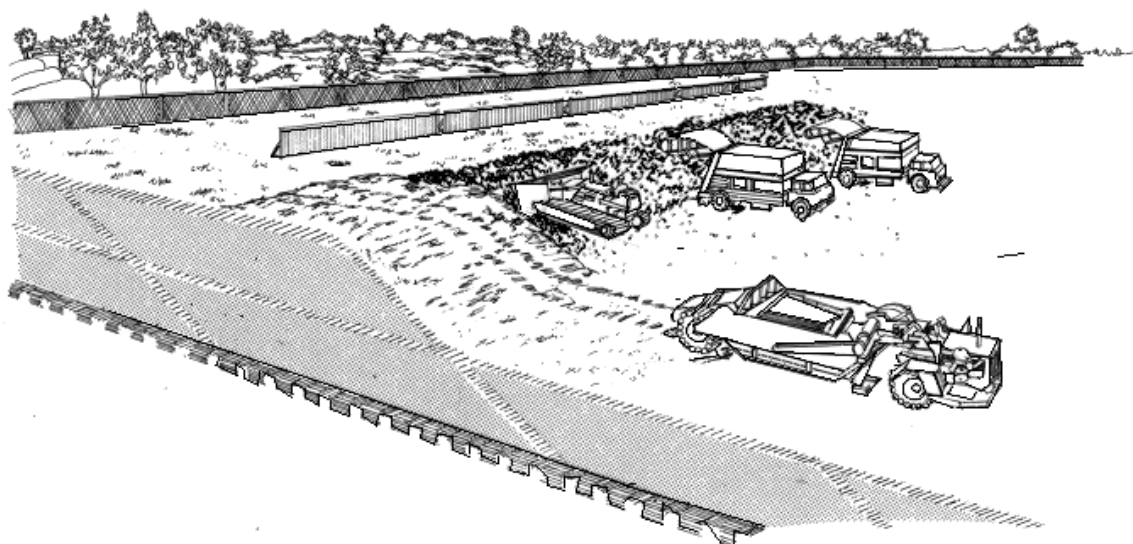


Fuente: Manual para la operación de rellenos sanitarios. SEDESOL. México

Figura 5 Método de trinchera

2) Método de área

Este método puede utilizarse en cualquier tipo de terreno disponible, como canteras abandonadas, cañones, terrenos planos, depresiones y zanjas contaminadas. Un aspecto muy importante es la proximidad del lugar donde se obtendría el material de cobertura, para no encarecer la operación. El método es similar al de la trinchera y consiste en depositar los residuos en el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas para formar la celda que luego se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo de la zona a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

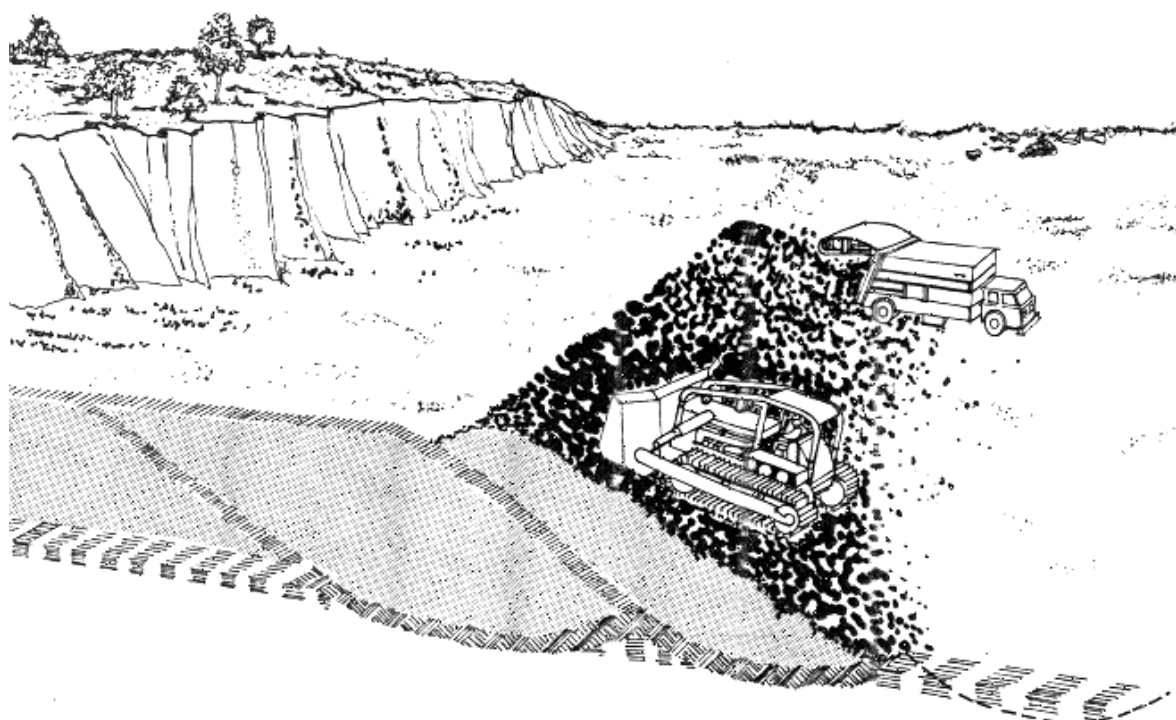


Fuente: Manual para la operación de rellenos sanitarios. SEDESOL. México

Figura 6 Método de área

3) Método combinado

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del lugar elegido para instalar el vertedero son adecuadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, comenzar con el método de trinchera y luego continuar con el método de área en la parte superior. Otra variante del método combinado es comenzar con un método de área, excavando el material de cobertura de la base de la rampa, formando una trinchera, que también servirá para ser rellenada. Los métodos combinados se consideran los más eficientes porque pueden ahorrar el transporte del material de cobertura (siempre que esté disponible en la obra) y aumentar la vida útil del sitio.



Fuente: Manual para la operación de rellenos sanitarios. SEDESOL. México

Figura 7 Método combinado o mixto

1.3.3 Reacciones que se producen en un sitio de disposición final

A modo de ilustración y aunque de forma muy general, se considera de interés presentar lo que ocurre en la masa de residuos una vez depositada en el suelo, para que los operadores sean conscientes de que un SDF es un ente vivo y dinámico, en el que se producen reacciones biológicas, químicas y físicas, que dan lugar a productos, en forma gaseosa y líquida, cuyos efectos sobre el medio ambiente y la salud no pueden ser olvidados y, por tanto, hay que prestarles la debida atención.

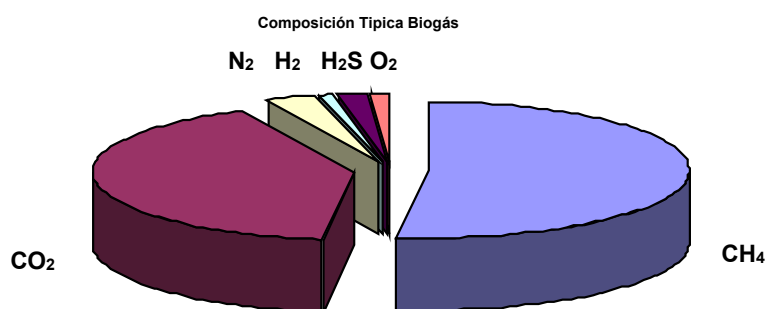
Las reacciones más significativas que ocurren en un SDF son biológicas, con la participación de microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en los residuos sólidos, lo que da lugar a la formación de gases y eventualmente líquidos. El proceso de degradación

comienza en presencia de oxígeno (condiciones aeróbicas), produciendo principalmente dióxido de carbono (CO_2), pero una vez consumido todo el oxígeno, el proceso continúa en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) y en esta etapa la materia orgánica se transforma fundamentalmente en metano (CH_4), dióxido de carbono y muy pequeñas cantidades de amoníaco (NH_3) y sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Simultáneamente a las reacciones biológicas, se producen reacciones químicas, entre las que destaca la disolución en los lixiviados de los productos de conversión biológica y de otros compuestos, especialmente los orgánicos, que pueden ser transportados fuera del vertedero con los lixiviados. Estos compuestos orgánicos pueden incorporarse a la atmósfera a través del suelo (cuando hay derrames) o a través de las instalaciones de tratamiento de lixiviados. Otras reacciones químicas importantes son las que se producen entre determinados compuestos orgánicos y las capas de arcilla, que alteran las propiedades y la estructura de las mismas.

- En cuanto a los cambios físicos en el vertedero, los más importantes están asociados a la difusión de los gases dentro y fuera del vertedero, al movimiento de los lixiviados en el vertedero y en el subsuelo y a los asentamientos provocados por la consolidación y descomposición de los materiales depositados. La composición típica del biogás es:
- Metano (CH_4): 50% a 60%
- Dióxido de carbono (CO_2): 40% a 50%.
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs): Rastros
- Valor calorífico: 18,6 MJ / Nm^3 o 4.450 kCal / Nm^3

Contenido de humedad: Saturado



Fuente: Presentación "Fundamentos del biogás", Ing. José Luis Dávila. SCS Ingenieros. Seminario "Reducción de las emisiones de metano en el sector de los residuos" Global Methane Initiative. CNCCMDL. Santiago, mayo 2014

Figura 8 Composición típica del biogás

El metano es un gas incoloro, inodoro e insípido, más ligero que el aire, relativamente insoluble

en agua y altamente explosivo. Su límite inferior de explosión = 5% en el aire y su límite superior de explosión = 15% en el aire.²

El metano es un gas de efecto invernadero porque absorbe la radiación infrarroja terrestre (calor) que de otro modo escaparía al espacio (característica de un GEI). El metano es un GEI, 21 veces más potente en peso que el CO₂. Hoy hay un 150% más de metano que en el año 1750.³

El movimiento de los gases y las emisiones merecen especial atención; por ejemplo, cuando el biogás queda atrapado, la presión interna puede provocar grietas en la cubierta y fisuras, permitiendo que el agua penetre a través de estas grietas. La humedad genera una mayor producción de gas y, en consecuencia, provoca un mayor agrietamiento. A mayores grietas, más probable es la fuga de biogás, que lleva rastros de compuestos cancerígenos y teratogénicos que se incorporan al medio ambiente.

En relación a los compuestos cancerígenos y teratogénicos, cabe mencionar que se han realizado varios estudios en diferentes lugares (Canadá, EEUU, Alemania, entre otros) que demuestran la vinculación de estos gases con diversos trastornos de la salud, como malformaciones congénitas, y, sobre todo, cáncer. Uno de estos estudios, realizado en Montreal, mostró un aumento estadísticamente significativo del bajo peso al nacer en los recién nacidos en comparación con una población de referencia no expuesta. Otro realizado en Nueva York mostró un aumento moderado, pero estadísticamente significativo del riesgo de malformaciones en los neonatos cuando las madres residían cerca del vertedero. En Alemania se detectó un aumento estadísticamente significativo del número de leucemias en la comunidad de Petershagen, situada a 5 km al suroeste del vertedero. Otro estudio similar muestra un aumento estadísticamente significativo del número de leucemias en la comunidad de Stadthagen, situada a 8 km al sureste del vertedero.

Por otro lado, y de gran importancia, es el hecho de que el biogás contiene un alto porcentaje de metano, por lo que existen riesgos de explosión o combustión.

1.3.4 Ventajas y desventajas de un vertedero⁴

a. Ventajas

El vertedero, como uno de los métodos de disposición final de los residuos sólidos urbanos, es la alternativa más económica; sin embargo, es necesario asignar suficientes recursos financieros y técnicos para la planificación, el diseño, la construcción y la operación. Las

²Misma fuente que el gráfico presentado.

³Idem

⁴Manual para la operación de rellenos sanitarios - SEDESOL, México.

ventajas más importantes son:

- La inversión de capital inicial es menor que la necesaria para la implementación de un sistema de incineración.
- Cuando se dispone de material para cubrir los residuos sólidos en el mismo sitio, esta condición es generalmente la más económica de las diferentes opciones para la disposición final.
- El vertedero es un método para la disposición final de residuos sólidos, que no requiere operaciones adicionales, como la incineración, para la disposición de los productos finales.
- Luego del cierre, los sitios de disposición final pueden ser transformados en áreas útiles para la creación de parques, zonas recreativas y de esparcimiento, o simplemente zonas verdes.
- Es un método flexible, ya que en caso de aumentar la cantidad de residuos a disponer se necesita muy poco equipo y personal.
- El gas metano generado por la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos puede ser atractivo para su uso como fuente de energía no convencional, dependiendo de las características del lugar.

b. Desventajas

- La oposición de la población a la construcción de un relleno sanitario se debe a dos aspectos fundamentales: el desconocimiento del método de vertido y la desconfianza en los funcionarios públicos de la localidad.
- Requiere una gran cantidad de terreno, según la capacidad. Esto es especialmente importante en lugares con poca disponibilidad de terreno.
- La supervisión continua es necesaria para mantener un alto nivel operativo y garantizar que no haya fallos en el futuro.
- Cuando no hay terrenos cerca de las fuentes de generación de residuos sólidos, debido al crecimiento urbano, el costo del transporte se verá fuertemente afectado.
- La relativa proximidad de los vertederos a las zonas urbanas puede causar graves problemas de quejas públicas.
- Existe un alto riesgo de que, especialmente en los países del tercer mundo, debido a la falta de recursos económicos para la operación y el mantenimiento, el vertedero se convierta en un vertedero a cielo abierto.
- Puede producirse la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores y gases desagradables, si no se toman las medidas de control y seguridad adecuadas.

- Los asentamientos diferenciales que sufren los vertederos con respecto al tiempo, impiden su utilización inmediata una vez finalizadas las operaciones, teniendo que esperar un tiempo prudente antes de darle el uso previsto.

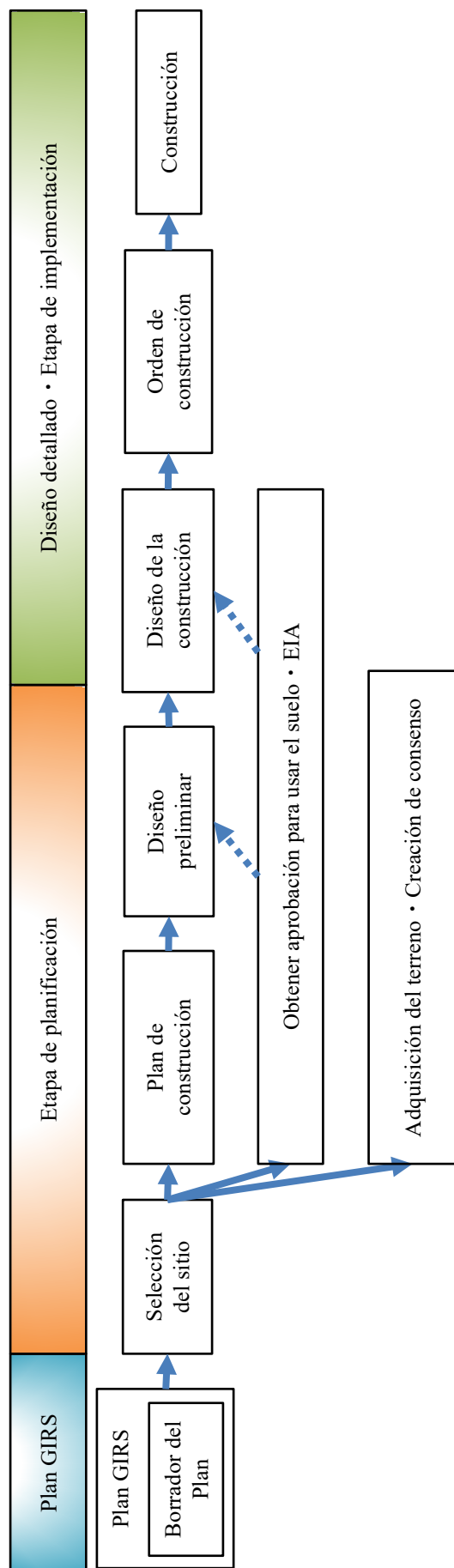
1.4 Proceso de desarrollo de un SDF Nuevo

El proceso de desarrollo de un sitio de disposición final nuevo incluye las siguientes etapas:

- Etapa de preparación
 - ✓ Establecimiento de un plan de GIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos)
 - ✓ Establecimiento de un concepto para el desarrollo de un sitio de disposición final
- Etapa de planificación
 - ✓ Seleccionar y asegurar los terrenos candidatos para la construcción de sitios de disposición final
 - ✓ Establecimiento de un plan de desarrollo de las instalaciones
 - ✓ Implementación del diseño básico
 - ✓ Realizar una evaluación ambiental
 - ✓ Solicitar subvenciones (en el momento de la planificación)
- Etapa de implementación Diseño detallado
 - ✓ Implementación del diseño detallado
 - ✓ Solicitud de subvenciones (en el momento de la implementación)
 - ✓ Orden de construcción
 - ✓ Construcción

Los municipios y mancomunidades tienen que elaborar un plan de GIRS basado en el plan nacional de gestión de residuos, y luego desarrollar planes para cada fase del proyecto.

La Figura 9 muestra el flujo de un proyecto de SDF



Fuente: JET

Figura 9 Flujo de un proyecto de SDF

2 Planificación y diseño de un sitio de disposición final

A continuación, se describe cada etapa del proceso de desarrollo de un SDF Nuevo.

2.1 Plan de desarrollo de SDF

Los municipios y las mancomunidades tienen que elaborar un plan de GIRS basado en el plan nacional de gestión de residuos, y elaborar un plan de desarrollo de SDF Nuevos

El plan de desarrollo debe describir el período del sitio de disposición final, la capacidad, la protección ambiental, el plan general de la instalación y el plan de construcción del sitio de disposición final, y ser presentado al Ministerio de Medio Ambiente.

El Ministerio de Medio Ambiente juzgará la viabilidad del SDF Nuevo en función del plan de desarrollo y decidirá si se construye o no.

Los elementos que deben incluirse en el plan de desarrollo figuran en la Tabla 1.

Tabla 1 Elementos del plan de desarrollo de un SDF Nuevo (Borrador)

Cap. 1 Generalidades
1. Ubicación del del proyecto y del entorno circundante
2. Cantidad requerida para la disposición final y tipos de residuos entrantes
Cap. 2 Plan para SDF
1. Período de operación y capacidad del vertedero
2. Cobertura del suelo requerida
3. Plan de distribución general
Cap. 3 Plan de conservación del medio ambiente
Cap. 4 Plan de instalaciones
Cap. 5 Plan de construcción
1. Método de orden y cronograma de adquisición de fondos/construcción
2. Costos y financiamiento de la construcción
Cap. 6 Plan de operación y mantenimiento
1. Contenido del Plan de operación y mantenimiento
2. Costos y financiamiento de la operación y mantenimiento

Fuente: JET

2.2 Selección del sitio

2.2.1 Consideraciones para la selección del sitio

A la hora de seleccionar un sitio para una instalación de disposición final, hay que tener en cuenta varios elementos, como los lineamientos de diseño, la edad objetivo de los trabajadores, las consideraciones ambientales y sociales y los costos.

- ✓ Normativas de uso del suelo
- ✓ Infraestructura de transporte y acceso
- ✓ Seguridad en caso de desastres
- ✓ Planificación del uso del suelo tras el cierre
- ✓ Zonas de fácil acceso a los equipos
- ✓ Impacto en la dirección del crecimiento de la red urbana y de los aviones

1) Normativas de uso del suelo

A la hora de seleccionar un sitio candidato para la construcción de un sitio de disposición final, es necesario confirmar la existencia de normativas de uso del suelo. A continuación, se exponen algunas de las normativas específicas sobre la construcción de sitios de disposición final, definidas por las leyes y normas.

- ✓ Normativa sobre conservación de la naturaleza
- ✓ Normativa sobre la protección de los bienes culturales
- ✓ Normativa de protección hidrogeológica
- ✓ Normativa de ordenamiento territorial

La Tabla 2 muestra las leyes, reglamentos y normas relacionadas con el uso de suelo para cada tipo de terreno.

Tabla 2 Leyes, reglamentos y normas relacionadas con el uso del suelo

Estado legal del terreno	Base Legal	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF	Observaciones en la República Dominicana
Propietario del terreno				
Propiedad privada, Propiedad pública	Constitución Art 51 Ley 108-05	Artículo 51. Derecho de propiedad. 1) Ninguna persona puede ser privada de su propiedad, sino por causa justificada de utilidad pública o de interés social, previo pago de su justo valor, determinado por acuerdo entre las partes o sentencia de tribunal competente, de conformidad con lo establecido en la ley. Ley 108 05. De registro inmobiliario, del 23 de marzo de 2005 g. o. no. 10316 del 2 de abril de 2005 modificada Por la ley no. 51-2007". La presente ley regula el registro de todos los derechos reales inmobiliarios correspondientes al territorio de la República Dominicana.	- El terreno privado puede ser usado para la construcción de un SDF si este es comprado o alquilado por la Municipalidad. Sin embargo, si se utiliza un terreno alquilado, se requiere el acuerdo del propietario para la construcción del SDF - El terreno público puede ser utilizado para la construcción de un SDF solamente si el propietario está de acuerdo.	
Zonas protegidas				
1) Áreas de protección natural: Reservas forestales, parques nacionales, áreas naturales protegidas, monumentos naturales, áreas de elevada biodiversidad, áreas de condiciones ecológicas especiales	Ley 64 00	Artículo 1. Ley General sobre Medio Ambiente tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales asegurando su uso sostenible. Artículo 41. Los proyectos o actividades que requieren la presentación de una evaluación de impacto ambiental son los siguientes 9) Proyectos mineros, incluyendoconstrucción y operación de pozos, presas de cola, plantas procesadoras, refinerías y disposición de residuos. 15) Sistemas de saneamiento ambiental, como lo son de alcantarillado y de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras y de residuos tóxicos de origen industrial, domiciliario y municipal, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de efluentes sólidos, líquidos o gaseosos. 18) Obras de ingeniería de cualquier índole que se proyecten realizar en bosques de protección o de producción de agua y otros ecosistemas frágiles, en bosques nublados o lluviosos, en cuencas altas, en humedales o en espacios costeros.	1) Áreas de protección natural: - No se permite la construcción de un SDF. 2) Áreas de protección de instalaciones culturales: - No se permite la construcción de un SDF. 3) Áreas de protección hidrogeológica: - Los SDF deben estar situados al menos a 60 metros de distancia de la falla activa. - Los SDF deben ser construidos fuera de las áreas de protección hidrogeológica.	Existen vertederos a cielo abierto.
2) Áreas de protección de instalaciones culturales: Sitios o patrimonios históricos, religiosos o culturales	NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03) 6.1.9.	6.1.9. Las instalaciones para la disposición final no se deben ubicar en áreas naturales protegidas, parques nacionales, monumentos naturales y áreas de elevada biodiversidad o condiciones ecológicas especiales. De la misma manera, sitios o patrimonios históricos, religiosos o culturales. 6.3.2. Toda instalación de vertedero controlado o relleno sanitario debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla geológica activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años. 6.3.3. Todo vertedero controlado o relleno sanitario se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos o dinámicos. 6.3.4. Se deben evitar zonas donde existan o puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas del terreno, las cuales incrementan el riesgo de contaminación acuífera. 6.3.5. Todo vertedero controlado o relleno sanitario debe estar situado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas		
3) Áreas de protección hidrogeológica: Fallas geológicas activas, áreas de taludes inestables, áreas de asentamientos				

Estatus legal del terreno	Base Legal	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF	Observaciones en la República Dominicana
diferenciales, terrenos donde subyacen acuíferos de gran y alta importancia, tierras aptas para la agricultura		subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de los lixiviados. La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas de superficie se realizará mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento inferior durante la fase activa o de explotación y mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento superior durante la fase pasiva o posterior a la clausura. 6.3.6. Cuando por las condiciones geológicas e hidrológicas o subyacentes se deba garantizar y prevenir un riesgo potencial de contaminación del suelo y las aguas subterráneas, se utilizará una capa inicial de revestimiento o compuesto o material geo sintético de una conductividad hidráulica adecuada y un sistema de recolección de lixiviados diseñado para que los mismos corran sobre el revestimiento.		
	Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (RSM)	5. Lineamientos generales de la política de gestión de residuos sólidos municipales, 5.4 Líneas de acción, c) Definir normas técnicas y operativas para la gestión de los RSM, Establecer la normativa relativa a la disposición final teniendo en cuenta los siguientes aspectos: - Localización, la cual se reflejará en los planes de ordenamiento territorial y tendrá en cuenta, por lo menos, su no ubicación en tierras aptas para la agricultura (clase I-IV) y terrenos donde subyacen acuíferos de gran y alta importancia hidrogeológica, según Mapa Hidrogeológico de la República Dominicana.		
	Ley 64 00	Artículo 82. Se prohíbe el vertido de sustancias o residuos contaminantes en suelos, ríos, lagos, lagunas, arroyos, embalses, olmos y cualquier otro cuerpo o curso de agua. Artículo 86. Se prohíbe ubicar todo tipo de instalaciones en las zonas de influencia de fuentes de abasto de agua a la población y a las industrias, cuyos residuos, aun tratados, presentan riesgos potenciales de contaminación Artículo 107. Párrafo I. Bajo ninguna circunstancia se permitirá la operatividad de vertederos municipales en cercanía de lechos, fuentes, cuerpos de aguas, ni en aquellos lugares donde la escorrentía y la infiltración puedan contaminarla. Párrafo II. Será indispensable para poder establecer poner en funcionamiento un vertedero municipal, realizar el estudio de evaluación ambiental pertinente, conforme lo establecido en el artículo 38 y siguientes de la presente ley. Artículo 110. Los asentamientos humanos no podrán autorizarse: 1) En lechos, cauces de ríos o zonas de deyección, zonas expuestas a variaciones marinas, terrenos inundables, pantanosos o de relleno, cerca de zonas industriales, bases militares, basureros, vertederos municipales, depósitos o instalaciones de sustancias peligrosas Artículo 133. Se prohíbe el vertimiento de escombros o basuras en las zonas cársticas, cauces de ríos y arroyos, cuevas, sumideros, depresiones de terreno y drenes.	- Básicamente, se prohíbe la construcción de sitios de disposición final o vertedero de residuos cerca de masas o cuerpos de agua. - Si la contaminación de las aguas subterráneas o superficiales es motivo de preocupación, deberán realizarse obras complementarias para evitar la contaminación. - Si la distancia entre el cuerpo de agua superficial y el SDF es de más de 1.00 metros, el SDF puede ser construido. - Si la distancia entre el pozo de extracción de agua de consumo (sean de uso doméstico, industrial, de riego o ganadero) y el SDF es de más de 100 metros, el SDF puede ser construido.	Existen vertederos a cielo abierto.
Áreas cercanas a límites costeros, ríos, lagos, lagunas, humedales, manglares y fuentes de agua donde las aguas subterráneas o superficiales pueden ser contaminadas por escorrentías o filtraciones.	NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE	5.5.11. Está prohibido el depósito de residuos sólidos o de materiales provenientes de la construcción en los límites costeros, manglares, ríos, lagos, áreas protegidas y humedales.		

Estatus legal del terreno	Base Legal	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF	Observaciones en la República Dominicana
	RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03)	6.1.7. Para la instalación de cualquier sistema de disposición final de residuos sólidos será indispensable realizar un Estudio de Evaluación Ambiental conforme a lo establecido en la Ley General 64 00, de Medio Ambiente y Recursos Naturales, artículos 38 y siguientes. 6.1.8. La disposición final de residuos sólidos mediante relleno sanitario, no se realizará en aquellos terrenos donde los estudios hidrogeológicos y topográficos determinen la existencia de riesgo de contaminación para las aguas subterráneas o superficiales, a menos que se ejecuten las obras complementarias que eviten esta situación. 6.2.1. El vertedero o relleno sanitario debe estar localizado fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior se debe demostrar que no existe la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos solidos. 6.2.2. El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se ubicará en zonas de pantanos, marismas, arroyos, cauces de ríos y similares. 6.2.3. La distancia de ubicación del sitio, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1.000 m (mil metros), como mínimo. De la misma manera, debe contar con una zona de amortiguamiento que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos diez años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona. 6.3.1. Una distancia mínima de 100 metros debe mediar entre el lugar de instalación de rellenos y los pozos para extracción de agua de consumo (sean estos de uso doméstico, industrial, riego o ganadero). Esta distancia debe ser medida entre la proyección horizontal y la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Lo expuesto anteriormente es válido ya sea que los pozos se encuentren en estado de uso o de abandono.		
Plan de uso de suelo Aeropuertos, asentamientos humanos y áreas industriales	Ley 225 20	Artículo 130. Características básicas para la selección del sitio, construcción, operación y clausura del relleno sanitario de residuos sólidos urbanos. Párrafo. - La distancia mínima de los rellenos sanitarios, con respecto a los centros de población igual o mayor a dos mil habitantes, de acuerdo al último censo de población, ase como de las industrias, deberá ser no menor a un kilómetro. Artículo 134. Confinamiento de los residuos peligrosos. Los residuos peligrosos que no puedan ser tratados o valorizados se dispondrán en celdas de seguridad. Párrafo I. Las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos deberán contar con las características necesarias para prevenir y evitar la contaminación y riesgo que estos puedan causar al medio ambiente y a la salud humana. Párrafo II.- La distancia mínima de las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos, con respecto a los centros de población iguales o mayores a mil habitantes, de acuerdo al último censo de población, deberá ser no menor a cinco kilómetros. Así mismo a las industrias.	1) Distancia de los rellenos sanitarios - De 1.5 a 3 km del aeropuerto - A más de 1.5 km con respecto a áreas residenciales con una población de menos de 2.000 habitantes - A 1 km o más con respecto a los centros de población de 2.000 habitantes o más - A 1 km o más de las áreas industriales 2) Distancia de las instalaciones que contienen residuos peligrosos	Se están construyendo residenciales a menos de 1 km de distancia de los SDF existentes

Estatus legal del terreno	Base Legal	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF	Observaciones en la República Dominicana
	NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03)	6.1.11. Las distancias mínimas para instalar rellenos sanitarios de aeropuertos y asentamientos humanos son las siguientes: a) De 3.000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina. b) De 1.500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón. c) Deberán estar alejados a una distancia mínima de 1.500 metros, a partir del límite de los asentamientos humanos por servir. En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población. d) Para todo tipo de instalaciones de disposición final se considerarán distancias que impidan accidentes o impactos negativos a obras públicas o privadas. Se incluyen autopistas, ferrocarriles, caminos principales y secundarios, oleoductos, gaseoductos, polductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.	- A 5 km o más con respecto a los centros de población de 1.000 habitantes o más - A 5 km o más de un Distrito Industrial	

Fuente: JET

2) Infraestructura de transporte y acceso

Los lugares de disposición final deben estar ubicados lo más lejos posible de las zonas pobladas, pero debido al propósito de recibir los residuos de dichas zonas, es necesario contar con una infraestructura de transporte que facilite el transporte de los residuos y la obtención de materiales y equipos.

También es importante tener en cuenta el acceso de los vehículos de respuesta de emergencia a los accidentes e incendios en el sitio.

3) Planificación del uso del suelo tras el cierre

Cuando un sitio de disposición final alcance su año objetivo, se cerrará y el sitio se utilizará para otros fines.

En la mayoría de los casos, el terreno se destinará a instalaciones no residenciales de bajo costo de construcción, como parques e instalaciones recreativas, pero es importante prever el uso del terreno tras el cierre en la fase de selección del sitio.

4) Zonas de fácil acceso a los suministros

Es necesario seleccionar una zona en la que los materiales y el equipo para la construcción de las instalaciones del SDF y las operaciones diarias del vertedero puedan llevarse a cabo fácilmente. En concreto, se trata de materiales para las instalaciones, equipos pesados para la operación, tierra y arena para el cobertura diaria y piezas de repuesto para los equipos. Si estos materiales pueden adquirirse fácilmente, los costos de construcción y operación pueden reducirse.

5) Impacto en la dirección del crecimiento de la red urbana y de los aviones

A la hora de seleccionar un sitio candidato para la construcción de un sitio de disposición final, es necesario considerar la dirección del crecimiento de la red urbana de la población circundante. Esto se debe a que hay que tener en cuenta que cuando la urbanización llegue al sitio de disposición final, éste se cerrará, se gestionará y se cambiará el uso del suelo.

Además, el sitio de disposición final no puede estar situado en dirección con la trayectoria de despegue y aterrizaje de los aviones en la pista del aeropuerto. Esto para evitar que las operaciones de los aviones se vean afectadas en caso de incendio en el sitio de disposición final.

2.2.2 Levantamiento de la situación actual del sitio

Para conocer las características de un posible sitio de disposición final, es necesario realizar un levantamiento de la situación actual del sitio, incluyendo la topografía, la geología, la geografía, la hidrología, la meteorología y la biología.

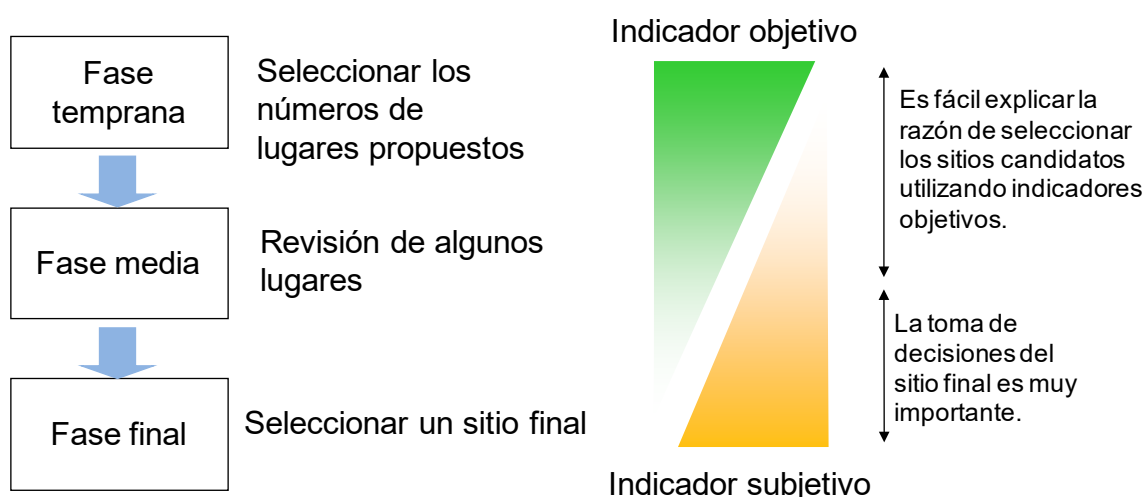
Los principales puntos a investigar son los siguientes:

- ✓ Levantamiento topográfico: Se realiza un estudio topográfico y se prepara un mapa topográfico a escala de 1/2500 a 1/5000 para conocer las condiciones de la superficie del suelo. Este mapa topográfico se utilizará como base para los planos de diseño.
- ✓ Estudio geológico: Realizar un estudio geológico utilizando sondeos y mapas geológicos para determinar las condiciones del estrato, los valores N, la conductividad hidráulica, etc.
- ✓ Estudio de la vegetación: Examinar el tipo, la ubicación y la densidad de los árboles, la vegetación y los cultivos.
- ✓ Datos meteorológicos y mapas de distribución: Estudio de las precipitaciones, la evaporación, la velocidad del viento, la dirección del viento, etc.
- ✓ Datos hidrológicos: Ubicación de ríos, arroyos y humedales, niveles de agua normales y de inundación, calidad del agua, etc.
- ✓ Mapas del nivel de las aguas subterráneas: Investigar la presencia de acuíferos y pozos.
- ✓ Estudio de la población: Determinar la población y la distribución de la zona circundante mediante censos y encuestas estadísticas.
- ✓ Estudio del tráfico: Realizar un estudio de las condiciones de tráfico en la zona circundante.

2.2.3 Enfrentar el problema de NIMBY ("No en mi patio trasero")

Es necesario entender que se debe obtener el consentimiento de los residentes y/o comunidades aledañas para la construcción y operación del relleno sanitario, por lo que debe haber transparencia en el proceso desde las primeras etapas de planificación.

La decisión final debe depender del indicador subjetivo, que se refiere a la obtención de los sitios sin ningún percance entre los propietarios del lugar.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 10 Indicadores objetivos frente a los subjetivos

Como resumen de los puntos importantes para obtener el consenso público, se recomienda lo siguiente:

- Llevar a cabo acciones clave para obtener el consentimiento de los residentes: Divulgación de información y explicación a los residentes sobre el vertedero.
- Considerar el mejoramiento de las infraestructuras sociales a las comunidades del entorno como compensación por los cambios que generará la nueva infraestructura en su entorno.
- Realizar las actividades recomendadas para obtener el consentimiento de los residentes: charlas, capacitaciones.

2.3 Diseño básico

La formulación del diseño básico para un sitio de disposición final incluye la definición de los siguientes elementos, incluidos los establecidos en el momento del concepto básico:

- Año: El año objetivo debe establecerse para un mínimo de 10 años. Se recomienda considerar más de 15 años.
- Capacidad de disposición de residuos prevista (m^3)
- Cantidad prevista de disposición de residuos (t)
- Disponibilidad del material de cobertura
- Método de disposición final (celda, trinchera o mixto)
- Tipo (manual o mecanizado / semiaeróbico o anaeróbico)
- Infraestructuras básicas y complementarias
- Monitoreo ambiental

- Plan de uso post-cierre del SDF

Un plan de desarrollo por fases para un SDF debe considerar la interrelación entre las diferentes infraestructuras, los planes de ordenamiento por fases y el plan de utilización posterior al cierre del sitio seleccionado.

De acuerdo con las condiciones locales, es de suma importancia considerar la disposición final conjunta con otros municipios, estos deben considerar la gestión conjunta a través de la creación de mancomunidades y la conveniencia de una asociación público-privada.

Ya en la fase de planificación, se aconseja iniciar el proceso de creación de consenso público, implicando a las diferentes partes interesadas y manteniendo un flujo de información de forma transparente y sincera, con el fin de considerar las diferentes opiniones y garantizar la aceptación del proyecto.

1) Plan de infraestructuras del SDF

Las infraestructuras del SDF deben diseñarse teniendo en cuenta los factores de peso muerto, carga viva, capacidad de resistencia del suelo, presión del agua, presión del viento, condiciones sísmicas y variaciones de temperatura, entre otros. Además, las instalaciones deben estar diseñadas para funcionar eficazmente dentro de su duración prevista.

2) Plan de materiales y equipos para el SDF

El plan de materiales y equipos para el SDF, es decir, el análisis de los materiales, equipos y maquinaria necesarios (cantidad, tipo, especificaciones técnicas, etc.) debe establecerse durante la fase de planificación.

2.4 Diseño detallado

Una vez establecida la ubicación del SDF y definido el diseño básico (macro diseño), hay que seguir el diseño detallado (micro diseño) del SDF, que debe incluir:

- Estudios detallados de topografía, geotécnicos e hidrológicos y otros.
- Diseño detallado de obras complementarias como verjas, casetas, talleres, caminos y otros.
- Obras hidráulicas de desvío y canalización de aguas superficiales y pluviales.
- Recolección, conducción, almacenamiento y tratamiento hidráulico de los lixiviados.



Foto 4 Construcción de drenajes para la recolección de lixiviados

- Trabajos de captación, conducción y combustión o tratamiento del biogás.
- Programas, obras, pozos de monitoreo de agua y gas.
- Determinación de los lugares para la excavación de los materiales de cobertura.
- Diseño de la superficie de relleno y su impermeabilización con tierra arcillosa o con membranas sintéticas.
- Diseño de la superficie final, incluyendo su impermeabilización y adaptación para la plantación de la cubierta vegetal.
- Diseño de los programas de cierre o sellado y de los programas posteriores al cierre.
- Investigación del efecto al medio ambiente.
- Estudio de los costos, tanto de inversión como de operación, y análisis financiero de los ingresos y gastos o el análisis del flujo de efectivo
- Establecimiento de políticas de gestión, como la decisión de si la operación y construcción se llevarán a cabo a nivel municipal o privado.
- Establecimiento de normas de licitación, si procede, o del propio programa de gestión.

El diseño detallado debe responder al marco legal vigente y tener en cuenta una serie de parámetros/criterios, entre los que hay que considerar:

- Capacidad necesaria según la proyección de la generación
- Vida útil
- Tipos de residuos a disponer. Composición y características
- Condiciones topográficas e hidrogeológicas del sitio
- Tecnología adecuada
- Forma corporal de los residuos, teniendo en cuenta el tipo de residuo (con o sin residuos biodegradables) y la gestión técnica (manual o mecánica).

- Método de operación (trinchera, área, rampa o combinado).
- Dimensiones de la celda
- Impermeabilización de la capa inferior
- Sistema de desviación de la escorrentía y recolección de lixiviados.
- Sistema de recolección y eliminación de gases
- Análisis y control de la estabilidad
- Monitoreo ambiental durante la operación
- Cierre y uso posterior del sitio de disposición final

Antes de proceder con el diseño detallado, el proyecto tendrá en cuenta todos los requerimientos técnicos mínimos para el establecimiento y operación del vertedero, independientemente de su tipo o tamaño:

- Que se garantice la estabilidad del suelo y del acolchado contra los deslizamientos
- Que existan caminos internos de acceso, balastados o pavimentados, transitables en cualquier época del año, con etiquetas informativas;
- Que exista una verja periférica, que limite el terreno e impida la entrada de personas y animales, fuera del vertedero, con una puerta y entrada restringida;
- Que haya una preparación del terreno, con una base impermeable, inclinada hacia las líneas de drenaje;
- Que haya canales periféricos para las aguas pluviales
- Que existan drenajes para los lixiviados y chimeneas, para los gases y los humos;
- Que existan instalaciones para recoger, tratar o circular los lixiviados;
- Que haya una caseta, un almacén, instalación saneamiento y otras infraestructuras básicas;
- Que haya personal suficiente, con formación adecuada y supervisión cualificada;
- Que haya una cobertura diaria de los residuos con materia inerte, con un espesor mínimo de 15 cm;
- La cobertura final del vertedero se realiza con una capa de cobertura de 60 cm de espesor, con una capa adicional de 20 cm de espesor, capaz de soportar la vegetación, y con una inclinación suficiente para evitar la entrada de agua de lluvia en el vertedero;
- Que exista un diseño de las diferentes fases de los periodos de operación del vertedero;
- Que haya un diseño de la configuración final del sitio, con su tratamiento paisajístico.

2.4.1 Capacidad requerida

Para determinar la capacidad necesaria del sitio, es necesario determinar primero el volumen que ocuparía la masa de residuos y luego el que ocuparía la masa de residuos en el vertedero, que se calculan aplicando una de las siguientes fórmulas: ⁵, según la disponibilidad de los datos:

$$\mathbf{V_{residuos} = ppc \times H \times 365 \times \frac{N}{D} \quad (1)^5}$$

Dónde:

V: Volumen de residuos

Ppc: Producción diaria de residuos per cápita

H: Número de habitantes de una ciudad

N: Vida útil del vertedero (años)

D: Densidad de los residuos

365 = Número de días al año (días)

$$\mathbf{V_{residuos} = \frac{365 \times Td}{Pv} \quad (2)}$$

Dónde:

V = Volumen anual en m³ (m³/ año)

365 = Número de días al año (días)

TD = Toneladas recogidas diariamente (t / día) * del flujo de residuos

PV = Peso volumétrico o densidad de los residuos compactados en el vertedero (t/m³)

En la fórmula 2, el total de residuos depositados será la suma del volumen anual de cada año de operación.

La capacidad del vertedero debe ser la suma total del volumen de residuos depositados más el material de cobertura (30% del volumen de residuos):

$$\mathbf{V_{vertedero} = 1.3 \times V_{residuos} \quad (3)}$$

Dónde:

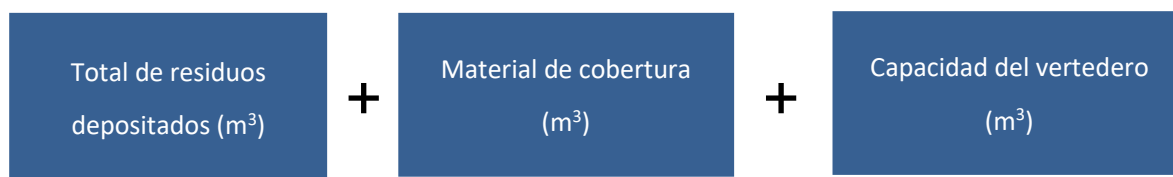
V: Volumen necesario para el vertedero

Al final la capacidad del vertedero se determina por:

$$\mathbf{Capacidad\ del\ Vvertedero = V_{residuos} + V_{vertedero}}$$

Equivalente a:

⁵Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. Ecuador 2002. Página 6



El volumen de residuos se multiplica por el factor 1.3 para obtener el volumen necesario del vertedero, teniendo en cuenta que se añade material de cobertura. La vida útil debe ser superior a 10 años; de lo contrario, los costos de adquisición y preparación del terreno no estarán justificados. Lo recomendable sería una vida útil de más de 20 años. Por otro lado, se recomienda tener en cuenta la evolución demográfica a la hora de calcular la producción de residuos en los años siguientes, así como el aumento de la generación de residuos.

La densidad de los residuos varía en función de su estado de compactación, como se muestra en la Tabla 3.

Es importante mencionar que la cantidad de residuos que se depositaría en un sitio de disposición, si se separa y clasifica previamente, puede reducirse significativamente en la fuente o en una planta de recuperación y clasificación para luego ser utilizada por el compostaje y el reciclaje. De este modo, se aumenta la vida útil de la obra y se reducen los costos de operación.

Tabla 3 Densidad de los residuos sólidos

Residuos sólidos	Densidad
En el contenedor doméstico	105 - 210 kg/m ³
En el recolector	350 - 630 kg/m ³
Compactación en el vertido manual	400 - 600 kg/m ³
Maquinaria de compactación	600 - 810 kg/m ³

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. Ecuador 2002. Página 6

A partir del volumen requerido, se puede calcular la superficie necesaria para el vertido, que depende de tres factores importantes:

- Volumen del vertedero
- Tipo de vertedero (manual o con compactación mecanizada)
- Tecnología de tratamiento de lixiviados

Para un vertedero con compactación mecanizada, la superficie necesaria se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_{\text{residuos}} = \frac{V_{\text{vertedero}}}{f}$$

Dónde:

A: Área que ocuparía la masa de residuos (ha)

V: Volumen necesario para el vertedero (m³)

f: Factor Volumen/Área = 10 m³/m² (equivalente a 1.000.000 m³/hab)

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. Ecuador 2002. Página 8.-

El factor volumen/área de 10 m³ de residuos/1m² de superficie da como resultado una altura de celda de 10 m incluyendo los taludes, considerando que la masa de residuos rara vez supera los 30 m y que el talud debe tener una pendiente de 18° o menos.

En el caso de los vertederos manuales, se suele diseñar un sistema de celdas rellenas sucesivamente, que no deben tener una altura superior a 3 m, debido a la baja compactación. La superficie requerida se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{V_{\text{vertedero}}}{h_{\text{celda}}}$$

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. Ecuador 2002. Página 8.-

2.4.2 Fijación de la elevación mínima de la parte inferior del sitio de disposición final

Es importante fijar la elevación mínima de la parte inferior del SDF a una altura que no se vea afectada por las aguas subterráneas, pero también se debe tener en cuenta el nivel de agua máximo histórico.

En este manual, se recomienda que la elevación mínima de la parte inferior del SDF se fije en el nivel máximo histórico del agua + 50 cm.

2.4.3 Vida útil

La vida útil de la obra depende de muchas variables, entre las que mencionamos las siguientes:

- Volumen disponible
- La cantidad de residuos sólidos que se van a eliminar
- Método de operación

Para determinar la vida útil, se debe comparar el volumen proyectado de recepción de residuos en el sitio (volumen de residuos sólidos urbanos más material de cobertura) a lo

largo de los años, con el volumen total acumulado que se depositaría en las celdas proyectadas, durante la etapa de diseño dentro del área de disposición final; hasta encontrar un valor similar, ligeramente superior o inferior. Este valor corresponde a la vida útil del vertedero en años.

La vida útil del vertedero vendría determinada por la topografía y las dimensiones del suelo, la cantidad de residuos a depositar, la altura de las celdas y el grado de compactación de los residuos ya depositados.

Una vez que se haya determinado la vida útil del SDF, habrá que detallar más el proyecto. Para ello es importante determinar la cantidad y la altura de las celdas a construir. La altura de las celdas viene determinada por el tipo y la calidad de la compactación del vertedero que se va a construir.

Se recomienda un tamaño de celda equivalente a la superficie necesaria para recibir los residuos generados en un año, cuyo tamaño sea el doble de la anchura del tractor, para facilitar la operación. En algunos casos es necesario considerar la construcción de una celda de emergencia, sobre todo en las zonas donde hay mucha lluvia.

2.4.4 Proyección de la generación per cápita y total

El parámetro básico para el diseño de toda infraestructura relativa a la gestión de los residuos sólidos, y por tanto para un sitio de disposición final, es la cantidad de residuos que se van a tratar en él, así como su composición y características (densidad, humedad, etc.).

2.4.5 Tipo de residuos, composición y características

El tipo de residuos, su composición y sus características son condiciones importantes a tomar en cuenta para el diseño de un SDF. Es necesario saber en la fase de diseño si los residuos que se van a transportar son sólo residuos generales o incluyen residuos peligrosos, y tomar las medidas necesarias. Si se van a transportar residuos peligrosos, estos deben ser depositados en un compartimento (celda) separado de los residuos generales, y deben reforzarse e implementarse medidas de impermeabilización alrededor del compartimento (celda) de residuos peligrosos.

2.4.6 Nivel de construcción de sitios de disposición final nuevos

Las condiciones previas para un sitio de disposición final cubierto por este manual son las siguientes:

- ✓ Debe de ser a nivel de planificación nacional.
- ✓ Debe ser compartido por tres o más municipios.
- ✓ Debe de ser un vertedero mecanizado.

El nivel de desarrollo de un sitio de disposición final nuevo se clasifica en función de su tamaño, como se indica en la Tabla 4.

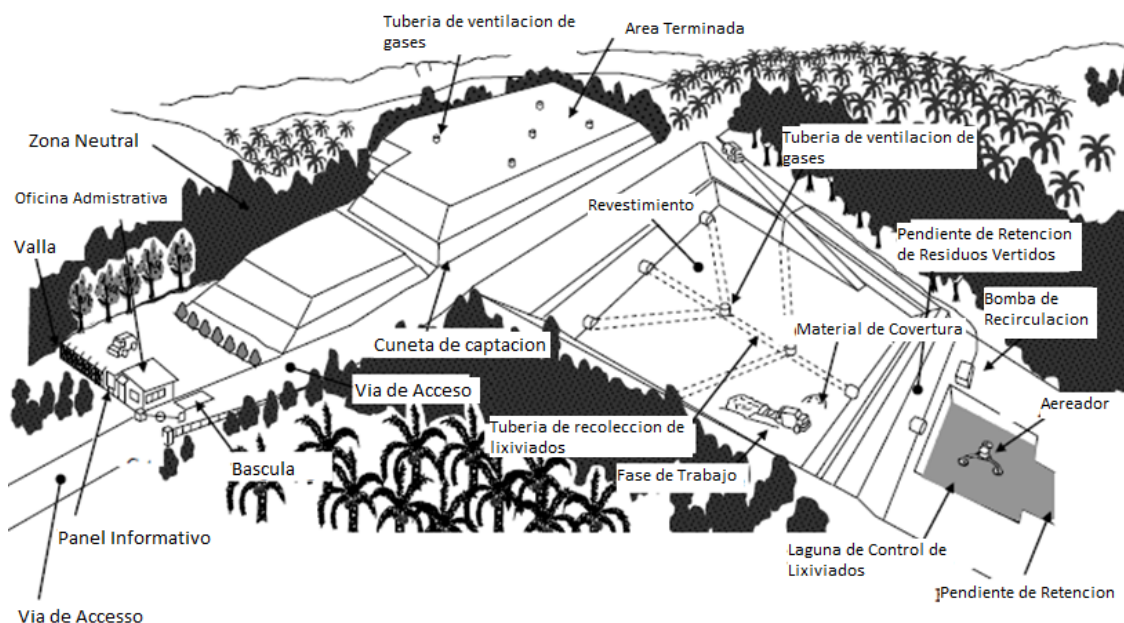
Tabla 4 Nivel de construcción para SDF nuevos

Componente	Descripción	Nivel			
		1	2	3	4
Instalación para la gestión del transporte de residuos	Instalación de una oficina de gestión, básculas para camiones, lavaderos de vehículos, etc. para gestionar el transporte de residuos.	+	+	+	+
Muro de tierra o banquina Talud	Cerrar con un terraplén para evitar la propagación desordenada de la zona del vertedero.		+	+	+
Zona de amortiguación	Plantar árboles alrededor del vertedero como zona de amortiguación.		+	+	+
Material de cobertura	Después de compactar los residuos, cubrirlos con tierra para evitar incendios y olores.		+	+	+
Instalaciones de ventilación de gas	Instalación de tubos de ventilación de gas para evitar incendios y explosiones.		+	+	+
Camino de acceso/Vía de transporte	Con el fin de asegurar una ruta de transporte estable, construir un camino de acceso desde el exterior y un camino de transporte hacia el interior del sitio.	+	+	+	+
Instalación de recolección y drenaje de aguas pluviales	Implementar una instalación de recolección y drenaje de aguas pluviales alrededor del vertedero para controlar la entrada de estas.		+	+	+
Instalación de recolección y drenaje de lixiviados	Implementar una instalación de recolección y drenaje de lixiviados (tuberías, depósito regulador) para descargar rápidamente los lixiviados generados por los residuos.			+	+
Instalación para la circulación de lixiviados	Implementar una instalación para el tratamiento por circulación de los lixiviados y controlar su salida al exterior de la zona.			+	+
Instalación de tratamiento de lixiviados	Implementar una instalación de tratamiento de lixiviados para poder depurarlos y descargarlos.				+
Sistema de impermeabilización	Instalar un sistema de impermeabilización, como una capa de revestimiento o una capa de material, para evitar que los lixiviados penetren directamente en el suelo.				+
Instalación anti-dispersión	Instalar una verja para evitar que los residuos se dispersen por el viento y evitar la entrada de animales.			+	+

Fuente: JET

En base a las instalaciones de disposición final nuevas que se desarrollarán en la República Dominicana en el futuro, a nivel de planificación nacional, se decidió un desarrollo de nivel 4.

En la Figura 11 se muestra una imagen de un sitio de disposición final de nivel 4.



Fuente: Guía técnica para el diseño y la operación de un vertedero, JICA 2004

Figura 11 Relleno sanitario

Entre las instalaciones a desarrollar en el nivel 4, el costo de construcción de las instalaciones de tratamiento de lixiviados varía mucho según se adopte el tratamiento circulante o el tratamiento de depuración, por lo que el método debe seleccionarse en función de las condiciones del sitio. Las demás instalaciones son las que deberían instalarse habitualmente en los sitios de disposición final nuevos.

La Tabla 5 muestra las instalaciones a ser implementadas en SDF Nuevos y su clasificación

Tabla 5 Instalaciones a ser implementadas en SDF nuevos

Componente	Descripción	Condiciones de instalación
Condiciones previas: Aplicarlas a los sitios de disposición final que son usados de manera conjunta por tres o más municipios y que tengan implementada la compactación mecanizada.		
Instalación para la gestión del transporte de residuos	Instalación de una oficina de gestión, básculas para camiones, lavaderos de vehículos, etc. para gestionar el transporte de residuos.	a
Muro de tierra o banquina Talud	Cerrar con un terraplén para evitar la propagación desordenada de la zona del vertedero.	a
Zona de amortiguación	Plantar árboles alrededor del vertedero como zona de amortiguación.	a
Material de cobertura	Después de compactar los residuos, cubrirlos con tierra para evitar incendios y olores.	a
Instalaciones de ventilación de gas	Instalación de tubos de ventilación de gas para evitar incendios y explosiones.	a
Camino de acceso/Vía de transporte	Con el fin de asegurar una ruta de transporte estable, construir un camino de acceso desde el exterior y un camino de transporte hacia el interior del sitio.	a
Instalación de recolección y drenaje de aguas pluviales	Implementar una instalación de recolección y drenaje de aguas pluviales alrededor del vertedero para controlar la entrada de aguas pluviales.	a
Instalación de recogida y drenaje de lixiviados	Implementar una instalación de recolección y drenaje de lixiviados (tuberías, depósito regulador) para descargar rápidamente los lixiviados generados por los residuos.	a
Sistema de	Instalar un sistema de impermeabilización, como una capa de revestimiento o una capa de	a

Componente	Descripción	Condiciones de instalación
impermeabilización	material, para evitar que los lixiviados penetren directamente en el suelo.	
Instalación anti-dispersión	Instalar una verja para evitar que los residuos se dispersen por el viento y evitar la entrada de animales.	a
Instalación para la circulación de lixiviados	Implementar una instalación para el tratamiento por circulación de los lixiviados y controlar su salida al exterior de la zona.	b
Instalación de tratamiento de lixiviados	Implementar una instalación de tratamiento de lixiviados para poder depurarlos y descargarlos.	b

a: Instalaciones a implementar.

b: Instalaciones a ser seleccionadas e implementadas según el método de construcción y condiciones del sitio.

Fuente: JET

2.4.7 Diseño de instalaciones de almacenamiento de residuos

1) Funciones de las instalaciones de almacenamiento de residuos

La instalación de almacenamiento de residuos es una instalación con importantes funciones para evitar el derrame y el colapso de los residuos y además almacenar los residuos vertidos de forma segura, esta debe tener las siguientes funciones básicas:

- ✓ Almacenar la cantidad de residuos prevista para el vertido
- ✓ Evitar el derrame y el colapso de los residuos
- ✓ Evitar la escorrentía de los lixiviados y del agua de percolación
- ✓ Almacenar temporalmente el agua de lluvia

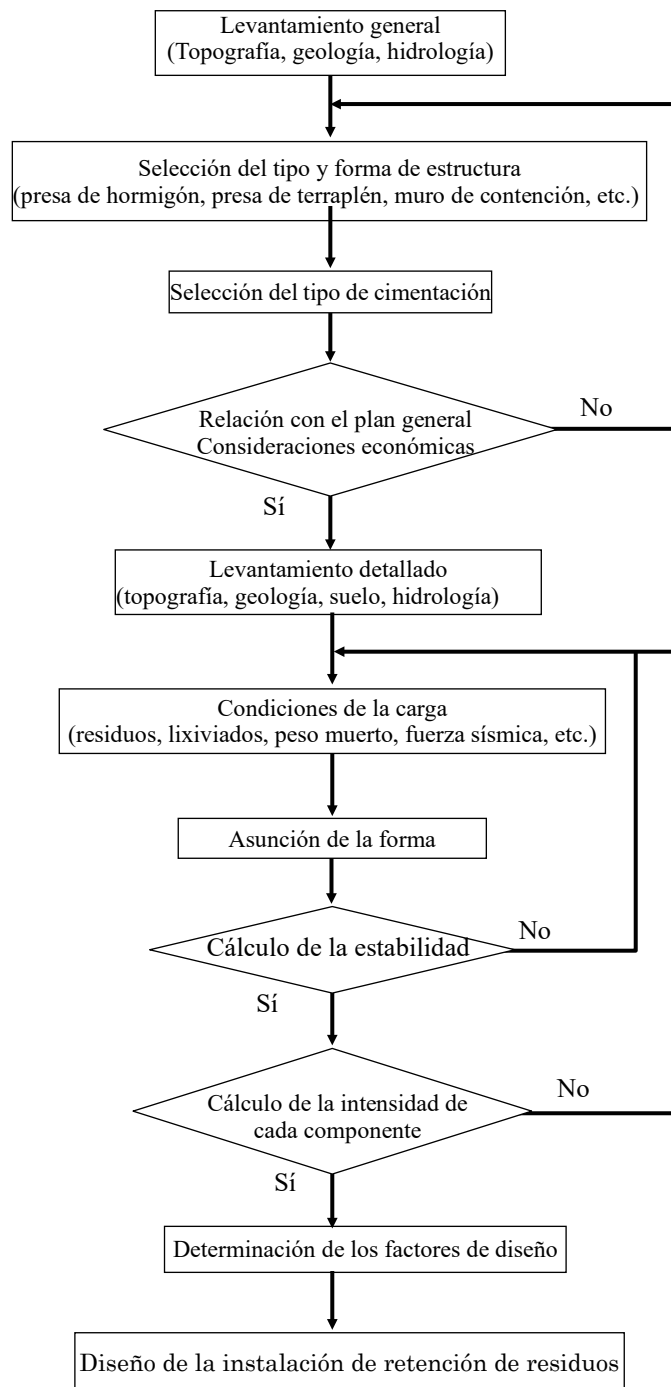
2) Procedimiento de diseño de las instalaciones de almacenamiento de residuos

Las instalaciones de almacenamiento de residuos deben tener las funciones mencionadas, así como una resistencia suficiente, y deben diseñarse en base a su funcionalidad, seguridad y economía.

El tipo, el tipo estructural y el tipo de cimentación de la estructura variarán en función de la altura, las condiciones del suelo, las condiciones de construcción y el plan del vertedero, pero básicamente el diseño procederá en el siguiente orden:

- ✓ Investigación de los elementos básicos necesarios para el diseño, como la naturaleza de los residuos que se van a verter, la topografía, la geología, el suelo, la hidrología y las condiciones de construcción del sitio;
- ✓ El tipo, la estructura y los cimientos más adecuados de la estructura de almacenamiento se seleccionan teniendo en cuenta de forma exhaustiva los resultados anteriores, la duración del vertedero, la relación con el plan general de la instalación del vertedero, incluidas las obras de barrera, las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados y las instalaciones de tratamiento de lixiviados, así como la eficiencia económica;
- ✓ Determinar las condiciones de diseño necesarias para el cálculo de la presión de residuos, etc., y realizar los cálculos de estabilidad según el tipo y la clase de estructura seleccionada;
- ✓ Se realizan los cálculos de tensión para cada miembro de la estructura, se determina la base de diseño y se preparan los planos de diseño.

El procedimiento anterior se muestra en la Figura 12.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 12 Procedimiento de diseño de la instalación de almacenamiento de residuos

3) Tipos de instalaciones de almacenamiento de residuos

Los tipos de instalaciones de almacenamiento de residuos incluyen terraplenes, muros de contención y tablestacas. Cada estructura tiene unas condiciones de diseño y unas cargas diferentes en función de su finalidad.

Por lo tanto, la estructura adecuada debe determinarse teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la zona circundante, la capacidad de carga de residuos según el plan del vertedero y las condiciones del suelo. En la fase de planificación, hay que comparar y examinar varios tipos de estructuras. En la fase de diseño, es importante volver a confirmar si la estructura seleccionada en la fase de planificación es la más práctica y adecuada.

A partir de los ejemplos de los países vecinos, se suele adoptar la estructura de terraplén de tierra porque es económica y fácil de construir, y su altura suele fijarse en unos 5 metros. La relación de la pendiente del terraplén de tierra debe ser de 3:1 (horizontal: vertical) para garantizar la estabilidad del talud.

La Figura 13 muestra un diagrama de referencia de la estructura de almacenamiento.

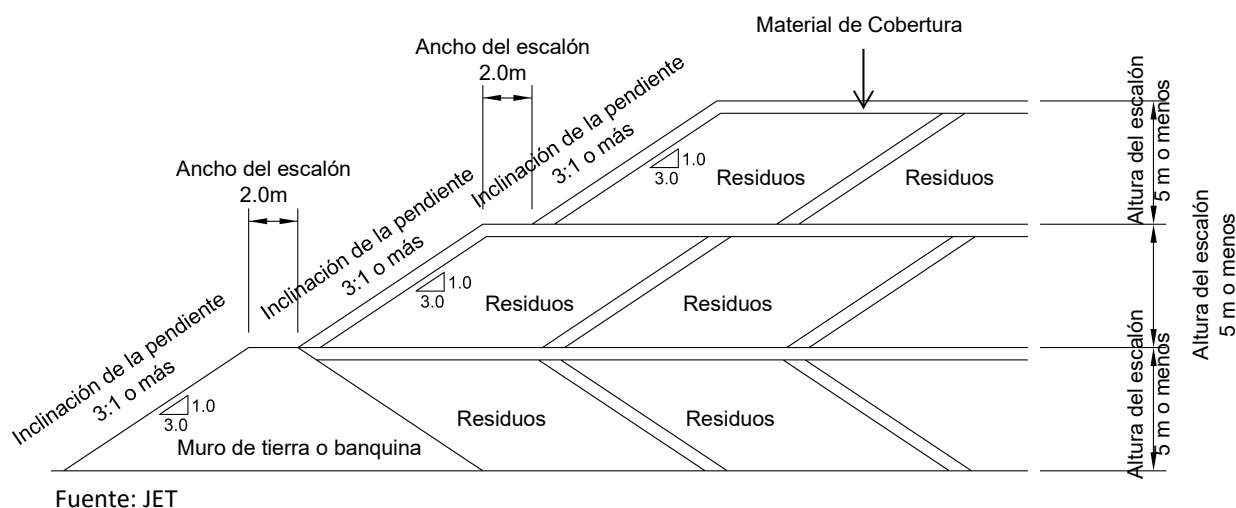


Figura 13 Dibujo de referencia de la estructura de almacenamiento

2.4.8 Diseño de instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

1) Finalidad y función de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

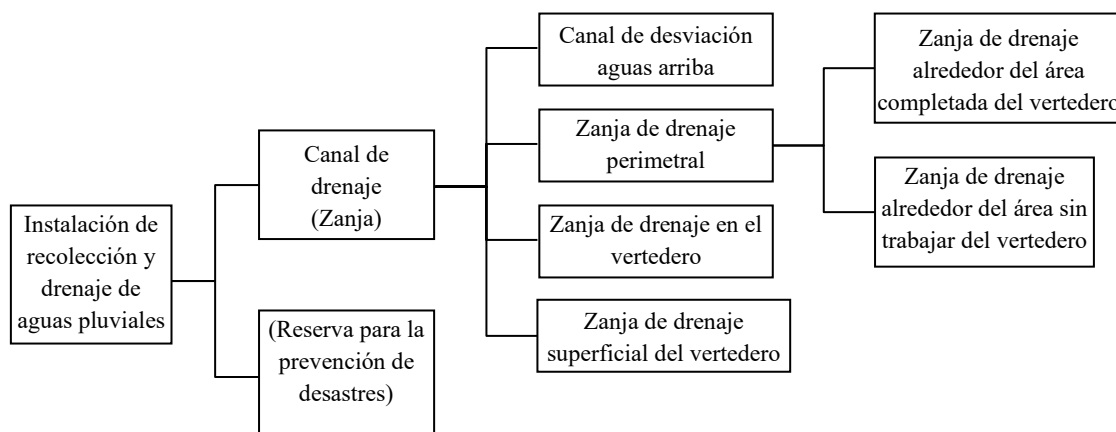
La finalidad de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales es recolectar rápidamente las aguas pluviales en la cuenca, permitir que bajen y se eliminen, y aislar las aguas pluviales de los residuos del vertedero. Las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales sirven para reducir los lixiviados al evitar que el agua de lluvia fluya hacia el vertedero, reduciendo así la carga de las instalaciones de tratamiento de lixiviados y de las instalaciones de revestimiento.

Dependiendo de la topografía y de otros factores, la mayor parte o parte del agua de lluvia de una cuenca hidrográfica que incluye un vertedero suele fluir hacia el mismo.

Este volumen de agua es mucho mayor que el volumen de lixiviado generado en el vertedero, y si esta agua fluye hacia el vertedero, la instalación de tratamiento de lixiviados tendrá que tratar un gran volumen de lixiviado con fluctuaciones irregulares de volumen y calidad. Además, el aumento de los lixiviados puede aumentar la carga de las obras impermeables. Para evitarlo, es necesario separar y drenar las aguas pluviales que caen alrededor del vertedero utilizando canaletas de drenaje alrededor del mismo.

2) Composición y tipos de instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

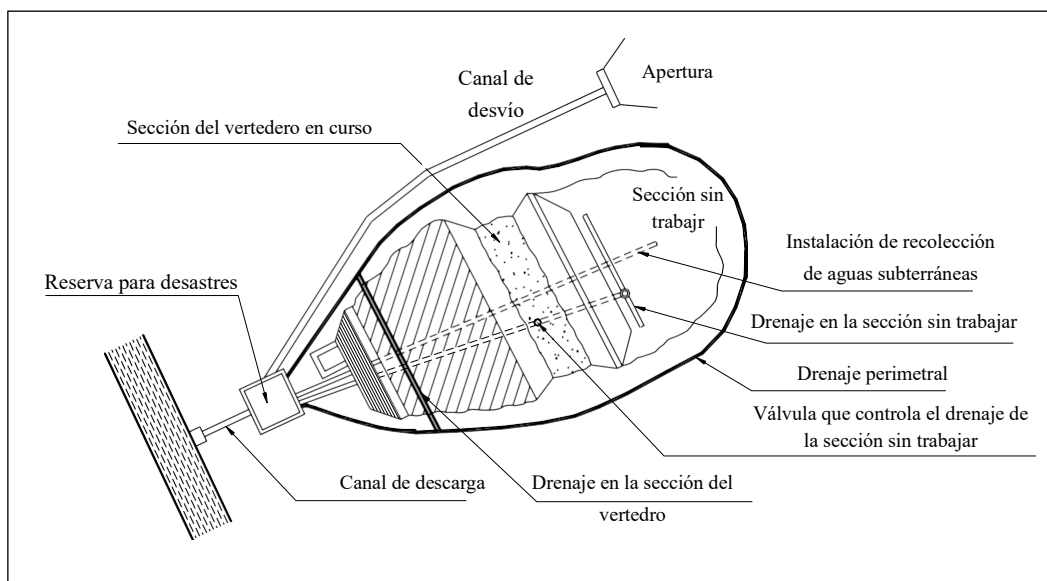
Las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales pueden clasificarse como se muestra en la Figura 14, tanto desde el punto de vista de la reducción del volumen de lixiviados por el rechazo de las aguas pluviales como del desarrollo del sistema de drenaje de aguas pluviales para el sitio de disposición final.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 14 Clasificación de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

La Figura 15 muestra un diagrama conceptual de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 15 Diagrama conceptual de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

a. Zanja de drenaje perimetral

Se trata de una zanja de recolección y drenaje instalada en la periferia del vertedero antes del inicio de las operaciones de vertido. Su objetivo es recolectar el agua de lluvia de los alrededores del vertedero y evitar que fluya hacia él. La pendiente longitudinal del canal depende de las condiciones topográficas, pero generalmente se encuentra en el rango de 1-2%. En pendientes pronunciadas y zonas onduladas, es probable que se produzcan socavaciones y desbordamientos debido a la rapidez del flujo y a la curvatura, por lo que hay que tener en cuenta cada situación al diseñar el canal. Los tipos más comunes de estructuras de canales utilizados son los canales de hormigón in situ, los canales en forma de U y los canales corrugados.

b. Zanja de drenaje en la sección del vertedero

Hay dos tipos de drenajes: El drenaje en la sección del vertedero y el drenaje en la sección sin trabajar. Son instalaciones que retiran el agua de lluvia del vertedero sin dejar que entre en contacto con los residuos.

El drenaje de la sección del vertedero se utiliza para el drenaje de la superficie después de cubrirla con tierra, mientras que el drenaje de la sección sin trabajar se utiliza para drenar el agua de lluvia que cae en el compartimiento de tierra sin trabajar fuera del vertedero sin que entre en contacto con los residuos. En la mayoría de los casos, las zanjas de captación de los vertederos son alcantarillas, y se utilizan tubos de humo, tubos de resina sintética, tubos corrugados, etc.

c. Zanja de drenaje superficial del vertedero

Se trata de una zanja de drenaje para eliminar las aguas superficiales del vertedero cerrado una vez realizada la cobertura final del suelo. Para proporcionar una estructura que pueda hacer frente a la gran cantidad de hundimiento del suelo que se produce inmediatamente después de completar el período de vertido, se puede utilizar una estructura simple de zanjas no perforadas y láminas impermeables al principio, y se pueden instalar zanjas de hormigón después de que el hundimiento haya disminuido en cierta medida.

d. Canal de desvío aguas arriba

Este tipo de sistema de drenaje se utiliza cuando el área restante de una cuenca hidrográfica que incluye un vertedero es demasiado grande para drenar el agua de lluvia de los alrededores con sólo una zanja de drenaje perimetral. Por lo general, se instala un pozo de monitoreo aguas arriba del vertedero, y el agua fluye hacia abajo a través de la parte inferior del vertedero mediante tuberías, o instalando un canal que circule todo el vertedero.

La Tabla 6 muestra los tipos de canales de drenaje (estructuras y materiales) que pueden utilizarse para las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales.

Tabla 6 Aplicaciones generales por tipo de drenaje

Tipo	Zanja de drenaje	Perímetro zanja de drenaje	Zanja de drenaje en el vertedero		Superficie del vertedero zanja de drenaje	Desvío aguas arriba canal
			Vertedero completado Sección	Vertedero sin trabajar Sección		
Canal de hormigón in situ		b				b
Zanja en U		b	b	b	b	
Canal ondulado		b	b	b	b	
Tubo ondulado				b		b
Alcantarilla de cajón						b
Tubo de concreto o Tubo de resina sintética				b		b
Zanja abierta y lámina			a	a	a	
Canal de suelo-cemento			a		a	

Notas: "a" indica una medida temporal.

"b" indica que es adecuado como tipo de zanja (estructura, material).

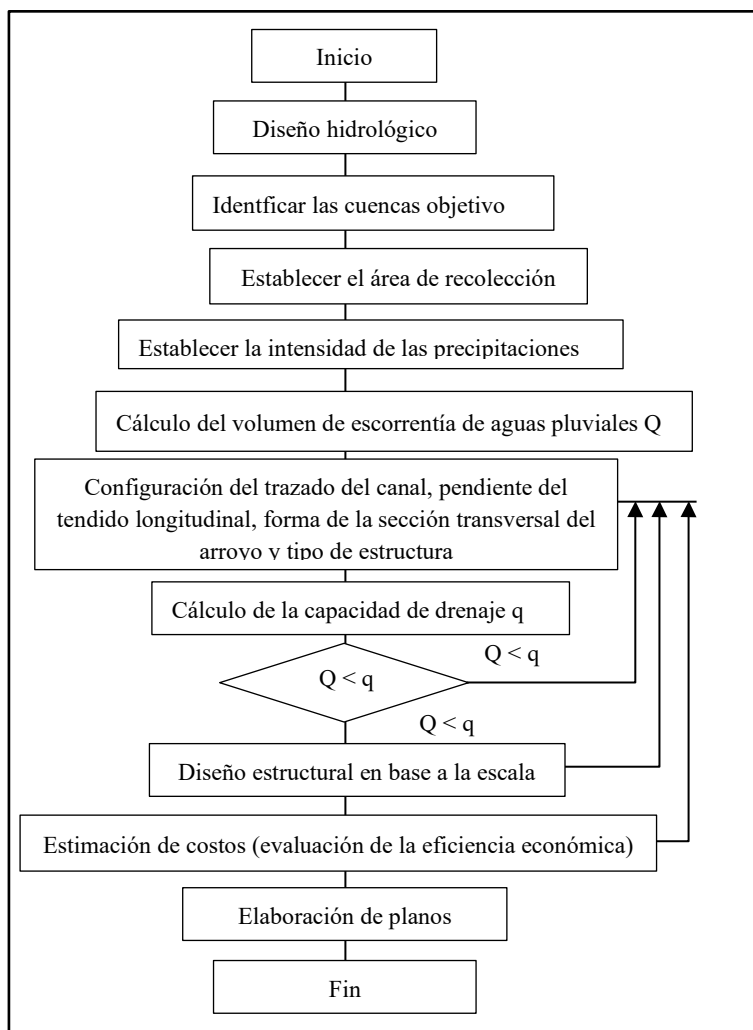
Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

3) Diseño de instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales

Las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales deben ser capaces de soportar las condiciones de deformación del vertedero a medida que avanzan las actividades de vertido. Es necesario planificar y diseñar un drenaje neutral que pueda funcionar en todo momento, independientemente de los cambios en los patrones de drenaje debido a las obras de construcción o al progreso de las actividades de vertido.

Además, las zanjas de drenaje deben estar diseñadas para tener una sección transversal suficiente y ser fáciles de mantener, ya que pueden estar obstruidas por los sedimentos acumulados.

La Figura 16 muestra el procedimiento de diseño para el sistema de drenaje de aguas pluviales.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 16 Diagrama de flujo para el diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales

a. Cálculo del flujo de diseño

El volumen de las aguas pluviales depende de la intensidad de las precipitaciones, el área de captación, la topografía y el uso del suelo. En general, se puede estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = 1/360 C \cdot I \cdot A$$

Dónde,

Q = Volumen de aguas pluviales (m^3/seg)

C = Coeficiente de flujo (seleccione el volumen adecuado en función de la topografía de la zona de captación del vertedero o de la vegetación, etc.)

I = Intensidad de la lluvia (intervalo de recurrencia de la tormenta de 10 a 15 años (mm/h))

A = Área de captación (ha)

La intensidad de las precipitaciones debe basarse en los datos pluviométricos de años anteriores. El número de años que hay que retroceder debe considerarse como la vida útil del SDF.

El coeficiente de flujo se puede encontrar en las normas de diseño y construcción del MOPC (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones), como se muestra en la tabla siguiente.

La Tabla 7 y Tabla 8 muestran el coeficiente de flujo por proporción de área urbana y por uso de suelo.

Tabla 7 Coeficiente de flujo por proporción de área urbana

% DE ÁREA CONSTRUIDA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
90	0.85
85	0.80
80	0.75
75	0.70
70	0.65
65	0.60
60	0.55
55	0.50
50	0.45

Fuente: REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS R-008, MOPC, REPÚBLICA DOMINICANA 2010

Tabla 8 Coeficiente de flujo por uso del suelo

CARACTERÍSTICAS ÁREAS CONSTRUIDAS	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Superficie asfáltica	0.70 a 0.95
Superficie de hormigón	0.75 a 0.95
Superficie metálica	0.90 a 0.95
Suelo arenoso:	
Pendientes menores del 2%.	0.05 a 0.10
Pendientes entre el 2 y el 7%.	0.10 a 0.15
Pendientes mayores del 7%.	0.15 a 0.20
Suelo firme:	
Pendientes menores del 2%.	0.13 a 0.17
Pendientes entre el 2 y el 7%.	0.18 a 0.22
Pendientes entre el 2 y el 7%.	0.25 a 0.35

Fuente: REGLAMENTO PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS R-008, MOPC, REPÚBLICA DOMINICANA 2010

b. Determinación del área de la sección transversal

La sección transversal de un canal de drenaje de aguas pluviales suele ser rectangular u ovalada y puede obtenerse mediante la siguiente ecuación. Al determinar el área de la sección transversal, es aconsejable diseñar con una sección transversal generosa en consideración a la acumulación de sedimentos.

Según las normas japonesas, el 80% de la profundidad del canal se calcula como sección transversal de paso.

$$S = Q/V$$

Dónde,

S =Superficie de la sección transversal del flujo (m²)

Q =Volumen de descarga (m³/seg)

V =Velocidad media del flujo (m/seg)

La velocidad media del flujo puede calcularse utilizando la ecuación de Manning de la siguiente manera.

$$V = 1/n R^{2/3} T^{1/2}$$

Dónde,

V =Velocidad media del flujo (m/seg)

N = Coeficiente de rugosidad de Manning

T =Gradiente del canal

$R = \text{Radio hidráulico (m)} = S/P$

Dónde,

$S = \text{Superficie de la sección transversal del flujo (m}^2\text{)}$

$P = \text{Perímetro mojado (m)}$

El coeficiente de rugosidad de Manning se puede referenciar a partir de los criterios de diseño de la CAASD (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo) de la siguiente manera.

Tabla 9 Coeficiente de rugosidad de Manning

MATERIA	N
Asbesto cemento	0.010
Concreto Liso	0.012
Concreto Rugoso	0.016
P.V.C	0.009
Hierro Fundido	0.013

Fuente: NORMAS DE DISEÑO, CAASD, REPÚBLICA DOMINICANA

2.4.9 Diseño de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

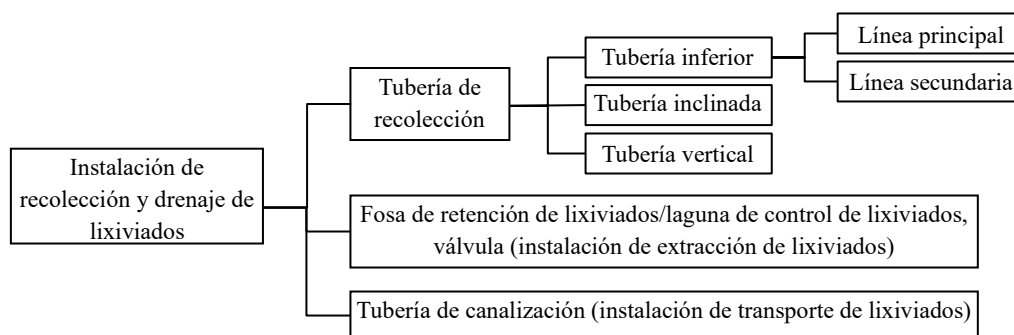
1) Objetivo y función de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

Las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados tienen la función de recoger el agua de lluvia que entra en el vertedero y los lixiviados generados por los residuos y descargarlos en las instalaciones de almacenamiento y tratamiento de lixiviados, evitando así el vertido directo de lixiviados en las masas de agua circundantes.

Además, en los vertederos semiaeróbicos, desempeñan un papel en el suministro de aire a la capa de residuos vertidos.

2) Configuración y estructura de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

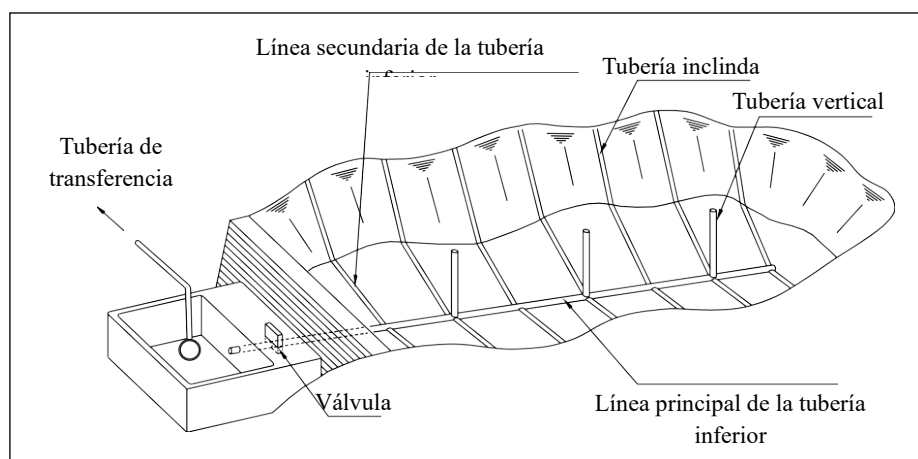
Las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados pueden clasificarse generalmente como se muestra en la Figura 17, aunque depende de la forma y estructura del vertedero.



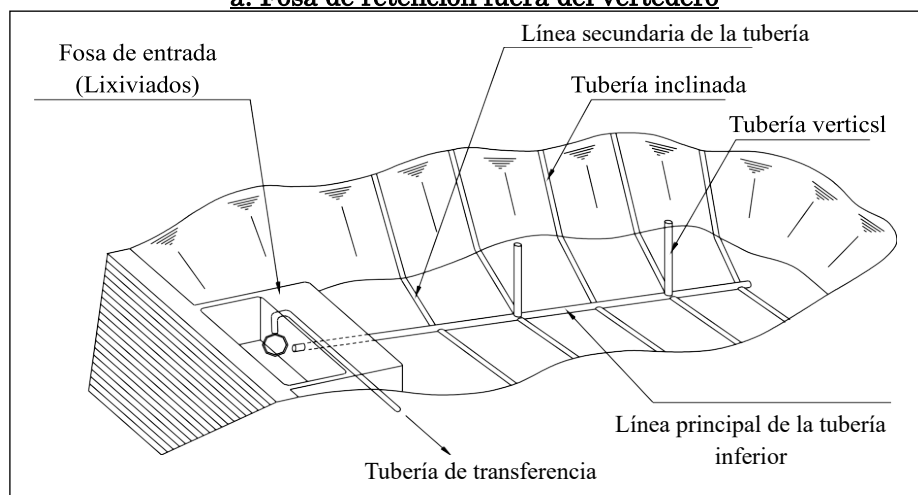
Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 17 Configuración de las instalaciones de recogida y drenaje de lixiviados

En la Figura 18 se muestra un diagrama conceptual de la instalación de recolección y drenaje de lixiviados.



a. Fosa de retención fuera del vertedero



b. Fosa de retención dentro del vertedero

Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 18 Concepto de instalación de recolección de lixiviados

a. Tubería de recolección

i Tubería inferior

Se compone de un tronco y un ramal, y se coloca en una pendiente para permitir el drenaje por flujo natural.

ii Tubería inclinada

Se instala a lo largo del talud del vertedero y se conecta a la tubería inferior. Además de la función de recolectar y drenar los lixiviados en la dirección vertical, que a menudo está obstruida por la cobertura intermedia del suelo, también funciona como una instalación de tratamiento de gases de vertedero.

iii Tubería vertical

Se trata de una tubería que recolecta y drena los lixiviados en sentido vertical, y que se conecta hacia arriba a medida que avanza el vertedero. El extremo inferior de la tubería vertical se conecta a la tubería inferior. Al igual que la tubería de recolección y drenaje del talud, también funciona como instalación de tratamiento de gases del vertedero.

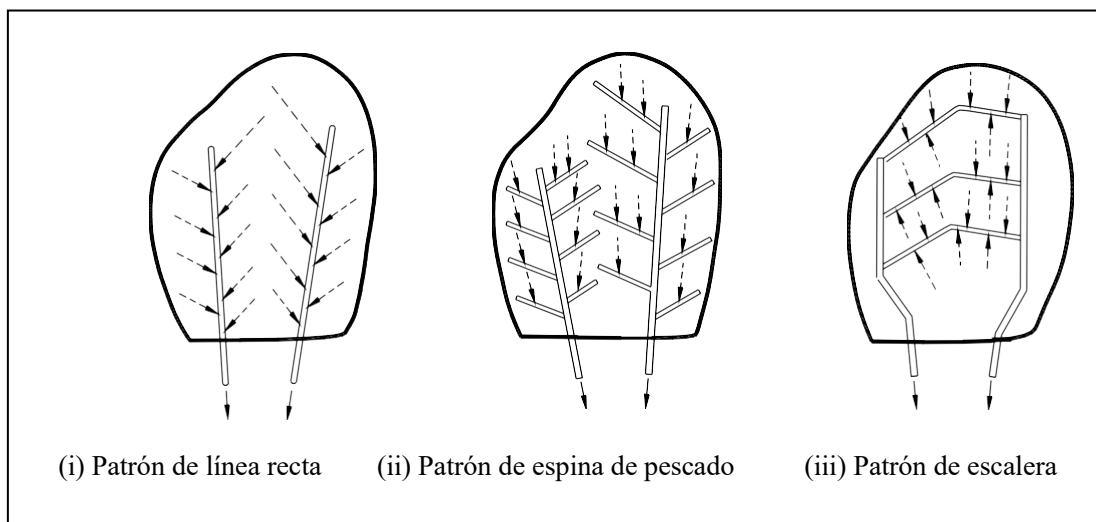
b. Fosas de retención de lixiviados y válvulas

La fosa de retención de lixiviados es una instalación para bombear los lixiviados recogidos en el extremo de una tubería, y puede estar situada dentro o fuera del vertedero. Dado que la relación con el sistema de control de lixiviados es similar, el método a utilizar vendrá determinado por la topografía, las condiciones del lugar y la interacción con la instalación de tratamiento de lixiviados.

Se requiere una válvula cuando la fosa de retención de lixiviados se encuentra fuera del vertedero. El flujo de lixiviados se regula mediante las válvulas, pero hay que tener cuidado para evitar que se forme "cal" en las mismas. Las válvulas se mantendrán e inspeccionarán periódicamente.

3) Diseño y estructura de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

La disposición de la tubería inferior es la que se muestra en la Figura 19, dependiendo de la forma del vertedero y del método de vertido.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 19 Planos de disposición de la tubería inferior

El patrón en línea recta consiste en uno o varios tubos de recolección y drenaje colocados en línea recta, y cuando la anchura del fondo del vertedero es amplia, se aumenta el número de tubos colocados según convenga.

En el modelo de espina de pescado, las líneas de derivación están conectadas a la línea principal. Dado que los lixiviados se recogen en la línea troncal, pueden adoptarse múltiples patrones de espina de pescado para los vertederos grandes.

El patrón de escalera se utiliza a menudo en vertederos planos donde es difícil obtener una pendiente transversal.

El diseño de la tubería inferior debe determinarse teniendo en cuenta la permeabilidad de los residuos, la permeabilidad de la capa de protección de la lámina impermeable, la topografía y el tamaño del vertedero, así como el hecho de que la instalación de recolección y drenaje de lixiviados también funciona como suministro de aire para los vertederos con estructuras semiaeróbicas. En general, el intervalo de colocación de los tubos de fondo se determinará en función de la superficie a recoger y drenar por vertedero compartimentado o vertedero dividido.

Sin embargo, para recolectar los lixiviados de forma eficaz y descargarlos rápidamente, es conveniente determinar el espaciado teniendo en cuenta las características de cada vertedero.

En general, se utilizan los siguientes materiales para las tuberías de recolección y drenaje de lixiviados:

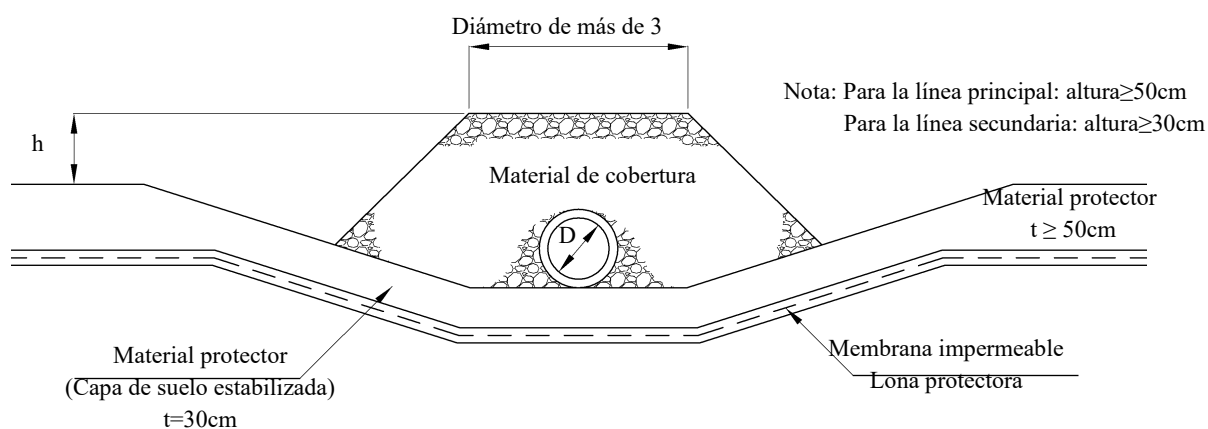
- ✓ Tubos de concreto perforados
- ✓ Tubos de plástico reforzado perforados
- ✓ Tubos perforados de polietileno duro
- ✓ Tubos perforados de PVC

El material de la tubería de recolección y drenaje de lixiviados debe seleccionarse de forma que tenga la suficiente resistencia estructural para soportar la presión a distintas profundidades y la protección contra la corrosión de los lixiviados.

El diámetro de la tubería viene determinado por la cantidad de lixiviados, pero debe ser de 200 mm o más.

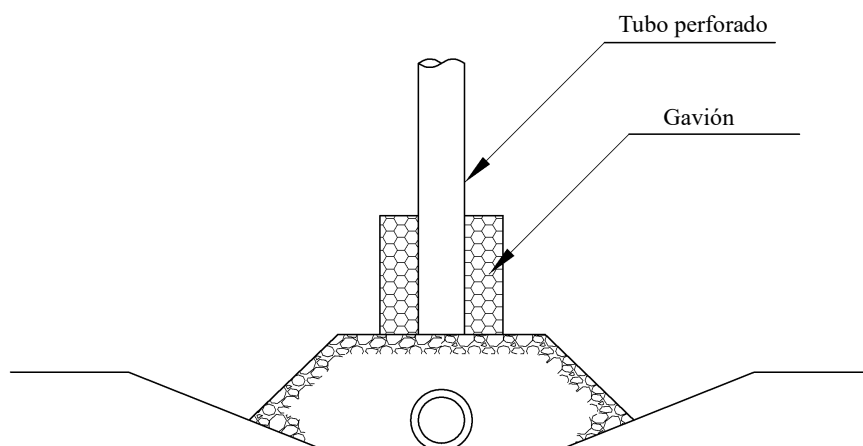
Los tubos de recolección y drenaje de lixiviados deben estar rodeados de material filtrante para evitar la obstrucción de los tubos perforados y garantizar su funcionamiento. Como material filtrante se pueden utilizar guijarros, grava, residuos de construcción, etc. El tamaño del material filtrante es generalmente de 50 mm a 150 mm de diámetro.

En la Figura 20 y la Figura 21 se muestran ejemplos de estructuras de tuberías de recolección y drenaje de lixiviados.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 20 Ejemplo estructural de una tubería inferior



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 21 Ejemplo estructural de una tubería vertical

4) Flujo de diseño y área de la sección transversal de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

a. Flujo de diseño

Si no hay afluencia de agua de manantial o subterránea en el vertedero, la fuente de lixiviados es el agua retenida en los residuos o las precipitaciones, pero como las precipitaciones suelen tener un impacto muy grande, aquí sólo se consideran los lixiviados procedentes de las precipitaciones.

El tamaño de las instalaciones de tratamiento de lixiviados se determina haciendo una media de la cantidad de lixiviados por día, pero como las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados están diseñadas para tratar la cantidad de lixiviados provocada por las lluvias, si el diámetro de la tubería se determina en función de la media de las lluvias diarias, puede que no sea posible drenar los lixiviados durante las lluvias de "guerrilla". Por lo tanto, el flujo previsto que debe considerarse para las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados debe ser el mismo que el de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas pluviales, y el flujo de diseño debe establecerse de forma que se corresponda con la esorrentía de las precipitaciones a corto plazo.

Sin embargo, el estado del vertedero no siempre es constante, y especialmente en la zona en la que se han construido obras de barrera superficial, toda la cantidad de precipitaciones fluye hacia las tuberías de drenaje en poco tiempo inmediatamente después del inicio del vertido. Sin embargo, a medida que avanza el período de vertido,

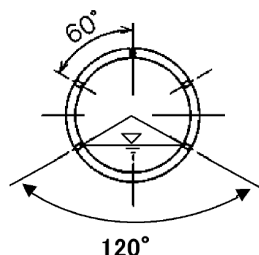
parte de las precipitaciones se eliminan como escorrentía superficial o se quedan en la capa de residuos, y la escorrentía tarda en llegar al vertedero. Aunque en la actualidad no existe una fórmula concisa para calcular el flujo que tenga en cuenta un comportamiento tan complejo del vertedero, se dice convencionalmente que la ecuación racional es la más adecuada para expresar la relación entre la precipitación y el lixiviado. Por lo tanto, se considera que el flujo previsto de lixiviados puede determinarse dando los valores numéricos que tienen en cuenta la situación real del vertedero a la intensidad de las precipitaciones y al coeficiente de escorrentía de la ecuación racional para obtener el flujo.

b. Intensidad de las precipitaciones y coeficiente del flujo

El área de captación no sólo de los vertederos a pequeña escala, sino también de los vertederos a gran escala, puede reducirse mediante la implantación de vertederos compartimentados. Desde este punto de vista, la intensidad de las precipitaciones y el coeficiente de flujo se pueden considerar de la siguiente manera. El coeficiente de flujo debe ser ligeramente superior a 0.6 o 0.7, para acortar al máximo el tiempo de permanencia de los lixiviados en el vertedero. El flujo de diseño $Q_{\max} < 0.06$ a $0.1 \text{ m}^3/(\text{seg-ha})$ se alcanzará si la intensidad de la lluvia es de unos 30 a 50 mm/h. Si el flujo de diseño es de $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$, es el 10% del flujo total de la tubería (unos $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$) cuando se coloca una tubería de concreto de 600 mm de diámetro con una pendiente de 1/100, y la profundidad del agua es de unos 12 cm (el 20% del diámetro de la tubería).

c. Determinación de la sección transversal

Además de recolectar y drenar los lixiviados, las tuberías de recolección y drenaje de lixiviados también funcionan como tuberías de suministro y descarga de aire y gas, por lo que el diámetro de la tubería debe ser lo suficientemente grande teniendo en cuenta estas funciones. En el caso de las tuberías perforadas, la parte superior de la sección transversal de la tubería debe considerarse como la sección transversal de distribución de aire y gas, y la sección transversal de la tubería debe determinarse de forma que el flujo objetivo previsto sea de 120 grados ($1/3$) de la pared de la tubería (véase la Figura 22). En muchos casos en Japón, se utilizan tubos perforados de $\phi 400\text{mm}$ o más para las líneas principales y de $\phi 200\text{mm}$ o más para los ramales. Los tubos de polietileno rígido suelen utilizarse como material para las líneas troncales y los ramales.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 22 Diagrama esquemático de la sección transversal de la tubería inferior

d. Diseño de las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados

En el caso de las tuberías de aguas pluviales, el diseño de la tubería en el conducto principal donde se acumula toda el agua de lluvia puede hacerse si se sabe cuánta agua se recogerá allí.

El flujo previsto de lixiviados puede calcularse utilizando la misma ecuación racional que para el agua de lluvia.

$$Q = 1/360 C \cdot I \cdot A$$

Dónde,

Q = Volumen de aguas pluviales (m³/seg)

C = Coeficiente de flujo (seleccione el volumen adecuado en función de la topografía de la zona de captación del vertedero o de la vegetación, etc.)

I = Intensidad de la lluvia (intervalo de recurrencia de la tormenta de 10 a 15 años (mm/h))

A = Área de captación (ha)

La capacidad de drenaje de las tuberías de recolección y drenaje de lixiviados puede obtenerse mediante la siguiente ecuación.

$$S = Q/V$$

Dónde,

S = Superficie de la sección transversal del flujo (m²)

Q = Volumen de descarga (m³/seg)

V = Velocidad media del flujo (m/seg)

La velocidad media del flujo puede calcularse utilizando la ecuación de Manning de la siguiente manera.

$$V = 1/n R^{2/3} T^{1/2}$$

Dónde,

V =Velocidad media del flujo (m/seg)

N = Coeficiente de rugosidad de Manning (véase la Tabla 9)

T =Gradiente del canal

R =Radio hidráulico (m) = S/P

Dónde,

S =Superficie de la sección transversal del flujo (m^2)

P =Perímetro mojado (m)

Como se mencionó anteriormente, la tubería perforada tiene el agua que fluye a 120 grados ($1/3$) de la pared de la tubería, por lo que el flujo máximo debe ser descargado en esta situación. La velocidad media del flujo V debe estar entre 0.8 y 3.0 m/s para descargar el lixiviado lo más rápidamente posible y evitar daños en las tuberías de recolección y drenaje.

2.4.10 Diseño de instalaciones de revestimiento

1) Objetivo y función de las instalaciones de revestimiento

Las instalaciones de revestimiento se implementan para evitar la contaminación de las masas de agua públicas y de las aguas subterráneas por los lixiviados vertidos desde el vertedero. También evita el aumento de la cantidad de lixiviados debido a la entrada de aguas subterráneas de los alrededores en el vertedero.

Es importante planificar y diseñar las instalaciones de revestimiento de acuerdo con la topografía y las características del subsuelo. La política general de diseño es evitar que los lixiviados procedentes del vertedero se viertan al exterior utilizando las características de la forma del terreno, la permeabilidad del suelo y las características de las aguas subterráneas.

2) Tipos y estructura de las instalaciones de revestimiento

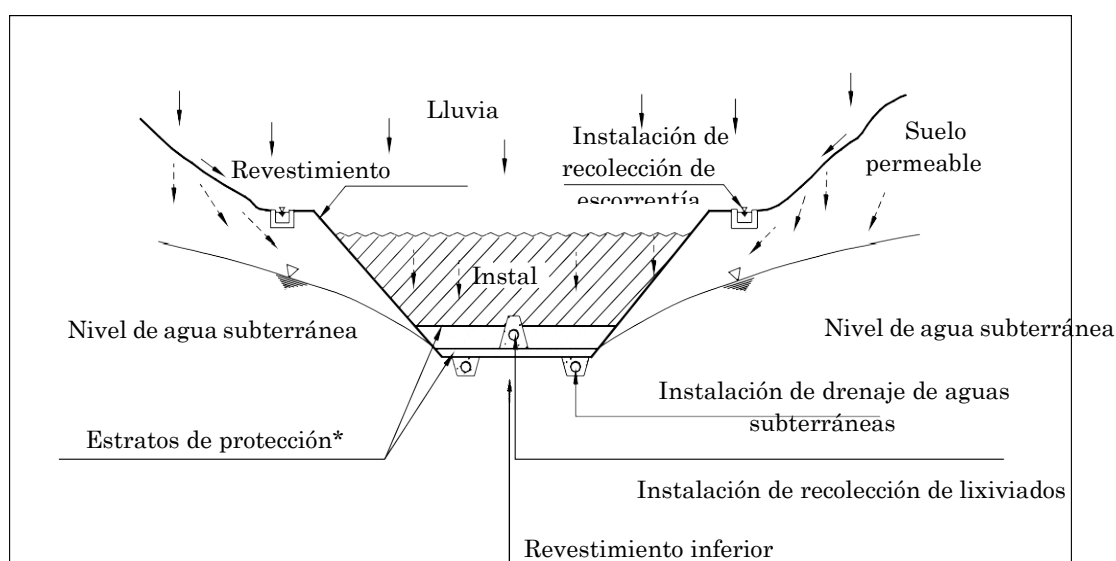
a. Tipos de instalaciones de revestimiento

Las instalaciones de revestimiento se clasifican en instalaciones de revestimiento superficial e instalaciones de revestimiento vertical según el tipo de estructura y los materiales, como se muestra en la Figura 23.

Las instalaciones de revestimiento superficial se aplican en vertederos y terrenos con alta permeabilidad. Dado que todo el vertedero está cubierto con material impermeable, en principio se requiere la construcción de un sistema de drenaje de aguas subterráneas.

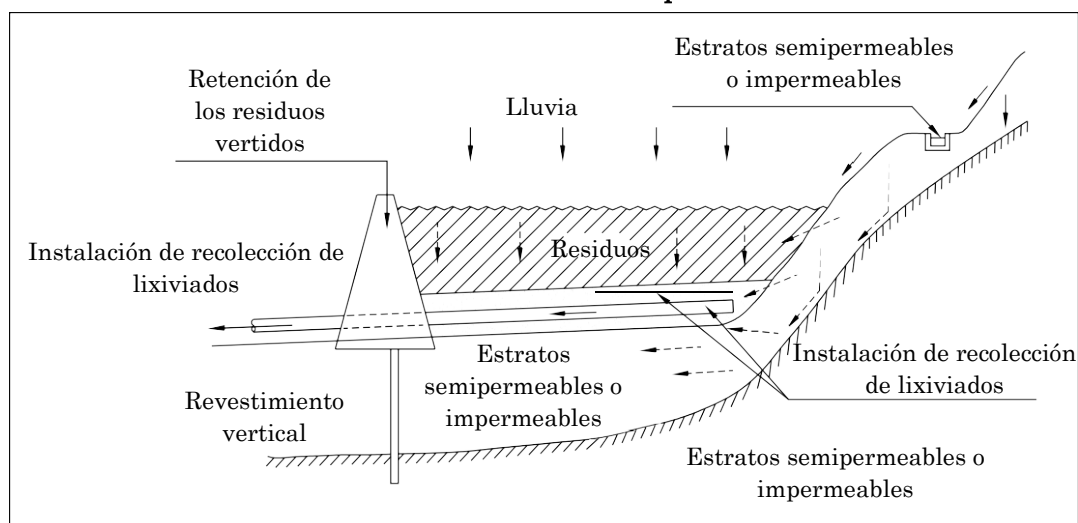
Por lo tanto, es importante prevenir las grietas en el sistema de drenaje debido al desplazamiento o asentamiento de la estructura del vertedero.

Las instalaciones de revestimiento vertical son adecuadas para zonas en las que el vertedero tiene una capa impermeable de roca o arcilla endurecida que se extiende horizontalmente. Mediante la instalación de barreras verticales o inclinadas, los lixiviados y las aguas subterráneas acabarán siendo retenidos entre la capa del vertedero y la capa impermeable. También es habitual utilizar la instalación de almacenamiento y los cimientos en el extremo inferior del vertedero para que actúen como barrera. Este sistema generalmente no requiere un sistema de drenaje de aguas subterráneas.



*La capa superior sobre el revestimiento inferior sirve como instalación de recolección de lixiviados, mientras que la capa inferior sirve como instalación de drenaje de aguas subterráneas

Instalación de revestimiento superficial



Instalación de revestimiento vertical

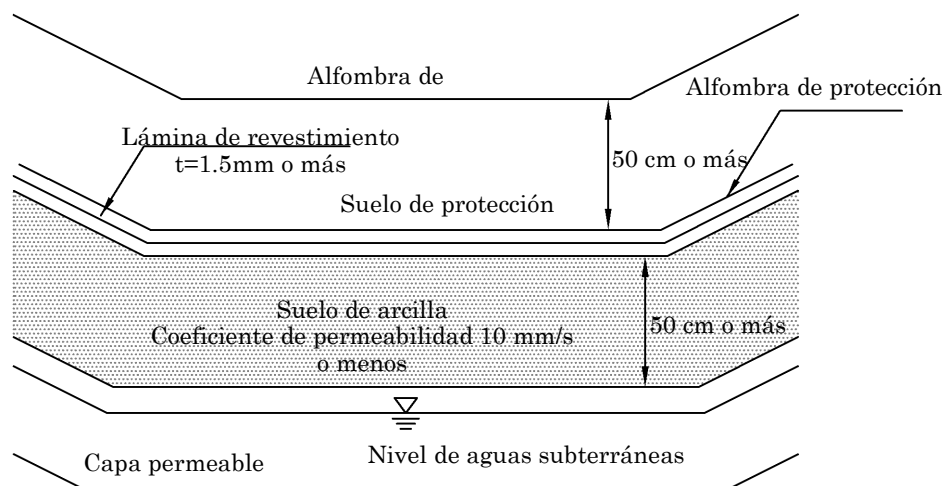
Fuente: Construcción y gestión de vertederos de residuos, Nobutoshi Tanaka 2000

Figura 23 Conceptos de la instalación de revestimiento

b. Estructura de las instalaciones de revestimiento

A partir de los ejemplos de otros países, las instalaciones de revestimiento se construyen generalmente mediante una combinación de láminas de revestimiento y una capa de suelo impermeable.

En la Figura 24 se muestra un ejemplo del dibujo estructural de la instalación de revestimiento.



Fuente: Construcción y gestión de vertederos de residuos, Nobutoshi Tanaka 2000

Figura 24 Ejemplo de plano estructural de una instalación de revestimiento

2.4.11 Diseño de instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas

1) Objetivo y función de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas

Si no se elimina el agua subterránea o de manantial, las instalaciones de revestimiento de superficie pueden resultar dañadas por la presión de bombeo generada por el agua o el gas que se encuentra debajo de las instalaciones de revestimiento. Las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas deben instalarse cuando sea necesario para proteger la función de las instalaciones de revestimiento. Los detalles de las instalaciones deben determinarse teniendo en cuenta la ubicación y la cantidad de descarga de aguas subterráneas y las condiciones topográficas del vertedero.

En las zonas con condiciones de suelo deficientes, una subida del nivel de las aguas subterráneas puede provocar el desprendimiento de la superficie de la montaña y el derrumbe de los taludes. Por lo tanto, las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas también desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad del vertedero.

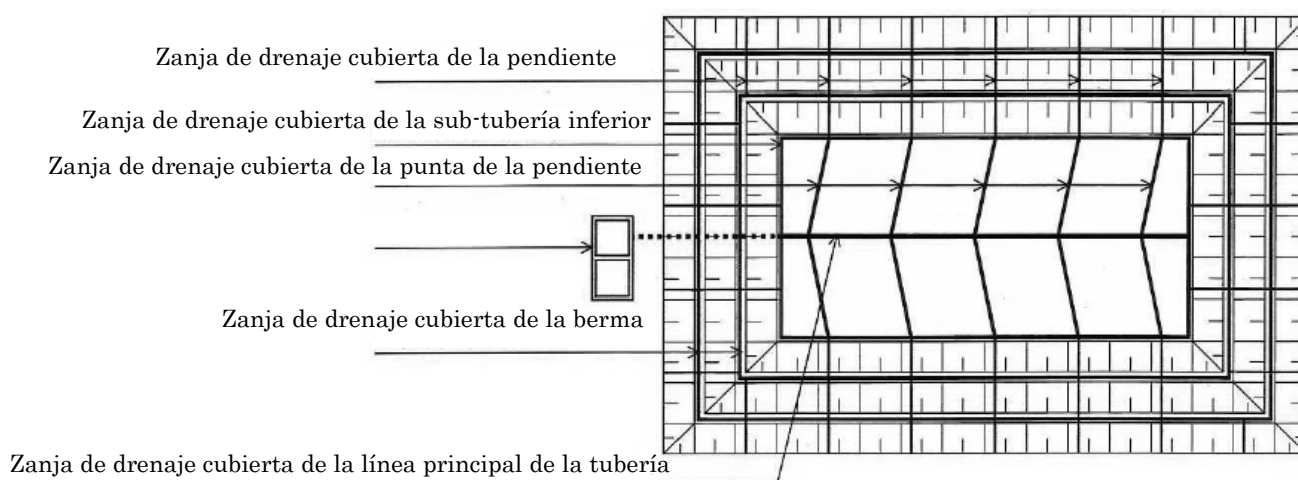
2) Diseño de instalaciones de drenaje de aguas subterráneas

a. Estructura

En general, las de recolección y drenaje de aguas subterráneas consisten en tubos perforados cubiertos por una capa protectora de material filtrante, como grava o arena. El eje de la tubería principal se sitúa en la dirección del flujo de agua, y las tuberías derivadas se conectan transversalmente a la tubería principal. La tubería principal suele estar enterrada con varios tubos perforados en fila para que su funcionamiento no se vea afectado, aunque una parte se colapse. Si se espera que se genere gas, debe formarse una pendiente en la parte inferior e instalarse una tubería de ventilación de gas.

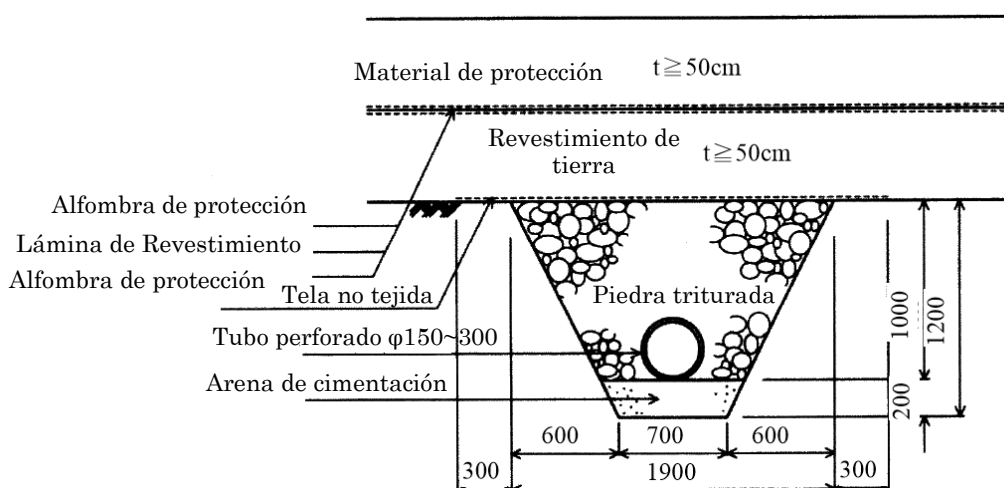
La carga de diseño de la instalación de recolección y drenaje de aguas subterráneas tendrá en cuenta la presión de la capa del vertedero, la carga viva y la fuerza de reacción de la cimentación. Las condiciones de carga también varían en función de la disposición de la red de tuberías y de la elasticidad de la estructura de las mismas.

La Figura 25 y Figura 26 muestran ejemplos de disposición y sección transversal de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 25 Ejemplo de disposición de las instalaciones de drenaje de aguas subterráneas



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 26 Sección típica de la instalación de drenaje de aguas subterráneas en la parte inferior (revestimiento de tierra + lámina)

b. Dimensiones y diseño

Para que las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas funcionen eficazmente, hay que tener muy en cuenta las dimensiones y la colocación adecuadas de las tuberías, así como los materiales de filtración que no obstruyan los poros de las mismas.

i Sección transversal de las tuberías de recolección y drenaje

La sección transversal necesaria de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas suele determinarse empíricamente a partir de ejemplos prácticos. Especialmente en los lugares con abundantes aguas subterráneas, es aconsejable obtener una estimación aproximada de la cantidad de agua recolectada y de la cantidad de descenso del nivel de las aguas subterráneas mediante estudios basados en datos de encuestas.

El diámetro de las tuberías de recogida y drenaje de aguas subterráneas se adopta de 15 a 30 cm en la mayoría de los casos en otros países. Debe evitarse adoptar tuberías con un diámetro inferior a 10 cm ya que son propensas a entaponarse.

ii Intervalo de instalación

En general, la separación de los ramales debe ser de unos 20 m. Deben tenerse en cuenta la topografía, la geología, las propiedades del suelo y la zona de recolección y drenaje de aguas subterráneas del vertedero para reducir eficazmente la presión de elevación de las instalaciones de revestimiento.

iii Material filtrante

El material filtrante debe ser grava natural o grava o piedra triturada ajustada con alta permeabilidad y una buena mezcla de tamaños de partículas. Las condiciones necesarias para el material filtrante son que las propias partículas sean muy estables y no se meteoricen ni se disuelvan, y que la curva de tamaño de las partículas sea la adecuada.

Las condiciones que satisfacen la situación en la que las partículas ambientales no fluyen hacia el material filtrante vienen dadas por la siguiente ecuación.

$$D_{15} (\text{material filtrante}) / D_{85} (\text{suelo circundante}) < 5$$

Aquí, D_{15} y D_{85} son los diámetros de las partículas correspondientes al 15% y al 85% del porcentaje en peso pasado en la curva del aditivo granulométrico.

El estado en el que el material filtrante tiene una permeabilidad relativamente alta en comparación con su entorno viene dado por la siguiente ecuación.

$$D_{15} (\text{material filtrante}) / D_{15} (\text{suelo circundante}) > 5$$

En el caso de los tubos perforados, el tamaño de las partículas del material filtrante deberá satisfacer la siguiente ecuación.

$$D_{85} (\text{Material del filtro}) / D (\text{Diámetro del poro}) > 2$$

3) Otras consideraciones de diseño

Además de lo anterior, en el diseño de las instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas también deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- ✓ En el caso de los vertederos con aguas de manantial, se requieren instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas con gran capacidad de drenaje. Además, es conveniente instalar tuberías de drenaje a intervalos de 20 a 40 m en todos los vertederos.
- ✓ La cantidad de agua de manantial varía en función de factores como las condiciones topográficas y geológicas y las precipitaciones. En muchos casos, cuando se implementan instalaciones de revestimiento superficial, la cantidad de agua del manantial fluctúa. Además, la cantidad de agua del manantial y su origen pueden fluctuar debido a los cambios en la topografía durante la construcción. Por lo tanto, es necesario adoptar medidas que puedan responder con flexibilidad a los cambios en las condiciones del lugar.
- ✓ Las aguas subterráneas tienden a concentrarse en lugares específicos dependiendo

de la topografía del vertedero. Es necesario un plan de construcción más flexible que tenga en cuenta los desniveles y la pendiente del vertedero.

- ✓ La presión de elevación admisible depende del tipo de instalación de revestimiento. Implementar instalaciones de recolección y drenaje de aguas subterráneas adecuadas para la instalación de revestimiento seleccionada, si es necesario.

2.4.12 Diseño de las instalaciones de ventilación de gases

1) Mecanismos e impactos de la generación de gases

La generación de gas de vertedero mediante reacciones bioquímicas requiere materia orgánica (materia orgánica biodegradable) que pueda ser utilizada por los microorganismos. En un medio aeróbico en el que hay oxígeno gaseoso, el carbono de la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono, el hidrógeno en agua, el nitrógeno en amoníaco (e iones nitrito y nitrato si se produce una oxidación adicional) y el azufre en iones sulfato (Fórmula-1).

<Medio aeróbico>

Materia orgánica biodegradable → dióxido de carbono + agua + amoníaco + iones sulfato, etc. (Fórmula-1)

Por otro lado, en un medio anaeróbico en el que el gas oxígeno no está presente, se producen varias reacciones en función del nivel redox y de los microorganismos activos. Cuando los niveles de oxígeno son bajos, se produce una reacción conocida como fermentación ácida (Fórmula-3). En esta reacción, la materia orgánica que está a disposición de los microorganismos (materia orgánica fácilmente descomponible, como los azúcares y las proteínas, que se denominan materia orgánica biodegradable) se convierte en productos intermedios (ácidos orgánicos volátiles, como el ácido acético), que a su vez producen gas carbónico e hidrógeno. La presencia de azufre produce sulfuro de hidrógeno, sulfuro de metilo y metilmercaptano, mientras que la presencia de nitrógeno produce amoníaco, que, junto con los ácidos orgánicos volátiles, es la causa de los olores en los vertederos. La materia orgánica con tasas de biodegradación lentas (materia orgánica biodegradable persistente), como la celulosa y la lignina, se reduce a materia orgánica fácilmente degradable, como los azúcares, mediante una reacción de hidrólisis (Fórmula-2), y luego entra en la reacción de degradación de la materia orgánica fácilmente degradable (Fórmula-3).

Además, cuando las condiciones se vuelven altamente anaeróbicas (conocidas como

anaeróbicas absolutas) y las bacterias metanogénicas se vuelven muy activas, se produce gas metano y gas de dióxido de carbono en cantidades aproximadamente iguales, principalmente a partir de ácidos orgánicos volátiles (con algunas vías producidas a partir de hidrógeno y gas dióxido de carbono) (Fórmula-4). Dado que el dióxido de carbono es fácilmente soluble en agua, pero el gas metano no lo es, la concentración de gas metano en el gas de los vertederos puede llegar a ser de aproximadamente el 60%. Otra reacción (Fórmula-5) se produce cuando los iones de sulfato se convierten en gas sulfhídrico por la acción de las bacterias reductoras de sulfato en condiciones de fuerte reducción.

<Medio microaerófilo (anaeróbico)>

Materia orgánica biodegradable persistente → Materia orgánica fácilmente degradable como los azúcares (Fórmula-2)

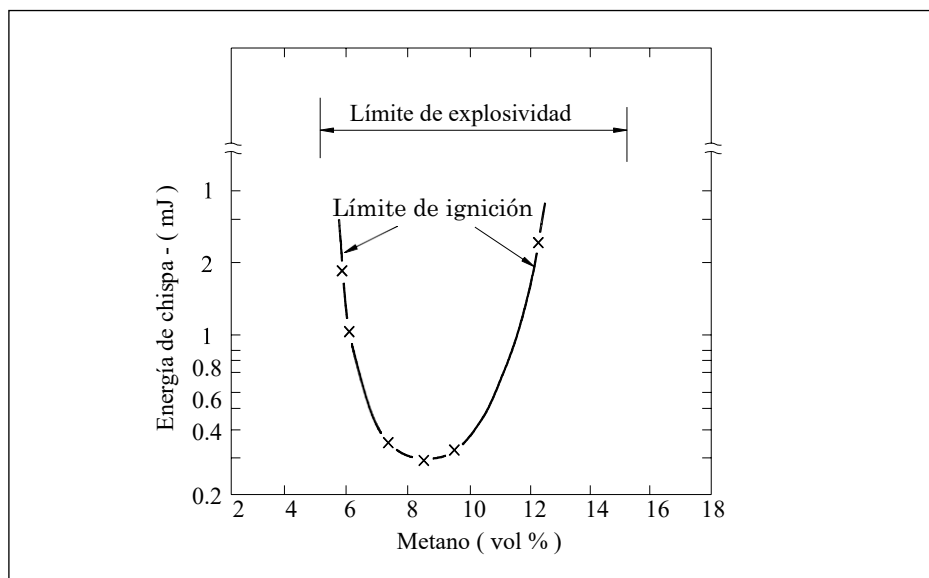
Materia orgánica fácilmente biodegradable ácidos orgánicos volátiles, etc. + gas de dióxido de carbono + hidrógeno + amoníaco + componentes malolientes (Fórmula-3)

<Ambiente anaeróbico absoluto>

Ácidos orgánicos volátiles, etc. → Gas metano + gas de dióxido de carbono (Fórmula-4)

Iones de sulfato + materia orgánica → sulfuro de hidrógeno, etc. (Fórmula-5)

En el caso del gas metano, una concentración del 5-15% puede provocar una explosión en un vertedero. (Figura 27). Para el sulfuro de hidrógeno, como se muestra en la Tabla 10, las concentraciones superiores a 3 ppm emiten un olor desagradable que puede afectar a la salud humana.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 27 Límites de explosión e ignición de las mezclas de metano y aire a 20°C de presión atmosférica

Tabla 10 Influencia del ácido sulfhídrico en el cuerpo humano

Concentración de H ₂ S (PPM)	Efecto fisiológico
1 - 2	Se observa un ligero mal olor
2 - 4	Un mal olor pero no tan desagradable
3	Un mal olor notable
5 - 8	Los analistas se sienten mal con el olor
80 - 120	Tolerable durante 6 horas sin síntomas graves
200 - 300	Sienten un fuerte dolor en las mucosas de los ojos, la nariz y la garganta de 3 a 5 minutos después de percibir el olor y tolerable durante 30 a 60 min con dificultad
500 - 700	La salud de las personas corre peligro y causa intoxicación aguda si se inhala durante 30 minutos.

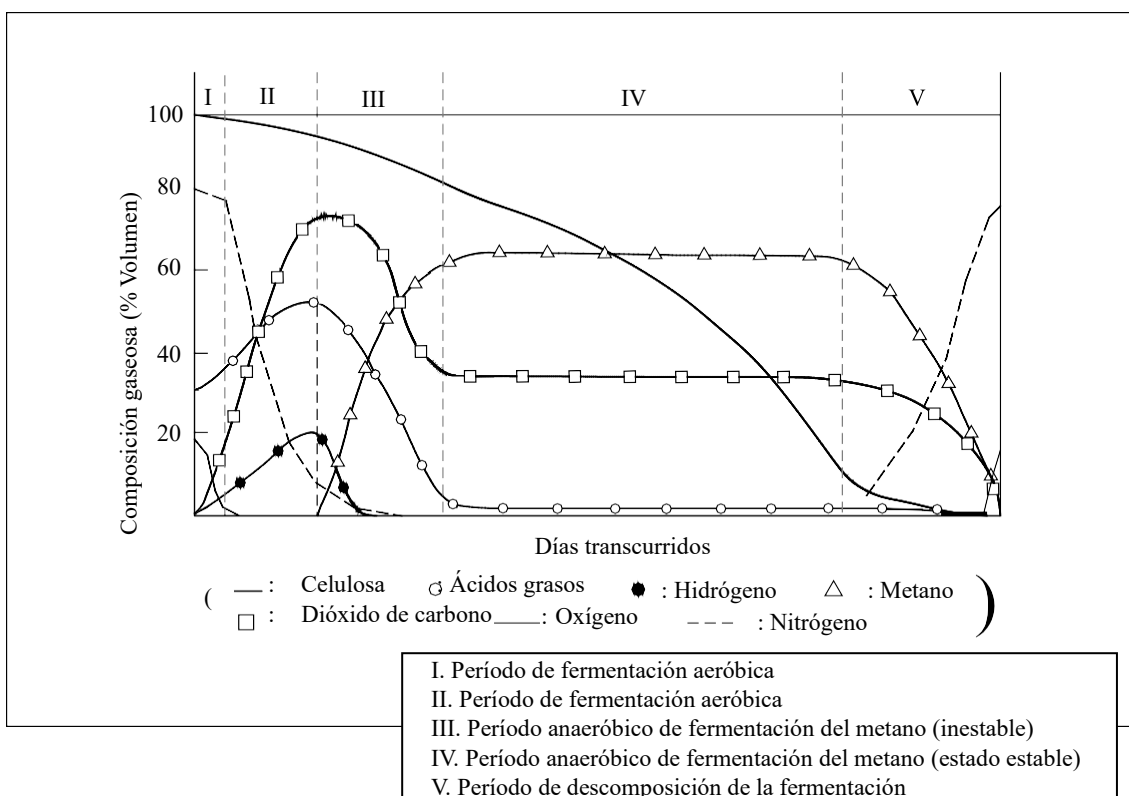
Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

2) Fluctuaciones de los gases producidos

Los cambios en la composición de los gases producidos tienden a variar en función no sólo del tipo y el tamaño del vertedero, sino también del estado y el grosor de la capa del vertedero y de la calidad y grosor de la cobertura de suelo. El patrón general de los gases generados por los vertederos se muestra en la Figura 28.

El periodo I es el período de descomposición aeróbica de la materia orgánica (Fórmula-

1), que se produce por el oxígeno presente en la capa del vertedero o suministrado por la atmósfera. El periodo II es el período de fermentación ácida de la materia orgánica fácilmente degradable (Fórmula-3). En este período, hay una rápida producción de dióxido de carbono e hidrógeno, aunque su cantidad es pequeña. El período III es el período de inicio de la fermentación del metano (Fórmula-4), durante el cual los ácidos orgánicos y otras sustancias producidas en el período II son fermentados por el metano. El período IV es el período de generación constante de gas metano. El período V es el período de estabilización progresiva. Cuando la tasa de generación de gas dentro de la capa de residuos se debilita, el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera entran en la misma. El oxígeno es consumido por la materia orgánica restante y no puede penetrar en profundidad, pero el nitrógeno no se consume por lo cual sí que puede penetrar en profundidad. Cuando el oxígeno penetra en todo el interior de la capa del vertedero, la estabilización del vertedero (materia orgánica) está completa.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 28 Fluctuación de la composición de los gases del vertedero por período

3) Funciones de las instalaciones de ventilación de gases

Las principales funciones de una instalación de ventilación de gases son las siguientes:

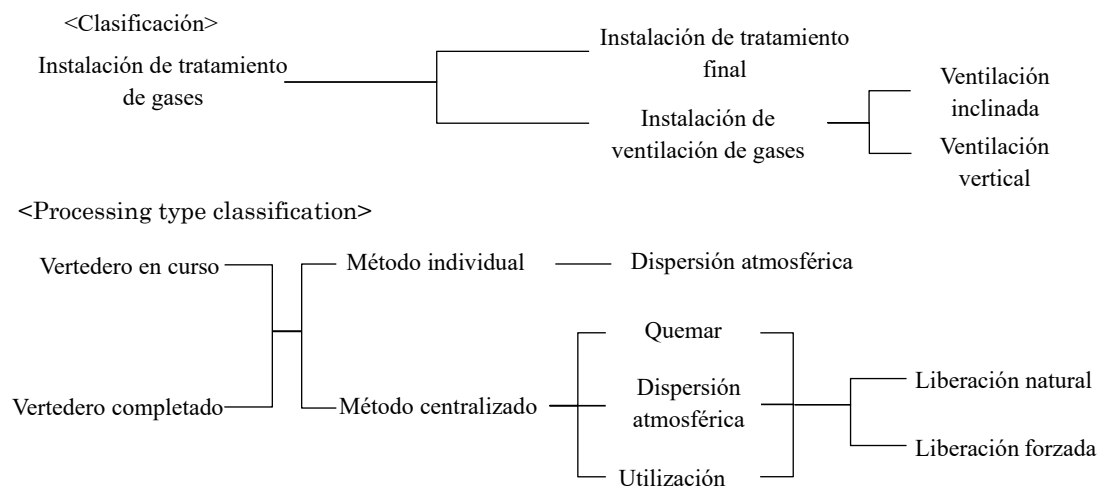
- ✓ Función de eliminación y tratamiento de los gases del vertedero: Libera rápidamente

los gases generados por los residuos del vertedero a la atmósfera para evitar incendios y explosiones,

- ✓ Función de suministro de aire (estabilización): Suministra oxígeno a la capa del vertedero para crear una condición aeróbica y promover la descomposición de los residuos,
- ✓ Función de recolección y drenaje de lixiviados: Reduce el agua acumulada en la capa del vertedero y lo estabiliza.

4) Configuración de las instalaciones de ventilación de gases

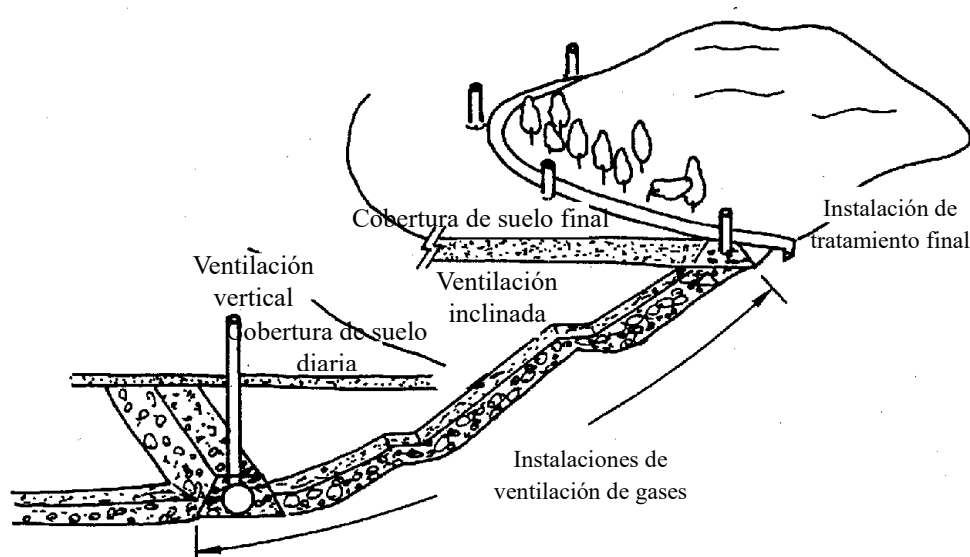
Las instalaciones de ventilación de gases deben desarrollarse a medida que avanzan los trabajos de vertido, y su configuración se clasifica como se muestra en la Figura 29.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figure 29 Clasificación de las instalaciones de ventilación de gas

Como se muestra en el ejemplo de la Figura 30, las instalaciones de recolección y drenaje de lixiviados verticales y en pendiente se utilizan a menudo como instalaciones de ventilación de gases verticales y en pendiente. Sin embargo, en algunos casos, se puede implementar una instalación de ventilación de gases independientemente de la instalación de recolección y drenaje.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 30 Diseño conceptual de las instalaciones de ventilación de gases

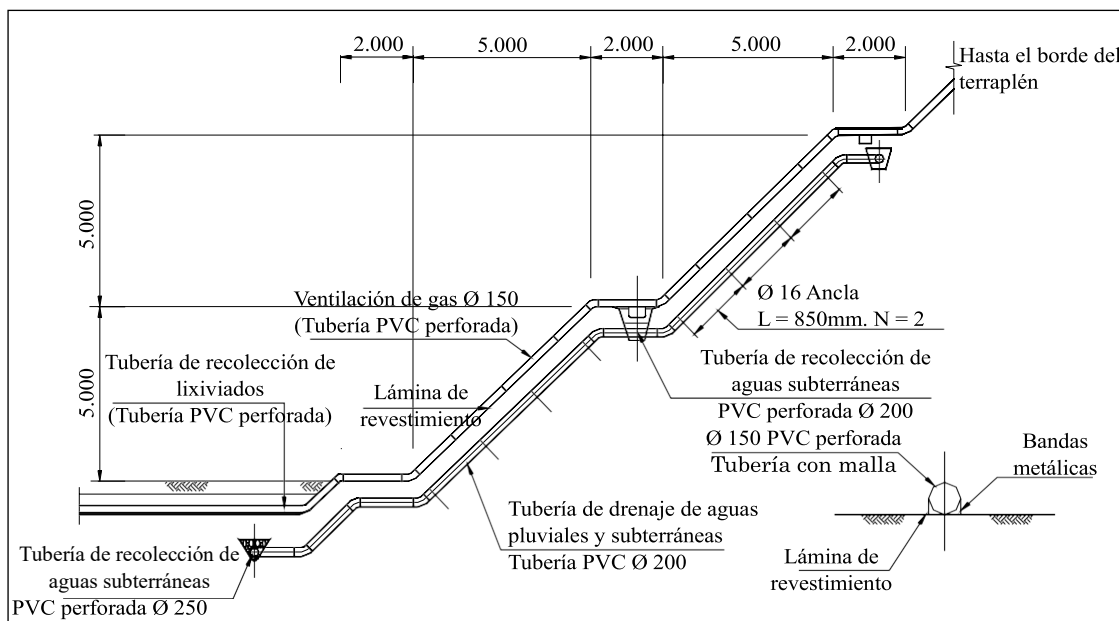
5) Diseño de las instalaciones de ventilación de gases para vertederos en operación

Las instalaciones de ventilación de gases deben construirse de manera que no interfieran con el progreso de las operaciones de vertido. La mayoría de las instalaciones de venteo de gas se extienden por etapas hasta alcanzar la altura final (la altura de la capa de cobertura final), que es difícil de quemar o tratar de otro modo, donde en la mayoría de los casos el gas se libera a la atmósfera.

Las instalaciones de ventilación de gases deben construirse teniendo en cuenta el flujo de gases. Por lo general, los gases generados en las capas más profundas del vertedero no se liberan a la atmósfera a través de la capa del suelo. En la mayoría de los casos, los gases migrarán a lo largo de los taludes y las capas del vertedero que lo rodean. Por lo tanto, los tubos de ventilación de gases situados a lo largo de las pendientes del vertedero pueden recoger eficazmente los gases generados.

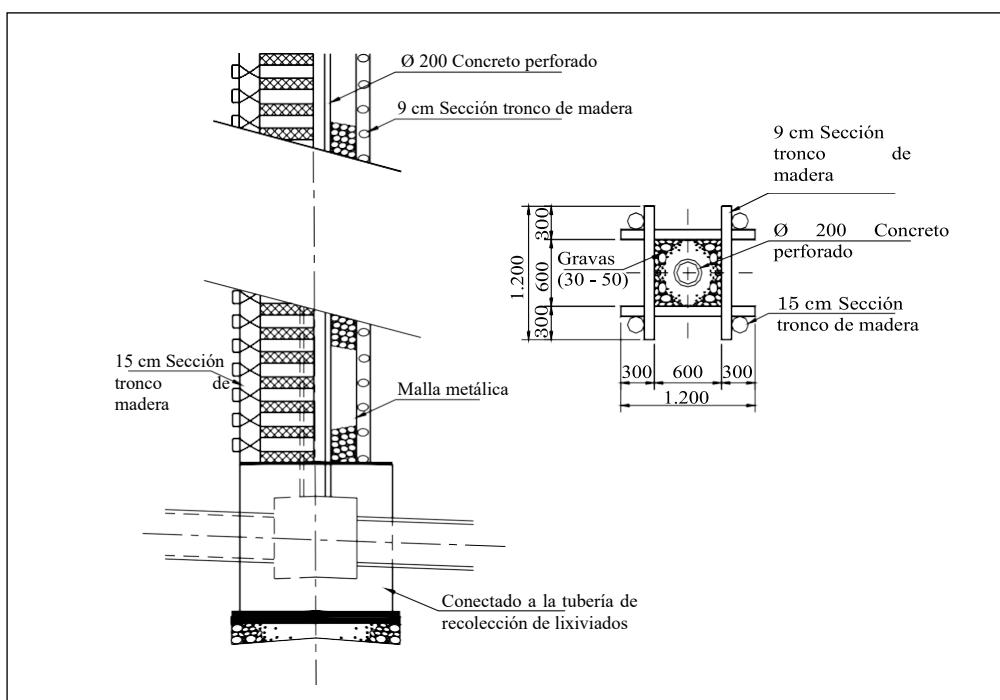
a. Estructura de las instalaciones de ventilación de gases

A partir de ejemplos de otros países, las instalaciones de ventilación de gases suelen construirse con una combinación de gaviones y tubos de PVC perforados. Los gaviones suelen tener un diámetro de 300-500 mm. Las tuberías verticales se amplían en altura a medida que avanza el período de vertido. Los tubos perforados suelen tener un diámetro de 150 mm o más. En la Figura 31 y Figura 32 se muestran ejemplos de instalaciones de ventilación de gases.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 31 Ejemplo de una ventilación inclinada



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 32 Ejemplo de una ventilación vertical

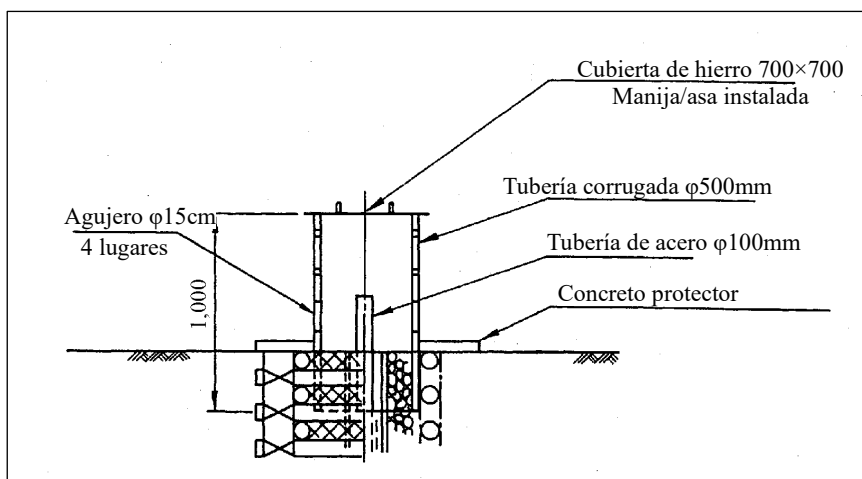
b. Intervalo de las instalaciones de ventilación de gases

El intervalo de las instalaciones de ventilación de gases depende de la cantidad de gas, el flujo de gas y la permeabilidad dentro de la capa del vertedero. Además, el mecanismo

de generación de gas varía en función de factores naturales como la homogeneidad de los residuos del vertedero, la tasa de descomposición de los residuos, las precipitaciones y la temperatura. Por lo tanto, es difícil determinar el intervalo exacto de las tuberías de gas. En los estudios de casos de otros países, se ha adoptado un intervalo de tuberías de gas de unos 20 a 30 m para los vertederos pequeños, y un intervalo de unos 40 a 50 m para los vertederos grandes.

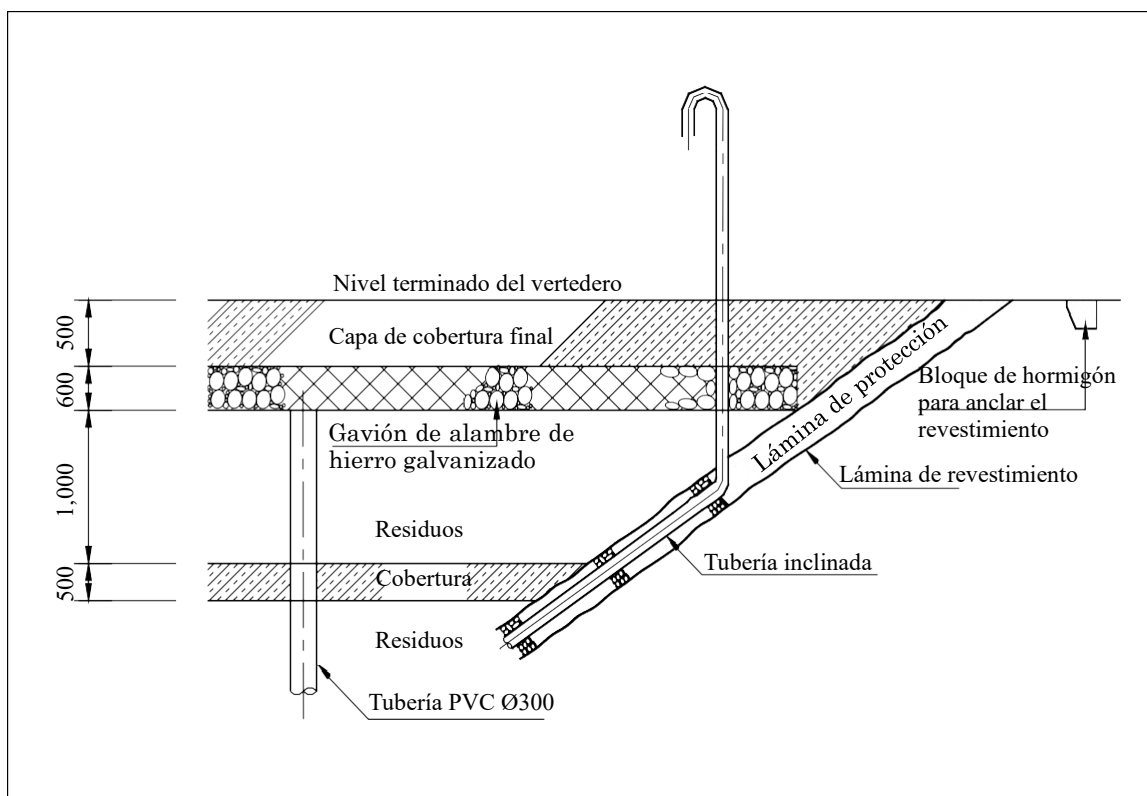
6) Diseño de las instalaciones de ventilación de gases en vertederos completados

El estado de la generación de gases del vertedero determinará la forma de gestionar las instalaciones de tratamiento de gases cuando se realice la cobertura de suelo final. Básicamente, se espera que la velocidad de generación de gases de vertedero sea baja, por lo que si no existe un plan de utilización del sitio y el gas debe gestionarse hasta la etapa de desmantelamiento, deberá tratarse mediante un método individual de dispersión atmosférica. Aunque no existe un método de diseño establecido, la Figura 33 muestra un ejemplo de una instalación vertical de ventilación de gases en el momento de la cobertura de suelo final de un estudio de caso en otro país. La Figura 34 muestra un ejemplo de una capa de ventilación de gases en la parte inferior de la cobertura de suelo final y el sistema de ventilación de los gases del talud.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 34 Ejemplo de una instalación vertical de ventilación de gases con cobertura de suelo final



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 35 Ejemplo de instalación inclinada de ventilación de gas con cobertura de suelo final

2.4.13 Diseño de las instalaciones de tratamiento de lixiviados

1) Objetivo y función de las instalaciones de tratamiento de lixiviados

El objetivo y la función de las instalaciones de tratamiento de lixiviados es tratar los lixiviados recolectados en el vertedero para que no contaminen la masa de agua y las aguas subterráneas a las que se vierten. Sin embargo, dado que el volumen y la calidad del lixiviado fluctúan debido a las precipitaciones, los materiales de residuos del vertedero y las operaciones del mismo, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Selección del proceso de tratamiento de lixiviados adecuado: Se seleccionará un proceso de tratamiento de aguas más racionalizado basado en el plan maestro que se centra en la calidad del agua de lixiviados, que viene determinada por la calidad de los residuos vertidos y los trabajos de vertido, junto con la calidad del agua de vertido, que viene determinada por las leyes/ordenanzas y las condiciones de utilización del agua.
- ✓ Medidas contra las fluctuaciones de la calidad del agua: La densidad de los

lixiviados es mayor, en general, en la fase inicial del vertido, pero se reduce con el paso del tiempo. Además, se trata de aguas residuales que pueden tratarse fácilmente de forma biológica en la fase inicial del vertido, pero que gradualmente se convierten en aguas residuales difíciles de tratar biológicamente. Por esta razón, hay que tener en cuenta la selección del método de tratamiento del agua tomando la calidad representativa del agua en una fase inicial al diseñar la instalación de tratamiento de lixiviados.

- ✓ Medidas contra las fluctuaciones del volumen de agua: Aunque el volumen de lixiviados fluctúa principalmente debido a las precipitaciones, la capacidad de las instalaciones de tratamiento de aguas tiene un límite. Por este motivo, la instalación de recolección de lixiviados es indispensable para que la instalación de tratamiento de lixiviados funcione de forma estable durante todo el año. Sin embargo, en las regiones con altas precipitaciones, la capacidad de la instalación de recolección de lixiviados y de la instalación de tratamiento de aguas tiende a ser excesiva y dificulta la eficacia económica y la viabilidad del plan del sitio de disposición final. Por lo tanto, es conveniente examinar las posibilidades de reducir el volumen de lixiviados en la medida de lo posible mediante la eliminación eficaz de las aguas pluviales a través de la adopción de un vertedero de sección y un vertedero separado, así como la selección de la capa de suelo y la búsqueda de la prevención de la permeabilidad de las aguas pluviales a la capa del vertedero.

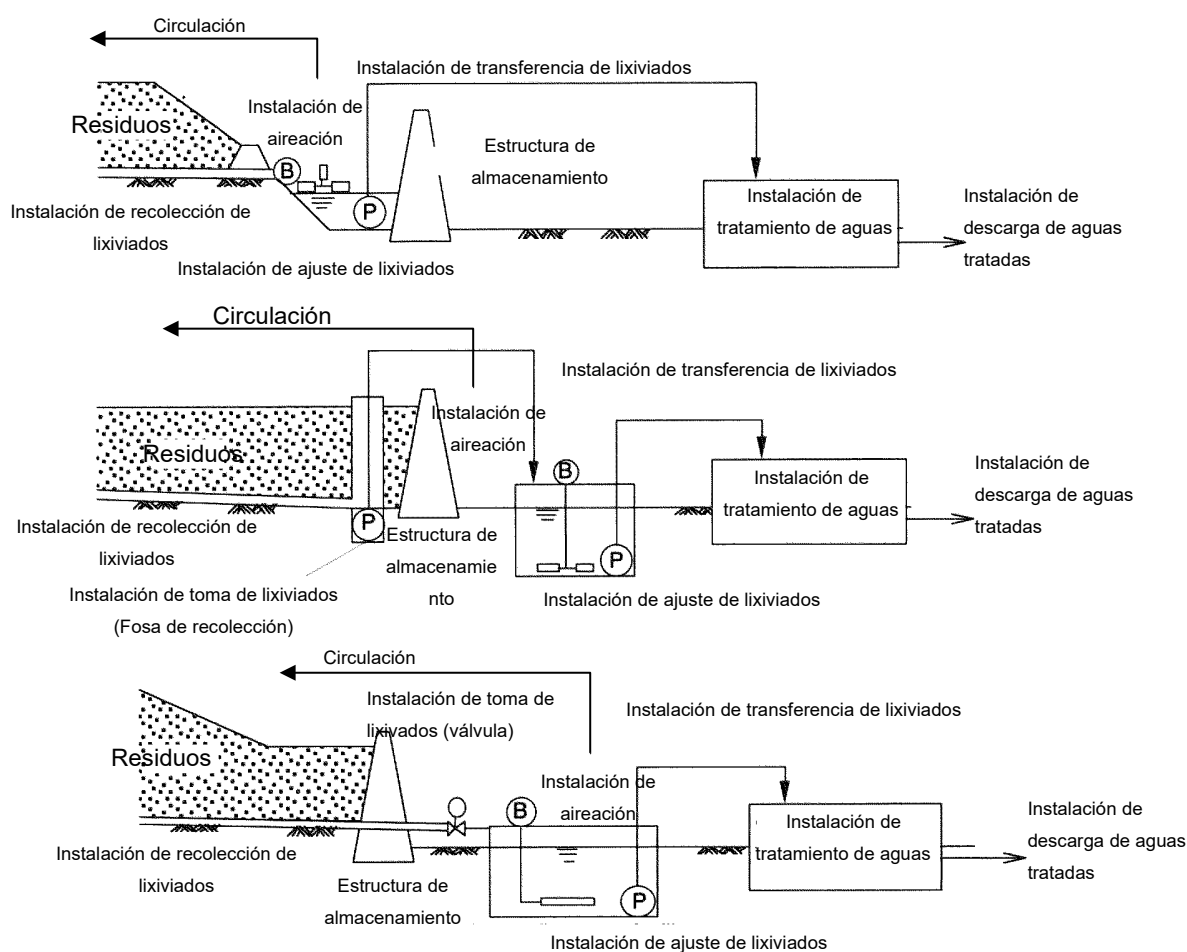
2) Configuración de las instalaciones de tratamiento de lixiviados.

Además de la instalación de tratamiento de aguas ordinarias, la instalación de tratamiento de lixiviados consta de una instalación de toma de lixiviados, una instalación de ajuste de lixiviados, otras instalaciones de recolección de lixiviados y de descarga de efluentes tratados (véase la Figura 35).

- ✓ Instalación de ajuste de lixiviados: Esta instalación sirve para buscar el ajuste y la uniformización del volumen y la calidad de los lixiviados;
- ✓ Instalación de toma de lixiviados: Esta instalación situada entre la instalación de recolección/drenaje de lixiviados y la instalación de ajuste de lixiviados y que suministra lixiviados a la instalación de ajuste.
- ✓ Instalación de tratamiento de lixiviados: Esta instalación sirve para tratar desde la calidad del agua de entrada diseñada hasta la calidad del vertido;

- ✓ Instalación de transferencia de lixiviados: la instalación de transferencia de lixiviados desde la instalación de ajuste de lixiviados a la instalación de tratamiento de aguas;
- ✓ Instalación de tratamiento de aguas descargadas: Esta instalación descarga las aguas tratadas en la instalación de tratamiento a las aguas públicas.

Estas instalaciones están estrechamente relacionadas entre sí en una serie de procesos a partir de la recolección, el almacenamiento y el tratamiento de los lixiviados y conforman el "sistema de tratamiento de lixiviados".



Fuente: Vertederos en Japón 2000, El periódico de gestión de residuos, 2000

Figura 36 Ejemplo de componentes de una instalación de tratamiento de lixiviados

3) Calidad del agua de entrada diseñada

Dado que es difícil dar una definición unívoca de la calidad del agua de entrada diseñada, ésta se determina básicamente investigando la calidad del agua de otros sitios de disposición final con una calidad de residuos similar y teniendo en cuenta las diferencias

en la estructura del vertedero, el vertido y la zona de recolección de agua entre los dos sitios de disposición final.

A modo de referencia, en la Tabla 11 se muestra la norma para una calidad de agua de entrada típica diseñada en Japón.

Tabla 11 Guías sobre la calidad del agua de entrada diseñada

Elemento	Principalmente residuos combustibles	Residuos inorgánicos	Observaciones
DBO	1,200mg/L	250mg/L	1) Estructura del vertedero: estructura del vertedero semi-aeróbico 2) Período del vertedero: 5 años Espesor del vertedero: 4m 3) Pérdida de combustión de las cenizas de incineración: 8%. 4) En lo que respecta a los sólidos totales disueltos, deberá prestarse atención a la existencia de una unidad de eliminación de HCl en la instalación de incineración y al método de tratamiento del polvo. 5) Se prestará atención al Ca ²⁺ y a los metales pesados, además de los sólidos totales disueltos, cuando se incluya el polvo en el vertedero
Sólidos suspendidos	300mg/L	300mg/L	
DQO	480mg/L	100mg/L	
NH ₄ ⁺ -N (T-N)	480mg/L	480mg/L	
pH	Se vuelve ácida cuando se incluyen materiales orgánicos refractarios en grandes cantidades.	Se vuelve alcalino cuando la pérdida de cenizas por ignición es pequeña	
Sólidos disueltos totales	Puede alcanzar el orden de 10 ³ a 10 ⁴ mg/L		
Número de bacterias coliformes	Puede superar los 3,000.		
Fe ²⁺	Por lo general, unos 10mg/L		
Mn ²⁺	Por lo general, se limita al rastreo		
Otros metales pesados	Normalmente no se detecta		
Color	Marrón oscuro a amarillo claro		

Fuente: Vertederos en Japón 2000, El periódico de gestión de residuos, 2000

4) Calidad del agua efluente

En cuanto a las normas de calidad del agua en la República Dominicana, existen normas ambientales de calidad (aguas superficiales y costeras) (designadas como Norma Ambiental A) y normas ambientales de descargas a las aguas subterráneas y al suelo (designadas como Norma Ambiental B), por lo que la calidad del agua descargada debe estar por debajo de estas normas.

La Tabla 12 muestra las normas de calidad del agua para la República Dominicana. A menos que se especifique lo contrario, las unidades son mg/L.

Tabla 12 Normas ambientales para la calidad del agua (tentativas)

Parámetros	Norma Ambiental A	Norma Ambiental B
*Coliformes totales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Coliformes fecales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Color aparente (Pt-Co)	50	50
*pH	6.5-8.5	6.0-8.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	-	400
Sólidos Suspendidos Totales	-	50
Sólidos totales disueltos	1,000	-
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄)	0.5	20
Nitrógeno total	-	30
Aceites y grasas	1	10
Fósforo total	0.025	3
Oxígeno disuelto (% de saturación)	> 70	-
Nitrato de nitrógeno + nitrito de nitrógeno	10	15
Cianuro total	0.1	0.2

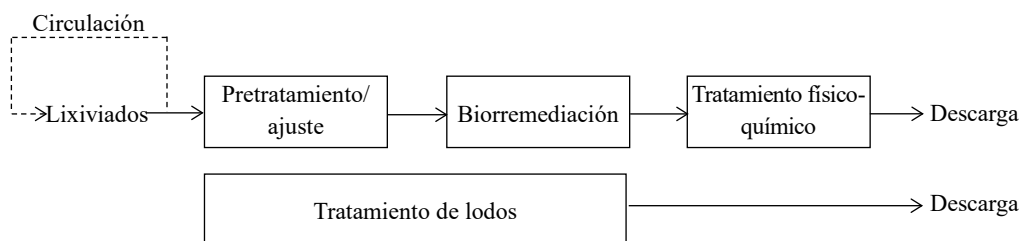
Norma Ambiental A: Norma ambiental de la calidad de aguas superficiales y costeras (clase B)

Norma Ambiental B: Valores máximos admisibles de la norma ambiental de calidad de las aguas subterráneas y vertidos al subsuelo

5) Método de tratamiento

a. Concepto básico de flujo de procesamiento

Aunque el tratamiento de los lixiviados viene determinado por el método para tratarlos, las sustancias objetivas sujetas a eliminación y el grado de eliminación necesario, se suele adoptar el siguiente flujo de tratamiento (véase la Figura 36).



Fuente: Organizado por el JET con referencia a Vertederos en Japón, 2000, El periódico de la gestión de residuos sólidos, 2000"

Figura 37 Flujo básico del tratamiento de lixiviados

El tratamiento biológico predomina en el flujo de tratamiento cuando la materia vertida está compuesta principalmente por residuos combustibles, mientras que el tratamiento físico-químico toma el relevo cuando la materia vertida está compuesta principalmente por residuos incombustibles o residuos de incineración. Además, el método de tratamiento difiere en función del progreso del vertido, ya que pasa de un tratamiento biológico en la primera fase de vertido a un tratamiento físico-químico en la última fase de la misma. Dado que el volumen y la calidad de los lixiviados, en general, fluctúan en gran medida, hay que tener en cuenta, por ejemplo, la aplicación del número plural de sistemas para el proceso de tratamiento cuando no se puede garantizar una capacidad

suficiente para la instalación de ajuste de los lixiviados. A continuación, se muestran las características de cada proceso de tratamiento.

b. Proceso de pretratamiento/ajuste

En el proceso de pretratamiento/ajuste, se instalan tamices y desarenadores, si es necesario, además de la instalación de ajuste de lixiviados para el pretratamiento antes del tratamiento biológico, en un esfuerzo por eliminar las impurezas y la arena y ajustar la calidad y la cantidad de los lixiviados. Además, aunque el lixiviado suele tener un pH neutro de entre 6 y 8, puede ser necesario ajustar el pH en función de las propiedades de los residuos del vertedero y de la cobertura del suelo; y puede ser necesario tomar medidas para prevenir la aparición de incrustaciones debido a la sal de calcio, cuando la concentración de calcio en el lixiviado es alta.

c. Circulación de lixiviados

La circulación de lixiviados es un método de tratamiento que circula los lixiviados recogiendo de las instalaciones de gestión de lixiviados y volviéndolos a rociar en la superficie de la capa del vertedero. La circulación mejora la calidad del lixiviado mediante la filtración y la actividad microbiana. Aunque la circulación de los lixiviados por sí sola puede no cumplir las normas sobre efluentes, la mejora de la calidad de los lixiviados en el tratamiento inicial tiene la ventaja de reducir la carga de los tratamientos posteriores, como los biológicos y los fisicoquímicos.

d. Proceso de tratamiento biológico

Las sustancias que se eliminan en el proceso de tratamiento biológico son la DBO, la DQO y el nitrógeno, y los métodos que se utilizan principalmente para el tratamiento incluyen el método de lodos activados, el método de aireación por contacto y el método de disco giratorio. La selección del método debe examinarse desde varios aspectos, como la eficacia económica, la función del tratamiento y el mantenimiento.

e. Tratamiento físico-químico

Las sustancias que se eliminan en el tratamiento físico-químico son la DQO, el color, los sólidos suspendidos, los metales pesados y las bacterias coliformes. Los métodos que se utilizan principalmente para el tratamiento incluyen el método de sedimentación coagulante, el método de oxidación con ozono, el método de filtrado con arena, el método de adsorción con carbón activado y el método de adsorción con quelato. La combinación de los métodos debe examinarse en función de las sustancias sujetas a la eliminación y su grado.

6) Resumen de cada método de tratamiento

Para el tratamiento de los lixiviados, es necesario combinar los métodos de tratamiento en función de las sustancias que deben eliminarse.

La Tabla 13 muestra la relación entre los métodos de tratamiento y las sustancias que deben eliminarse.

Tabla 13 Métodos generales para el tratamiento de los parámetros específicos (tentativos)

Método \ Ítem	DBO	DQO	Sólidos Suspendidos	Nitrógeno total	Color	Metales pesados
Método del disco giratorio	++	+				
Método de aireación por contacto	++	+				
Proceso de lodos activados	++	+				
Método de biofiltración	++	+	++			
Método de desnitrificación biológica	++	+		++		
Método de sedimentación coagulante	✓	++	++		++	+
Método de filtración por arena			++			
Método de adsorción con carbón activado	++	++	+		++	+
Método de oxidación con ozono		+			++	
Método de adsorción de quelatos						++

++: Muy eficaz, +: Eficaz en la eliminación

Fuente: JET

a. Tratamiento biológico

El método de aireación por contacto y el método del disco giratorio son métodos típicos de tratamiento biológico que se aplican para el tratamiento de lixiviados. En general, la concentración de materias orgánicas en los lixiviados (sustancias de la DBO) tiende a disminuir con el desarrollo del vertido desde la fase inicial hasta el estado intermedio y la fase final. Por este motivo, es necesario contar con un diseño de las instalaciones que tenga plenamente en cuenta los cambios en las características de vertido a lo largo de los años.

i Método de lodos activados

El método de lodos activados es el tratamiento del proceso de tratamiento biológico flotante. Consta de una balsa de aireación y una balsa de sedimentación. En general, se espera que se consiga una alta tasa de eliminación de materias orgánicas mediante largas horas de aireación. A diferencia del suelo nocturno o de las aguas residuales, la cantidad y la calidad de los lixiviados pueden fluctuar mucho. Por lo tanto, la estructura de la instalación de tratamiento de lodos activados deberá ser capaz de manejar los sólidos suspendidos en los líquidos mixtos sólidos en suspensión (MLSS), el índice de volumen de lodos (SVI), el oxígeno disuelto (DO), etc.

ii Método de aireación por contacto

El método de aireación por contacto es un método en el que el tanque de aireación se llena con material de contacto y el lixiviado dentro del tanque es agitado por el equipo de aireación, mientras se suministra suficiente oxígeno dentro del tanque para eliminar las materias orgánicas en el lixiviado de manera eficiente a través del uso de la biopelícula que se crea en la superficie del material de relleno de contacto.

iii Método del disco giratorio

El método del disco giratorio es un método en el que el disco giratorio se coloca dentro de un tanque y las materias orgánicas (sustancias DBO) en el lixiviado son eliminadas por microorganismos que están vivos en la superficie del disco giratorio. Hay muchos tipos de discos giratorios, como el tipo de bloque en forma de abanico desigual, el tipo plano, el tipo plano desigual, el tipo corrugado y el tipo doble corrugado.

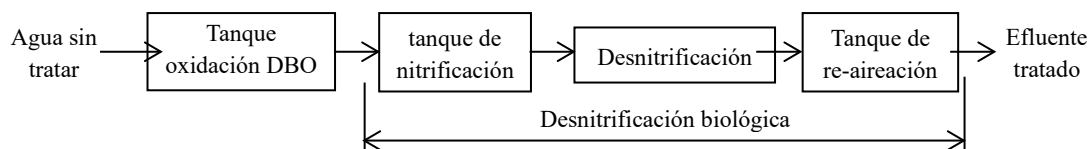
iv Método de filtración biológica

La filtración biológica es un método que macera la roca de sílice, la cerámica porosa u otros medios filtrantes específicos en la cuenca de aireación, para luego filtrar el lixiviado suministrado lentamente con oxígeno en la parte superior o inferior de los medios filtrantes, y finalmente lleva a cabo la descomposición biológica oxidante de los materiales orgánicos y la filtración de los sólidos en suspensión.

El diámetro de las partículas del material filtrante es de aproximadamente 5 a 70 mm. A la hora de seleccionar los medios filtrantes, es necesario tener en cuenta la calidad del lixiviado de entrada, la finalidad del tratamiento, la frecuencia del retro lavado y otras condiciones.

v Método de desnitrificación biológica

Este método es el típico para eliminar el nitrógeno contenido en los lixiviados cuando se elimina el nitrógeno. Su principio básico es un proceso de reacción en dos etapas que consiste en la nitrificación del nitrógeno amoniacal del lixiviado y la desnitrificación mediante la conversión del ácido nitroso y el nitrógeno nítrico en gas nitrógeno. A continuación, se muestra un flujo general del proceso. Además, el flujo del proceso colocando el tanque de desnitrificación delante del tanque de oxidación de la DBO puede ser considerado cuando la DBO del lixiviado no tratado es estable en una alta concentración (ver Figura 37).



Fuente: Vertederos en Japón 2000, El periódico de gestión de residuos, 2000

Figura 38 Flujo del proceso de desnitrificación biológica

b. Tratamiento físico-químico

i Método de sedimentación coagulante

El método de sedimentación coagulante se realiza mediante la adición de un agente coagulante y un coadyuvante de coagulación. El cloruro férrico, el sulfato de aluminio y el cloruro de poli aluminio (PAC) se utilizan principalmente como agentes coagulantes y los coagulantes de alto contenido en polímeros se utilizan como ayuda para la coagulación. Hay tres rangos de ajustes de pH en el momento de la coagulación; a saber, el rango ácido (pH = 5-6), el rango neutro (pH = 7-8) y el rango alcalino (pH = 9-10). La gama ácida es adecuada para mejorar la tasa de eliminación de la DQO y la gama alcalina es adecuada para eliminar los metales pesados.

ii Método de oxidación con ozono

El método de oxidación por ozono es más eficaz para eliminar el color que la DQO. En este caso, es más eficaz realizar un tratamiento previo como el método de sedimentación coagulante.

iii Método de filtración por arena

El método de filtración de arena consiste en el método de lecho fijo y el método de lecho móvil. El método de lecho fijo puede dividirse en método de gravedad y método de presión, pero el método de filtración a presión se utiliza en la mayoría de los casos. Dado que la concentración de SS del efluente tratado puede reducirse a menos de 10 mg/l, también se utiliza para el tratamiento preliminar del método de adsorción con carbón activado y el método de adsorción con quelatos.

iv Método de adsorción con carbón activado

El método de adsorción con carbón activado se utiliza para un nivel avanzado de tratamiento de la DQO y la eliminación del color. Dado que el carbón activado en polvo requiere una manipulación complicada, se suele utilizar el carbón activado granular.

v Método de adsorción de quelatos

El método de adsorción de quelatos incluye un método que realiza la sedimentación

coagulante mediante la adición de un agente recolector de metales pesados (quelato líquido) y un método que refuerza la adsorción en la resina de quelato.

vi Desinfección

El objetivo principal de la desinfección es reducir el número de bacterias coliformes en el lixiviado. El hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio se utilizan generalmente como desinfectantes.

Además, se están considerando alternativas a la desinfección con cloro, incluida la desinfección ultravioleta, ya que se ha informado de que la desinfección con cloro de los lixiviados tratados genera trihalometanos.

c. Tratamiento de lodos

La instalación de tratamiento de lodos trata los lodos generados en el proceso de tratamiento del agua de manera higiénica para que no causen ningún problema en términos de conservación del medio ambiente y está compuesta por la instalación de concentración, la instalación de almacenamiento y la instalación de deshidratación. El volumen de tratamiento de lodos diseñado se determina calculando el balance total de materias sólidas basado en el volumen de procesamiento de lixiviados, la calidad del lixiviado entrante, la calidad del agua efluente (valores de DBO y SS en particular) y el contenido de humedad de los lodos causado por los productos químicos añadidos.

2.4.14 Diseño de la cobertura de suelo

1) Función de la cobertura de suelo

La cobertura de suelo tiene las siguientes funciones principales:

- ✓ Prevenir la propagación de malos olores
- ✓ Prevenir la dispersión y derrame de residuos
- ✓ Reducir la reproducción de plagas
- ✓ Suprimir de la propagación del fuego
- ✓ Mantener un buen aspecto del vertedero
- ✓ Mejorar los trabajos de esparcimiento y compactación
- ✓ Reducción de la infiltración del agua de lluvia en el vertedero

2) Tipos de cobertura de suelo

La cobertura de suelo puede clasificarse en tres tipos según su finalidad: cobertura diaria,

cobertura intermedia y cobertura final.

a. Cobertura diaria de suelo

Cuando la capa del vertedero alcanza un determinado grosor o cuando se completa un día de trabajo de vertido, se coloca para evitar la dispersión de residuos, la propagación de malos olores y la cría de moscas y otras plagas.

b. Cobertura de suelo intermedia

La cobertura de suelo intermedia se coloca a medida que avanzan las obras del vertedero. Su función es proporcionar una superficie plana para el paso seguro de los vehículos de recolección y proteger la superficie del vertedero cuando éste queda desatendido durante un largo periodo de tiempo.

c. Cobertura de suelo final

Una vez finalizados todos los trabajos del vertedero, se coloca la cobertura de suelo final sobre las capas de residuos vertidos. Los tipos y el grosor de la cobertura de suelo final dependen del uso previsto del vertedero terminado.

3) Selección de la cobertura de suelo

En general, el material de cobertura se clasifica en tipo granulado y tipo arcilloso. La permeabilidad del material de cobertura es diferente según los distintos tipos de suelo utilizados.

En la mayoría de los casos, se utiliza la tierra, ya que es fácil de conseguir. Se evitará el tipo de material extremadamente ácido o alcalino, o que contenga sustancias nocivas o cualquier cosa que deteriore la calidad del lixiviado. También se evitarán los materiales que contengan sustancias nocivas para las plantas.

a. Cobertura de suelo diaria

En la medida de lo posible, se utilizarán tipos de arena permeables y porosas para garantizar una fácil extensión y compactación de los residuos sólidos, estabilizar las capas de residuos del vertedero y no obstaculizar el proceso de descomposición de los residuos. El espesor de la capa debe ser lo más fina posible para evitar la presión sobre la capacidad del vertedero debido a la tierra de cobertura diaria.

b. Cobertura de suelo diaria

El suelo arcilloso es adecuado para evitar que los gases se dispersen o que el agua de lluvia se filtre en las capas de residuos. Sin embargo, si la zona se va a utilizar como base para carreteras, se recomienda utilizar piedras trituradas como material de cobertura.

c. Cobertura final

El material de cobertura final deberá ser resistente a la corrosión por el agua de lluvia, de baja permeabilidad y adecuado para las plantas.

4) Selección del grosor del material de cobertura

El espesor del material de cobertura se determina en función de la composición de los residuos sólidos, la conservación del medio ambiente, etc.

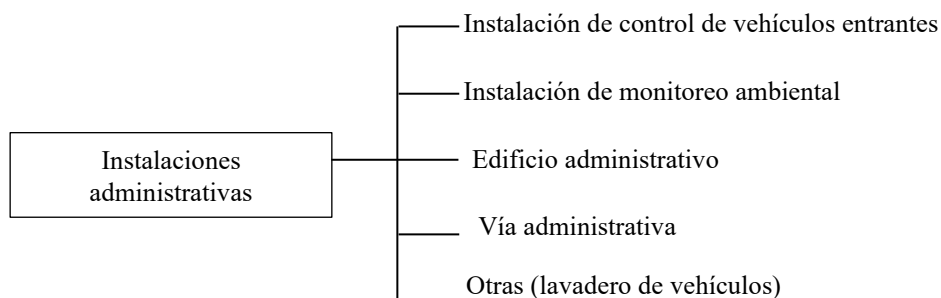
A partir de los ejemplos de otros países, se suelen adoptar los siguientes espesores:

- ✓ Material de cobertura diaria: 0.15 m o más
- ✓ Material de cobertura intermedia: 0.50 m o más
- ✓ Material de cobertura final: 0.50 m o más

2.4.15 Diseño de las instalaciones administrativas

1) Configuración de las instalaciones de administración

Las instalaciones necesarias para la adecuada administración del sitio de disposición final deben ser provistas como se muestra en la Figura 38, incluyendo instalaciones de control de vehículos entrantes, instalaciones de monitoreo ambiental, edificios de administración, caminos de administración y otras instalaciones según sea necesario.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 39 Configuración de las instalaciones de administración

2) Instalación de control de vehículos entrantes

a. Función y configuración de la instalación de control de vehículos entrantes

La instalación de control de vehículos entrantes tiene la función de gestionar adecuadamente la cantidad y la calidad de los residuos aceptados por el sitio de disposición final, y de supervisar y confirmar que los residuos entregados son adecuados

para su disposición en el vertedero.

i Báscula puente

La báscula es el requerimiento básico en un vertedero para registrar la cantidad de residuos que entran en él. Se instalará una báscula a la entrada del vertedero para medir y registrar los residuos entrantes. Como lineamiento general, un vertedero que reciba más de 50 toneladas/día de residuos sólidos deberá tener instalada una báscula puente.

ii Inspección de residuos entrantes

Los residuos sólidos que se vayan a depositar en los vertederos se controlarán para garantizar el buen funcionamiento y evitar la contaminación del suelo por sustancias nocivas inaceptables. Por lo tanto, los tipos y calidades de los residuos entrantes deberán ser inspeccionados cuidadosamente.

Los residuos que llegan sin pasar por ninguna instalación de tratamiento intermedio suelen ser inspeccionados por su aspecto físico. Se puede construir una plataforma o una estructura sencilla cerca de la báscula para poder inspeccionar las cargas de residuos del camión entrante. Cuando sea necesario, los residuos sólidos pueden descargarse para su inspección. Por lo tanto, es necesario un espacio para la inspección.

b. Diseño de la báscula

A la hora de seleccionar el tipo de báscula y decidir el número de unidades a instalar, es necesario investigar a fondo los tipos y especificaciones de los vehículos de entrega y las condiciones de entrega de los residuos.

i Número de básculas a instalar

El número total de vehículos de recolección por día, los sistemas de recolección de residuos sólidos y el número máximo de vehículos de recolección en las horas pico de entrega son factores que deben considerarse antes de decidir el número de básculas que se instalarán en un vertedero. En particular, si la báscula puente está situada cerca de la vía pública, se considerará el número máximo de vehículos de recolección en horas pico a intervalos de 15 a 30 minutos.

ii Capacidad máxima de pesaje de la báscula puente

La capacidad máxima de pesaje de la báscula puente deberá ser varias veces superior al peso total del vehículo de recolección, con el fin de proporcionar suficiente espacio para los vehículos de recolección inusualmente pesados.

iii Posición de la báscula

Se colocarán básculas en lugares estratégicos por donde pasen los vehículos al entrar y salir de los vertederos.

3) Instalación de monitoreo ambiental

Es necesario realizar un monitoreo periódico de los residuos del vertedero, los lixiviados, las aguas subterráneas, las aguas descargadas, los gases residuales y los olores para lograr una gestión y un control adecuados del sitio de disposición final

a. Monitoreo de los residuos de los vertederos

Dado que los residuos depositados en los vertederos cambian de año en año, es aconsejable recolectar y analizar muestras de una capa concreta del vertedero y registrar los cambios en su calidad a intervalos regulares. Dado que los residuos de los vertederos no son homogéneos y que es muy difícil obtener una muestra típica de residuos de vertederos, el monitoreo de los cambios en la calidad de los residuos debe hacerse a nivel macro.

La supervisión de la capa de residuos del vertedero debe llevarse a cabo durante la operación y después de la finalización de la vida del vertedero, especialmente para los cambios en la composición de los residuos sólidos, la tasa de sedimentación de la capa de residuos, etc. Los datos obtenidos del monitoreo de los residuos del vertedero pueden utilizarse en el diseño de las futuras instalaciones de tratamiento de lixiviados y en la planificación del uso futuro tras la finalización del vertedero.

b. Monitoreo de los lixiviados

El monitoreo de los lixiviados es necesario para comprender las fluctuaciones en la cantidad y calidad del agua y para gestionar los vertederos y las instalaciones de tratamiento de lixiviados. La Tabla 14 muestra ejemplos de elementos de monitoreo de lixiviados y su frecuencia.

Tabla 14 Ejemplo de elementos de monitoreo y frecuencia de los lixiviados

Elemento		Frecuencia
pH	Indicadores para estimar las reacciones microbianas, químicas, etc. en los vertederos pH $\leq$ 6: Es probable que el vertedero sea anaeróbico debido al estancamiento del agua. pH $\geq$ 10: Los componentes alcalinos no se han lavado lo suficiente y es probable que queden componentes solubles.	Una vez al día
DBO, DQO	La DBO es un indicador de la materia orgánica de fácil descomposición, mientras que la DQO es un indicador de la materia orgánica de difícil descomposición.	Una vez a la semana
Conductividad eléctrica Iones de cloro	Indicadores de lavado de sustancias solubles por la lluvia.	Una vez al mes
Potencial de Oxidación-Reducción	Indicadores para determinar si el vertedero es aeróbico o anaeróbico.	Una vez al mes
Nitrógeno total	Indicadores para el seguimiento de la descomposición de la materia orgánica y las condiciones (aeróbicas y anaeróbicas) en los vertederos.	Una vez al mes
Metales pesados	Alto potencial de escorrentía derivada de los sólidos suspendidos en el lixiviado en la primera capa del vertedero, y bajo potencial en la segunda y siguientes capas.	4 veces al año
Volumen	Monitoreo de la operación adecuada de las instalaciones de tratamiento de lixiviados.	Una vez al día
Nivel de agua	Monitoreo para confirmar el estado del almacenamiento interno y la posibilidad de fugas de agua para los lixiviados.	Una vez al mes
Temperatura	Monitoreo para confirmar el estado de la descomposición microbiana y la reacción química de los residuos.	Una vez al día

Fuente: Manual para el mantenimiento y la gestión de los sitios de disposición final de residuos industriales, Federación Japonesa de Asociaciones de Gestión y Reciclaje de Residuos Industriales 2007

c. Monitoreo de las aguas subterráneas

El monitoreo de las aguas subterráneas en la zona que rodea el vertedero se llevará a cabo con los siguientes fines:

- ✓ Comprobación de la calidad de las aguas subterráneas para garantizar que el sistema de revestimiento del vertedero funciona correctamente y sin fugas.
- ✓ Detectar la contaminación lo más pronto posible para poder llevar a cabo inmediatamente los trabajos de saneamiento y evitar así cualquier impacto en las aguas subterráneas y el entorno circundante.

Por lo tanto, para determinar la calidad y disponibilidad de las aguas subterráneas en la zona que rodea al vertedero, es necesario instalar pozos de monitoreo de aguas subterráneas. El número, la ubicación y la profundidad de los pozos son muy importantes y deben considerarse cuidadosamente.

i Ubicación y número de pozos de monitoreo de aguas subterráneas

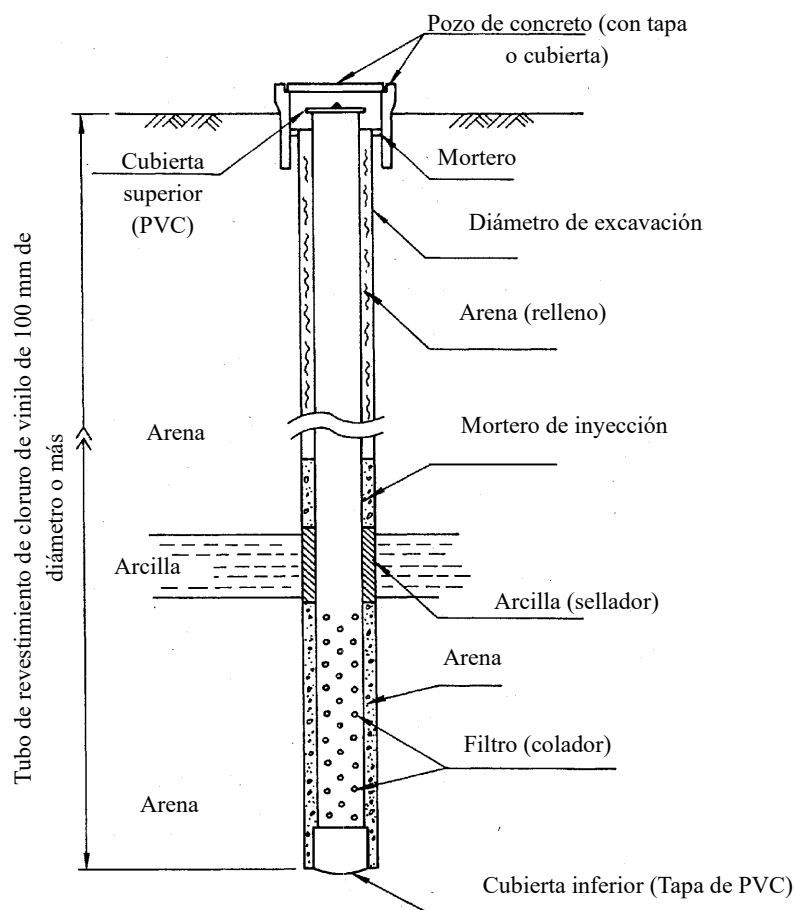
Los pozos de monitoreo deben instalarse al menos en estos dos lugares:

- ✓ Un lugar en el que se puede bombear el agua subterránea normal sin efectos de contaminación (aguas arriba del flujo de agua subterránea directamente debajo del sitio de disposición final);
- ✓ Un lugar en el que el lixiviado pueda detectarse de forma más rápida y fiable cuando se filtra en el suelo (aguas abajo del flujo de agua subterránea que se encuentra directamente debajo del sitio de disposición final).

ii Estructura de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas

La estructura de un pozo de monitoreo debe tener un diámetro de 100 mm o más, y debe instalarse un colador en el acuífero. La parte superior del pozo debe ser una estructura sellable para evitar que la tierra de la superficie y las sustancias extrañas entren por este.

La Figura 39 muestra un ejemplo de estructura de un pozo de monitoreo.



Fuente: Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010

Figura 40 Estructura de un pozo de monitoreo

4) Edificio administrativo

a. Objetivo y función del edificio administrativo

Para mantener el medio ambiente, garantizar la seguridad y operar el vertedero de forma económica, es necesario llevar a cabo sistemáticamente una serie de operaciones como la inspección y el pesaje de los residuos que se van a verter, la confirmación de la coherencia entre el plan del vertedero y el estado del vertedero, asegurar el material de cobertura del suelo, la instalación de diques compartimentados, la operación y el mantenimiento de las instalaciones de tratamiento de lixiviados y el monitoreo.

El edificio administrativo está preparado para la gestión integral de estas instalaciones y operaciones, y consta de la oficina de administración, las salas de pruebas y análisis y, si es necesario, las salas de espera de los trabajadores, las duchas, los vestuarios, las salas de suministro de agua caliente, la cafetería, los baños y las salas de conferencia. También se debe considerar la instalación de equipos de ventilación, equipos de comunicación, equipos telefónicos y equipos aire acondicionado en las salas necesarias. El tamaño y el sistema de gestión del sitio de disposición final debe considerarse en su totalidad a la hora de decidir qué instalaciones y salas se necesitan, y también debe tenerse en cuenta el entorno de trabajo deseado para el personal del sitio.

b. Planificación del edificio administrativo

En un vertedero de pequeña escala, el edificio administrativo y la instalación de tratamiento de lixiviados pueden utilizarse conjuntamente. En este caso, es necesario crear un entorno que no interfiera con el trabajo tomando medidas contra el ruido y los olores, así como asegurándose de que la oficina de gestión, la sala de control de la gestión, etc., estén convenientemente ubicadas para manejar los residuos recibidos y la operación del vertedero.

Además, hay casos en los que la báscula puente se instala cerca del edificio de control de la carga, o en los que se construye un edificio independiente para el pesaje, pero, en cualquier caso, el control de la carga no consiste sólo en pesar la carga, sino también en inspeccionar si los residuos cumplen los criterios de aceptación. Por lo tanto, debe tenerse suficientemente en cuenta la ubicación del edificio de control a la hora de planificar un sitio de disposición final.

En consideración al entorno que rodea al sitio de disposición final, se deben implementar instalaciones de lavado de vehículos en la ruta de salida para evitar que los vehículos que transportan residuos al vertedero dejen la carrocería y los neumáticos cubiertos de

tierra y a su vez, dejen las vías públicas cubiertas con residuos- Además, se deben implementar garajes, depósitos de aceite, almacenes, equipos de mantenimiento e inspección de maquinaria, equipos de iluminación de los locales, equipos de comunicación, monitores, etc.

5) Vía administrativa

La vía administrativa debe tener lo necesario para la gestión diaria, el mantenimiento, la inspección, la prevención de incendios y la gestión de la seguridad de varias instalaciones en el sitio de disposición final, así como para la carga y descarga de materiales. En particular, es recomendable implementar vías para los siguientes fines en la medida de lo posible:

- ✓ Vías que puedan utilizarse para rodear el perímetro del sitio de disposición final para patrullar e inspeccionar toda la zona;
- ✓ Vías que permitan la carga y descarga de maquinaria y materiales hacia y desde las instalaciones de tratamiento de lixiviados;
- ✓ Vías para la extinción de incendios en zonas donde se espera que estos ocurran.
- ✓ Vías para trabajos como el exterminio de plagas y animales y la pulverización de productos químicos cuando son necesarias medidas de control de olores.

Aunque algunas vías tienen poco tráfico, es necesario tomar medidas de seguridad. En particular, deben adoptarse medidas de seguridad como la instalación de barandillas y pasamanos en las vías elevadas, y la instalación de espejos curvos cuando la visibilidad sea escasa.

Para la estructura de las vías, es aconsejable remitirse a las normas viales.

6) Instalación de lavado de vehículos

La instalación de lavado de vehículos debe estar situada para lavar los vehículos de recolección y entrega de residuos, garantizar la higiene de las operaciones de recolección y entrega y evitar que los vehículos vuelvan a ensuciarse cuando salgan del lugar.

Ya que estos vehículos entran en la instalación de lavado de vehículos después de pasar por el vertedero, los vehículos y los neumáticos suelen estar cubiertos de tierra y residuos.

Por lo tanto, el agua que usa para el lavado debe ser tratada como lixiviado. El sedimento depositado en la parte inferior de la instalación de lavado de vehículos también debe disponerse en un vertedero ya que puede contener residuos de materiales.

2.4.16 Diseño de otras instalaciones relacionadas

1) Composición de otras instalaciones relacionadas

También existen otras instalaciones que son necesarias para la gestión y operación del sitio de disposición final, estas son:

- ✓ Vía de acceso/camino de acarreo para el transporte seguro de los residuos y de los materiales y equipos necesarios para la construcción del sitio de disposición final;
- ✓ Instalaciones para evitar la dispersión de los residuos por el viento y los animales;
- ✓ Instalaciones para evitar que personas y animales no relacionados entren en el vertedero y viertan ilegalmente sus residuos;
- ✓ Instalaciones para prevenir incendios en los vertederos;
- ✓ Instalaciones para prevenir los daños causados por las fuertes lluvias o los deslizamientos de tierra.

2) Carreteras de acceso/vías de acarreo

Para asegurar una ruta de entrada estable, se deben construir vías de acceso desde el exterior y vías de acarreo hacia el sitio.

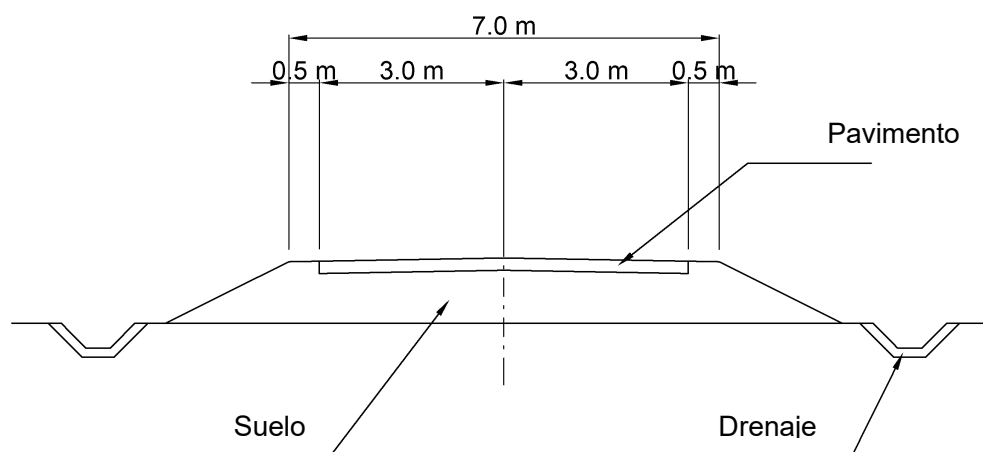
La anchura de la vía de acceso se determinó tomando como referencia ejemplos de otros países y las normas de diseño de las carreteras de la República Dominicana.

La Tabla 15 muestra las normas de carreteras en la República Dominicana y la Figura 40 muestra una sección transversal típica de la carretera de acceso/carretera de transporte.

Tabla 15 Normas de carreteras en la República Dominicana

SECCIÓN TRANSVERSAL-CARACTERÍSTICAS GENERALES										
Tráfico(TMD A)	12,000		12,000 - 6,000		6,000 - 2,000		2,000 - 500		500	
	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable
Calzada (Unid)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Separador Central (m)	6.00	1.20	1.20	-	-	-	-	-	-	-
Caniles (Unid)	6	4	4	2	2	2	2	2	2	2
Ancho Caril (m)	3.75	3.60	3.75	3.60	3.30	3.00	3.30	3.00	3.00	2.75
Ancho Paseo (m)	2x3.00	2x2.40	2x3.00	2x2.40	2x2.40	2x1.20	2x2.40	2x1.20	2x2.40	2x0.75

Fuente: CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS (M-012), SECRETARÍA DE ESTADO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES, REPÚBLICA DOMINICANA



Fuente: JET

Figura 41 Sección transversal típica de las carreteras de acceso/carretera de transporte

3) Instalación anti-dispersión

Las mallas ciclónicas se utilizan generalmente como instalaciones anti-dispersión, que también sirven de cerramiento para impedir la entrada.

Sin embargo, dado que la altura de la malla está limitada por el costo y la resistencia, la eficacia de la verja puede aumentarse si se utiliza en combinación con el material de cobertura como medida para evitar la dispersión de los residuos.

4) Letreros, puertas de seguridad, verjas

Deben instalarse letreros y puertas en la entrada del sitio de disposición final, y vallas alrededor del sitio de disposición final para evitar que la gente entre en el sitio de

disposición final sin permiso.

a. Carteles de señalización

Este cartel debe instalarse en la entrada para indicar claramente que el lugar es un sitio de disposición final. Como mínimo, el cartel de señalización debe indicar el tipo de residuos, el periodo de vertido, el nombre del gestor y la información de contacto, y debe colocarse en un lugar donde se pueda visualizar fácilmente en todo momento.

b. Puertas de seguridad

Deben instalarse puertas de seguridad en la entrada del sitio de disposición final, estas puertas deben estar cerradas y bloqueadas para evitar que personas ajenas entren al sitio de disposición final cuando el personal de gestión se marche al terminar la jornada laboral.

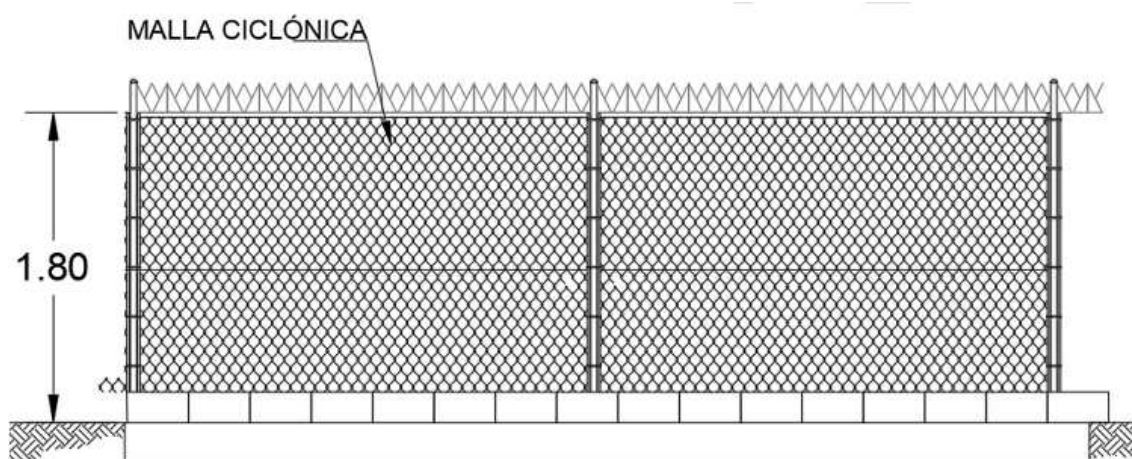
c. Verjas

La verja se encarga de impedir que personas ajenas a la empresa entren al sitio de disposición final, también puede servir para tapar el sitio o servir como instalación anti-dispersión para los residuos.

La estructura de la verja debe determinarse en función de la situación de adquisición de materiales, el costo de construcción y la resistencia.

En el caso de otros países, se han adoptado verjas de malla o estructuras sencillas con alambre de púas, su altura suele ser de 1.8 a 3.0 m.

La Figura 41 muestra un ejemplo de diseño de una malla ciclónica.



Fuente: JET

Figura 42 Diseño de la malla ciclónica

5) Equipo de prevención de incendios

Los incendios que se producen en los vertederos se propagan con gran rapidez debido a la generación de gas metano y también de otros materiales combustibles. Por lo tanto, para evitar los brotes de incendio, se recomienda que los gases generados en las capas de residuos se eliminen mediante el uso de instalaciones de ventilación de gases adecuadas, y que los residuos se cubran con tierra lo antes posible. Al liberar el gas a la atmósfera, se pueden evitar explosiones e incendios en las capas de residuos. Una vez que se produce un incendio en los vertederos, este será extremadamente difícil de extinguir. Está prohibido verter agua directamente en las tuberías de ventilación de gases, ya que puede producirse una peligrosa explosión subterránea. En el vertedero se dispondrá en todo momento de extintores, depósitos de agua, arena, etc. Los bulldozers, los camiones de agua, etc. también deberán estar totalmente equipados. Será una ventaja que el material de cobertura utilizado sea ignífugo. Se dispondrá de reservas de material de cobertura para que, cuando se produzca un incendio, estos se puedan utilizar para apagar el fuego. En un vertedero es muy importante detectar el fuego en su fase inicial para poder sofocarlo antes de que se convierta en un grave incendio en el vertedero. Por lo tanto, es importante realizar una inspección rutinaria diaria alrededor del vertedero para detectar cualquier punto caliente o incendio.

6) Equipo de prevención de desastres

a. Laguna de control de inundaciones o de retención

Es importante que se implementen instalaciones de control de inundaciones, ya sean estanques o fosas de control, en los SDF Nuevos. A medida que el vertedero avanza y la superficie se cubre de tierra, la escorrentía de aguas pluviales del vertedero puede ser mayor que la descarga prevista. Por lo tanto, las instalaciones de control de inundaciones en los vertederos son muy importantes. Las instalaciones de control de inundaciones también son importantes en caso de lluvias inusualmente fuertes debido a tifones. La planificación y el diseño de las instalaciones de control de inundaciones deben tener en cuenta la geografía local, el tipo de suelo, el uso final del vertedero terminado, el tamaño del vertedero y las instalaciones de almacenamiento.

b. Instalaciones de prevención de la escorrentía de sedimentos

A la hora de seleccionar un sitio para un vertedero, es conveniente evitar de antemano las zonas de fallas, las zonas con suelos inestables, las zonas propensas a desastres naturales como desprendimientos y deslizamientos de tierra, y las zonas con alta pluviosidad, a fin de prevenir desastres como los desprendimientos. Es importante

realizar un estudio preliminar exhaustivo y añadir equipos de prevención de desastres adecuados a medida que avanza la construcción.

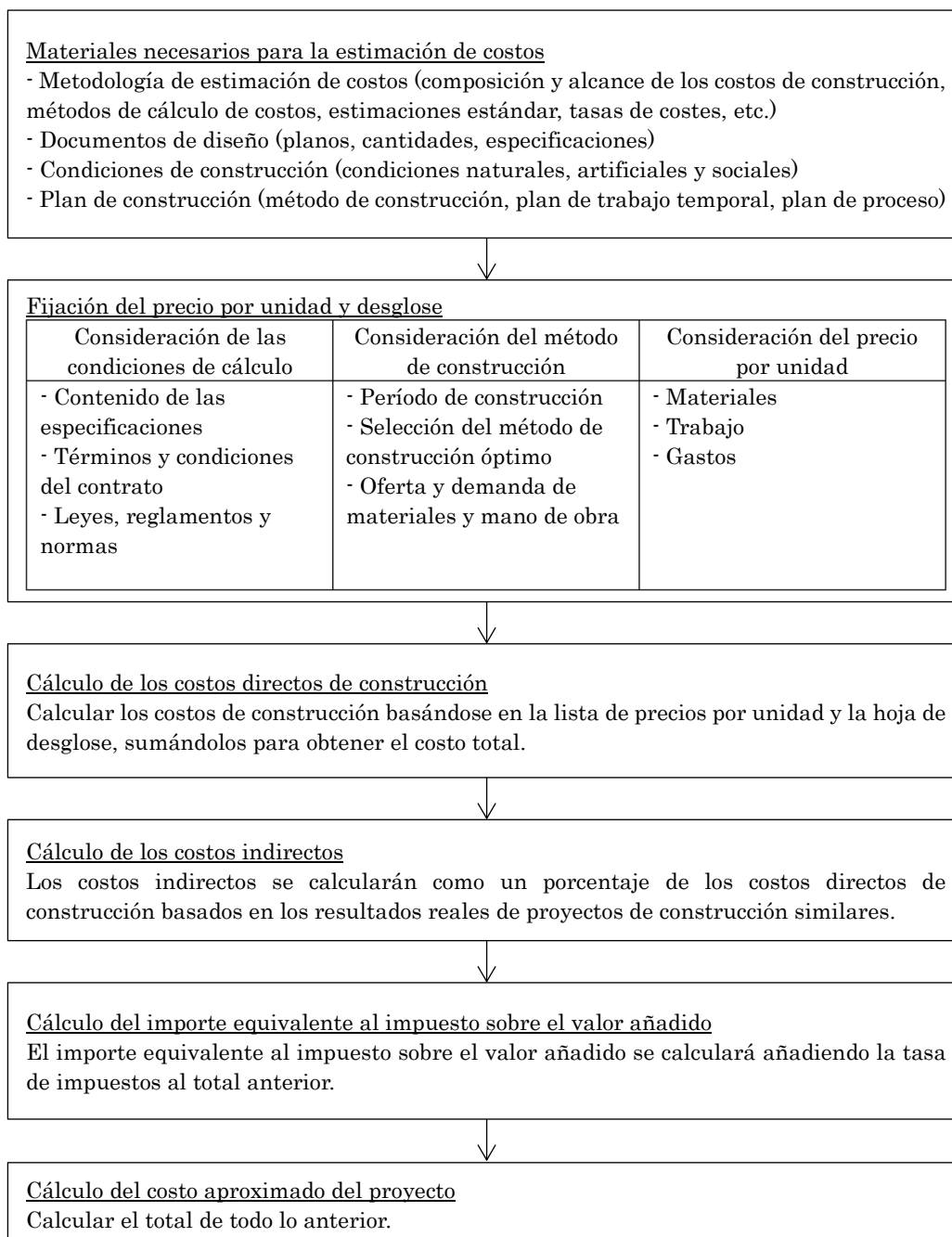
2.5 Estimación del costo del proyecto

La estimación del costo aproximado del proyecto se realiza a partir de los planos del diseño de ejecución, la lista de cantidades y el precio por unidad fijado por cada municipio. El precio por unidad estándar debe ser fijado por cada municipio basándose en los resultados anteriores y en la comparación de los presupuestos de varios contratistas.

En el costo del proyecto se estimarán los siguientes de gastos según sea necesario.

- ✓ Costos para la construcción de las instalaciones del sitio de disposición final: El costo de construcción de las instalaciones principales del sitio de disposición final, tal como se describe en el apartado 2.4.6 Nivel de construcción de sitios de disposición final nuevos
- ✓ Costo del material de cobertura: Costo del material de cobertura (diaria, intermedia y final). Dado que la cantidad de material de cobertura que se va a utilizar es grande, es necesario calcular cuidadosamente la cantidad y estimar el costo. También hay que tener en cuenta el costo del transporte del material de cobertura desde el lugar de recogida.
- ✓ Costos de compra o alquiler de equipos pesados: Estimar los costos según el método de adquisición (compra o alquiler) de los equipos pesados que se utilizarán para la construcción. Para reducir los costos, es aconsejable comparar los precios de compra y de alquiler, en función del periodo de uso, y adoptar el método menos costoso.
- ✓ Costo de adquisición del terreno: Si el terreno necesario para la construcción del vertedero final es un terreno privado, se debe estimar el costo que implicará adquirir el terreno.

El procedimiento de estimación de costos se muestra en la Figura 42.



Fuente: Elaborado por JET con referencia a "Guías para la planificación, diseño y gestión de sitios de disposición final, Asociación de Gestión de Residuos del Japón, 2010"

Figura 43 Procedimiento de estimación de costos

2.6 Adquisición de fondos

De conformidad con el artículo 38 de la Ley General (Ley 225-20), los costos de construcción para un sitio de disposición final nuevo (incluidos los costos de planificación y los gastos de consultoría para la gestión de la construcción) son financiados por el Fideicomiso. Hay que tener en cuenta que, al no haber ninguna estipulación sobre la proporción de la contribución del Fideicomiso, se supone que el importe de la aprobación

se determinará en función de la combinación del presupuesto del Fideicomiso y el nivel de prioridad entre otros proyectos candidatos.

Las partidas que deben asumir los municipios son las siguientes.

- ✓ Costo de adquisición de terrenos: Es conveniente repartir los costos entre todos los municipios que utilizarían los sitios de disposición final nuevos, independientemente de la ubicación de este.
- ✓ Parte del costo de construcción (costo total menos la contribución del Fideicomiso): Repartir los costos entre los municipios en función de la proporción del volumen de residuos
- ✓ Costo de administración: A cargo de cada municipio

Se les hace un llamado a los municipios implicados a acordar los detalles de las funciones, las responsabilidades y el reparto de los costos mediante un Memorándum de Acuerdo (MoA) o su equivalente. El Memorándum de Acuerdo deberá incluir cláusulas de medidas preventivas contra su incumplimiento (por ejemplo, depósito en una cuenta bancaria conjunta o compartida) o medidas posteriores al incumplimiento (por ejemplo, procedimientos legales).

2.6.1 Financiamiento por parte del Fideicomiso

Dado que el Reglamento Operativo del Fideicomiso no ha sido emitido a partir de febrero de 2022, la información que se presenta a continuación se basa en las audiencias con el consultor de MA a cargo del proyecto de reglamento y el equipo de la Secretaría de la Junta Directiva del Fideicomiso.

1) Solicitud de aprobación

- Los solicitantes elegibles son los municipios, las mancomunidades y las empresas privadas.
- El flujo básico de la solicitud se describe en la siguiente figura:

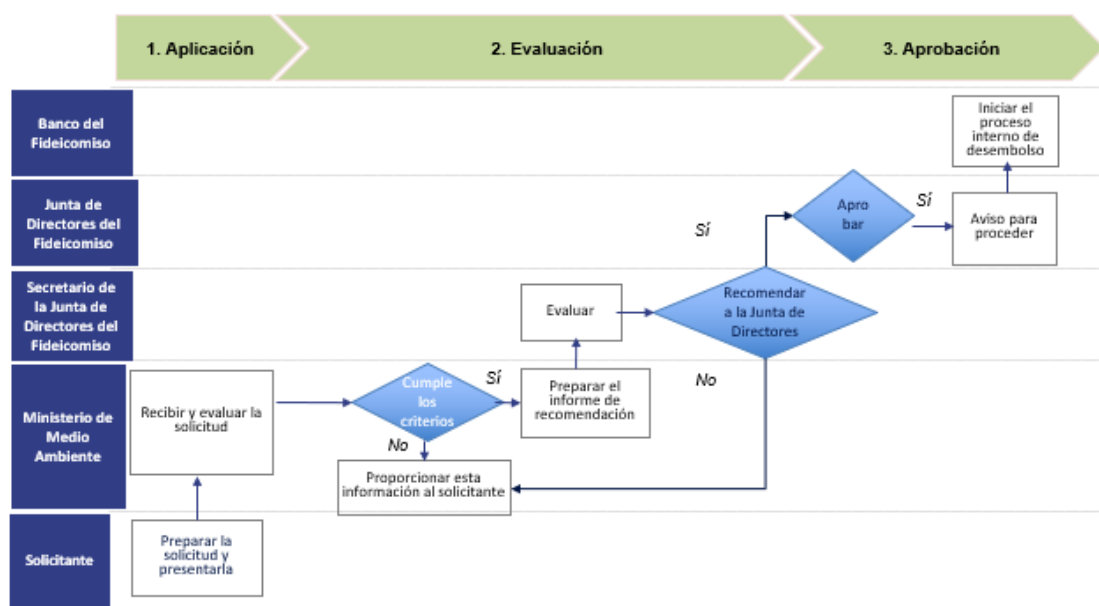


Figura 44 Flujo de Aplicación al Fideicomiso (a confirmarse)

- Se espera que las condiciones y los documentos requeridos para la solicitud sean diseñados por el Reglamento Operativo del Fideicomiso o el reglamento interno del banco fiduciario (es decir, Banreservas) que está encargado de administrar y operar el Fideicomiso, por lo tanto, los solicitantes deben cumplir con esas regulaciones.

2) Desembolso

- Está previsto que los fondos del Fideicomiso se desembolsen directamente desde el banco fiduciario a las empresas privadas (contratistas).

2.6.2 Financiamiento de los costos restantes

1) Presupuesto de desarrollo de los municipios

De acuerdo con la Ley 176-07, los municipios y distritos nacionales deben destinar el 40% de su presupuesto al desarrollo de infraestructuras sociales y económicas. Se espera que cada municipio financie el resto de los costos con este presupuesto de desarrollo, teniendo en cuenta una asignación presupuestaria equilibrada a otros proyectos de desarrollo.

2) Préstamos

Se recomienda explorar la opción del préstamo en caso de que el presupuesto de desarrollo sea insuficiente para cubrir los costos restantes. La ventaja de pedir un préstamo en lugar de pagar durante el período de construcción (2-3 años) es que el municipio puede pagar en cuotas a largo plazo, por lo que cada cuota (servicio de la deuda) es menor. El importe del servicio de la deuda anual puede preverse, por lo que es

más fácil planificar el presupuesto.

Es conveniente que la fuente del servicio de la deuda sean los ingresos de la tarifa del servicio de gestión de residuos, y el presupuesto de desarrollo deberá cubrir el déficit, si lo hubiera.

a. Tarifa de servicio de gestión de residuos

De acuerdo con el artículo 16 de la Ley General (Ley 225-20), los municipios son responsables de fijar la tarifa del servicio de gestión de residuos y de establecer un sistema de cobro. Aunque la determinación del método de cálculo de la tarifa es responsabilidad de la administración pública (artículo 14), los municipios deben ultimar las tarifas teniendo en cuenta diversos factores, como los costos que deben cubrirse, la capacidad de pago del usuario y su disposición a pagar.

El punto de referencia de la capacidad de pago de los hogares es el 1% de la renta disponible⁶. A modo de referencia, la siguiente tabla muestra la renta disponible media de los hogares y la capacidad de pago mensual/hogar (2021), estimada a partir de la encuesta de ingresos/gastos de los hogares realizada por el Banco Central (2018).

Tabla 16 Estimación de la renta media disponible de los hogares y de la capacidad de pago (2021)

Clasificación	2021 Renta mensual (a)	2021 Renta anual (b)	Impuesto sobre la renta (c)	Renta anual disponible (d)	Renta mensual disponible (e)	Capacidad de pago mensual (f)
Fórmula		$(b) = (a) * 12$	Impuesto aplicado	$(d) = (b) - (c)$	$(e) = (d) / 12$	$(f) = (e) * 1\%$
Promedio Nacional	47,282	567,382	22,674	544,708	45,392	454
Área Urbana	50,372	604,469	28,237	576,231	48,019	480
Área Rural	33,582	402,983	-	402,983	33,582	336
Gran SD	56,987	683,841	43,118	640,722	53,394	534
Región Norte	44,766	537,193	18,146	519,047	43,254	433
Región Este	41,254	495,047	11,824	483,223	40,269	403
Región Sur	35,361	424,335	1,217	423,118	35,260	353

La disposición a pagar de los ciudadanos suele ser mucho menor que la capacidad de pago: se recomienda a los municipios que actúen con antelación para sensibilizarlos con

⁶ JICA IRR Manual (2019)

el tema.

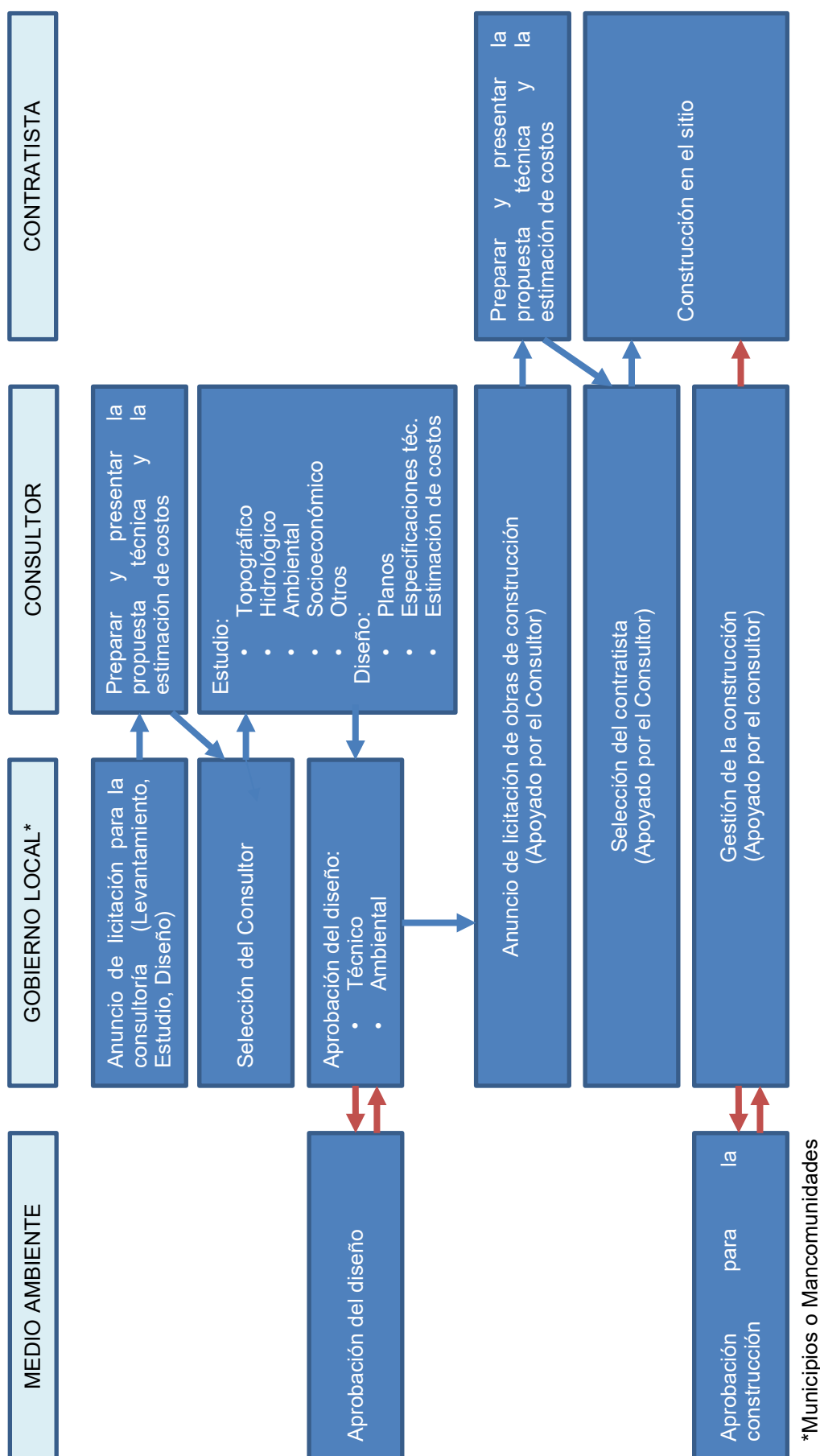
2.7 Orden de construcción

El Municipio/DM o Mancomunidad como entidad del proyecto, es responsable de seleccionar a los contratistas y de gestionar los resultados de la planificación, el diseño y la construcción. El Ministerio de Medio Ambiente, en su papel de guía para los Municipios/DM o Mancomunidades, confirma y aprueba los resultados del diseño y la construcción a través de aplicaciones relacionadas con el plan de desarrollo de las instalaciones.

Los Municipios/DM o Mancomunidades llevarán a cabo la planificación y el diseño, la selección de contratistas y la supervisión de la construcción. Los Municipios/DM o Mancomunidades pueden contratar a un consultor para que les ayude en estas actividades, según sea necesario.

Los trabajos de construcción los lleva a cabo el contratista seleccionado en base al contrato con el Municipio/DM o Mancomunidad

La Figura 44 muestra el flujo del procedimiento de orden de construcción.



*Municipios o Mancomunidades

Fuente: JET

Figura 45 Flujo del procedimiento de orden de construcción

2.8 Instalación y construcción

2.8.1 Consideraciones durante la construcción

La Tabla 17 muestra las consideraciones y las medidas que hay que tomar para la construcción de un sitio de disposición final.

Tabla 17 Ejemplos de medidas ambientales durante la construcción

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable
Físico-químico	1. Aire	Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 1 (Operación de Equipos de construcción)	Uso de maquinaria anti-emisiones	Cuando sea necesario	Contratista	Promotor
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario		
			Regado (contramedidas para el polvo)	3 veces/día		
			Regado de las áreas de construcción	3 veces/día		
			Implementación de ecologización anticipada	Cuando sea necesario		
			Limpieza de carreteras	2 veces/día		
			Uso de maquinarias anti-emisiones	Cuando sea necesario		
		Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 2 (Conduciendo vehículos de construcción)	Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario		
			Regado (contramedidas para el polvo)	3 veces/día		
			Limpieza de neumáticos de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo)	Entrada y salida		
			Recubrir con láminas la plataforma de carga de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo)	Cuando sea necesario		
			Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario		
			Límites de velocidad	Cuando sea necesario		
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario		
			Cumplimiento con las normativas de tráfico	Cuando sea necesario		
	2. Agua	Subprograma de medidas para la	Cancelación de construcción durante lluvias.	Cuando sea necesario		

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable
Medio Terrestre		protección de aguas terrestres	Implementación de ecologización anticipada	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor
			Implementación continua del monitoreo de la calidad del agua.	1 vez/mes		
	3. Residuos	Subprograma de medidas para residuos	Reutilización del material restante para cobertura, etc.	Cuando sea necesario		
			Garantizar métodos de eliminación y destinos de tratamiento adecuados para los residuos de la construcción.	Cuando sea necesario		
	4. Suelo	Subprograma de medidas para el suelo	Inspección de fugas de aceite y combustible en las maquinarias de construcción, etc.	1 vez/día		
			Implementación de medidas para prevenir la propagación de aguas residuales de la construcción y tratamiento de las aguas residuales recolectadas.	Cuando sea necesario		
	5. Ruidos y vibraciones	Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones 1 (equipamiento de construcción)	Uso de máquinas silenciosas (bajas vibraciones)	Cuando sea necesario		
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario		
			Tiempos limitados para la construcción	Cuando sea necesario		
			Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario		
	6. Hundimiento del terreno	Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones 2 (vehículo de construcción)	Límites de velocidad	Cuando sea necesario		
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario		
			Monitoreo regular de los niveles de aguas subterráneas (cuando estas se bombean)	1 vez/día		
Medio Acuático	1. Áreas	Subprograma de	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte	Cuando sea	Promotor	Promotor

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable
Socio-económico	protegidas 2.Ecosistemas y biota 3.Geomorfología y geología	medidas para la Biota	con las organizaciones pertinentes. Desarrollo de un área verde in situ	necesario Cuando sea necesario Cuando sea necesario		
		Subprograma de medidas para la Topografía y Geología	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.			
		Subprograma de medidas para la Reubicación	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor
	2.Medios de vida 1.Reasentamiento	Subprograma de medidas para el tráfico local	Distribución de los tiempos de entrega Límites de velocidad Rutas limitadas	Cuando sea necesario Cuando sea necesario Cuando sea necesario	Contratista	Promotor
		Subprograma de medidas para Patrimonios culturales	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor
		Subprograma de medidas para el Entorno Laboral	Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP Proporcionar instalaciones sanitarias y botiquín de primeros auxilios en la construcción Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores de la construcción	Cuando sea necesario Cuando sea necesario 1 vez/ 6 meses	Promotor	Promotor
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Subprograma de medidas para la Salud, protección y seguridad de la sociedad local	Charlas de educación sobre seguridad y salud para los trabajadores de la construcción	1 vez/ 6 meses	Realizado en el "Subprograma de Entorno Laboral"	

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable
Otros	1. Accidentes	Subprograma de medidas para Accidentes	Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores de la construcción	1 vez/ 6 meses	Realizado en el "Subprograma de Entorno Laboral"	
			Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP	Cuando sea necesario		
			Siempre proporcionar botiquín de primeros auxilios	Siempre		
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	Subprograma de medidas para el Cambio Climático	Restringir el ingreso a las áreas de corte y relleno	Acercamiento de tifón	Contratista	Promotor
			Instalación de cubiertas impermeables para maquinaria de construcción			
			Reparación de maquinaria pesada			
			Inspección y reparación de las instalaciones de recolección y drenaje de agua			

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA



**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para la Gestión
de Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana
Fase 2**

**Borrador
MANUAL
CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES**

Abril de 2022

NIPPON KOEI

TAMANO

Tabla de Contenido

Introducción.....	1
1 Leyes y normativas relacionadas a las Consideraciones Ambientales y Sociales.....	2
1.1 Base Legal de la Gestión de Residuos.....	2
1.2 Otras leyes y normativas relevantes.....	2
1.3 Leyes relevantes a la selección del sitio.....	4
1.4 Confirmación del marco legal en cuanto a los requerimientos del terreno.....	9
1.5 Adquisición del terreno	9
2 Consideraciones Ambientales y Sociales para SDF Nuevos.....	10
2.1 Evaluación Ambiental	10
2.1.1 El procedimiento de Evaluación Ambiental	11
2.2 Contenido del EsIA/DIA.....	14
2.2.1 Planes alternativos.....	15
2.2.2 Determinación de alcance	15
2.2.3 Evaluación y previsión de impactos ambientales	30
2.2.4 Medidas de mitigación	32
2.2.5 Plan de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA)	38
2.2.6 Plan de Monitoreo.....	54
2.3 Confirmación.....	64
3 Consideraciones Ambientales y Sociales para la rehabilitación de SDF Existentes....	69
3.1 Elementos de evaluación ambiental.....	69
4 Consideraciones ambientales y sociales para el cierre de sitios de disposición final existentes.....	72
4.1 Elementos de evaluación ambiental.....	72
5 Creación de consenso	75
5.1 Partes interesadas	75
5.2 Divulgación de información	76
5.3 Compensación	77
5.4 Consideraciones Ambientales y Sociales en la fase de planificación	77
5.4.1 Alternativas	79
6 Apéndice	83
6.1 Resumen de las Normas Ambientales.....	83
6.1.1 Aire	83
6.1.2 Ruido.....	84
6.1.3 Agua.....	86
6.2 Lista de chequeo	87
6.3 TDR para el EsIA/DIA como Referencia	95

Lista de Tablas

Figura 1-1	Uso de suelo	9
Figura 2-1	Procedimiento del EsIA/DIA	13
Figura 2-2	Procedimiento del EsIA/DIA	14
Figura 5-1	Flujo del desarrollo de un proyecto de sitio de disposición final.....	78
Figura 5-2	Establecer alternativas en cada fase	80

Lista de Figuras

Tabla 1-1	Tipos de estatus de terreno.....	4
Tabla 2-1	Categoría de permiso.	11
Tabla 2-2	Elementos de evaluación ambiental recomendados en proyectos de construcción de sitios de disposición	15
Tabla 2-3	Elementos de evaluación y actividades en cada fase del proyecto de sitio de disposición	19
Tabla 2-4	Ejemplo de la tabla de determinación de alcance	21
Tabla 2-5	Elementos y método de estudio	23
Tabla 2-6	Ejemplo de los resultados	30
Tabla 2-7	Tabla de resultados del estudio (ejemplo)	31
Tabla 2-8	Evidencia de evaluación (ejemplo)	32
Tabla 2-9	Ejemplos de medidas de mitigación.....	33
Tabla 2-10	Ejemplo del programa de Antes de la construcción	39
Tabla 2-11	Ejemplo del programa de Construcción	40
Tabla 2-12	Ejemplo del programa de Operación.....	44
Tabla 2-13	Ejemplo del programa de Cierre • terminación	51
Tabla 2-14	Ejemplo del monitoreo (Construcción).....	55
Tabla 2-15	Ejemplo del monitoreo (Operación) (Describir el período de monitoreo)	57
Tabla 2-16	Ejemplo del monitoreo (cierre/terminación).....	61
Tabla 2-17	Elementos de confirmación final.....	64
Tabla 3-1	Elementos de evaluación ambiental recomendados en la rehabilitación.....	70
Tabla 4-1	Elementos de evaluación ambiental recomendados en el cierre.....	73
Tabla 5-1	Información sobre los sitios de disposición final.....	77
Tabla 5-2	Contenido mínimo del plan conceptual de la instalación de disposición final.....	81
Tabla 5-3	Comparación de alternativas en la fase de Planificación (ejemplos)	82
Tabla 6-1	Estándares de calidad del aire	83
Tabla 6-2	Límites máximos de opacidad para el humo emitido por vehículos con motor diésel.....	84
Tabla 6-3	Límites máximos de emisiones para vehículos con motor de ignición	84

Tabla 6-4 Niveles de emisiones de ruidos máximos permisibles en decibeles (dB) (A)	85
Tabla 6-5 Regulaciones para actividades específicas	86
Tabla 6-6 Estándares de calidad del agua	86

Introducción

Muchos proyectos de desarrollo tienen un alto potencial de crear impactos ambientales (contaminación del aire, el agua y el suelo), daños a los patrimonios culturales, así como impactos en las comunidades locales (el reasentamiento involuntario, migración rural, entre otros).

Para el desarrollo sostenible, los implementadores de proyectos deben tomar en cuenta las consideraciones ambientales y sociales, en cada una de las etapas de desarrollo de éstos.

La toma democrática de decisiones es esencial para la implementación de las consideraciones ambientales y sociales. Además, es importante que se respeten los derechos humanos, la participación de las partes interesadas, la transparencia de la información, la responsabilidad y la eficiencia de los procesos.

Las consideraciones ambientales y sociales constituyen una herramienta clave para la creación de consenso, ya que permiten prevenir impactos inaceptables y minimizar el impacto de los proyectos de desarrollo en el medio ambiente y las comunidades, favoreciendo una mayor probabilidad de que se logre el deseado desarrollo sostenible; al mismo tiempo que se promueve un mejor entendimiento entre la población y el desarrollador del proyecto.

1 Leyes y normativas relacionadas a las Consideraciones Ambientales y Sociales

1.1 Base Legal de la Gestión de Residuos

- Ley General 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Ley General 225-20 sobre Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos.
- Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, 2007.
- Reglamento de aplicación (No. 320-21) de la Ley General 225-20 sobre Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos
- Reglamento del Sistema de Permisos y Licencias Ambientales con su Procedimiento para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Nuevos.
- Reglamento y Procedimiento para la Consulta Pública en el Proceso de Evaluación Ambiental (Resolución No. 014-2014)
- Compendio de Reglamentos y Procedimientos para Autorizaciones Ambientales de la República Dominicana, Septiembre 2014
- Norma para la Gestión Ambiental de Residuos Sólidos No Peligrosos 2003
- Normas Ambientales Para la Protección Contra Ruidos NA-RU-001-03 (Sustituye a la RU-CA-010), Junio 2003
- Norma Ambiental que establece el Método de Referencia para la Medición de Ruido desde Fuentes Fijas NA-RU-002-03 (Sustituye a la RU-FF-OI)
- Norma Ambiental de Calidad del Aire NA-AI-001-03, Junio 2003
- Norma Ambiental para el Control de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Fuentes Fijas NA-AI-002-03 (Sustituye a la AR-FF-01)
- Norma Ambiental para el Control de las Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Vehículos NA-AI-003-03
- Norma Ambiental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas. NA-01 Agosto, 2017.
- Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras, septiembre 2012 Resolución no. 022/2012 que aprueba y emite la norma ambiental de calidad de aguas costeras y la norma ambiental sobre control de descargas a aguas superficiales, alcantarillado sanitario y aguas costeras.
- Norma Ambiental Sobre Calidad del Agua y Control de Descargas
- Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y descargas al subsuelo, Septiembre 2012.
- Norma Sobre Aguas Residuales, Abril 2001
- Ley 147-02 Política Nacional de Gestión de Riesgos

1.2 Otras leyes y normativas relevantes

- Ley 218, que prohíbe la introducción al país, por cualquier vía, de excrementos humanos o animales, basuras domiciliarias o municipales y sus derivados, cienos o lodos cloacales, tratados o no, así como desechos tóxicos provenientes de procesos industriales, 1984
- Ley General de Salud No. 42-01, 2001
- Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, 2007
- Reglamento de Etiquetado e Información de Riesgo y Seguridad de Materiales Peligrosos,

2009

- Reglamento para el Transporte de Sustancias y Materiales Peligrosos, 2009
- Norma para la Gestión Ambiental de Desechos Radiactivos, 2003
- Norma para la Gestión Integral de Desechos Infecciosos
- Reglamento para la Gestión de Aceites Usados
- Reglamento técnico ambiental para la gestión de neumáticos fuera de uso, 2015
- Ley No. 57-07, de Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales. Reglamento, 2007
- Reglamento para la Gestión de Sustancias y Desechos Químicos Peligrosos, 2009

1.3 Leyes relevantes a la selección del sitio

Al momento de seleccionar un terreno para la instalación de un sitio de disposición final, primero, es necesario cumplir con los requerimientos de las leyes relevantes. En segundo lugar, se recomienda que el terreno esté en una localidad donde sea fácil generar consenso con los residentes locales. Tanto el marco legal relevante como los procedimientos para la selección del sitio se muestran en las siguientes secciones.

Los requerimientos legales para la selección de un sitio de disposición final se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1-1 Tipos de estatus de terreno

Estatus legal del terreno	Condicionantes legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF
<u>Propietario del terreno</u> Propiedad privada, Propiedad pública	Constitución Artículo 51. Derecho de propiedad. 1) Ninguna persona puede ser privada de su propiedad, sino por causa justificada de utilidad pública o de interés social, previo pago de su justo valor, determinado por acuerdo entre las partes o sentencia de tribunal competente, de conformidad con lo establecido en la ley. Ley 108 05. De registro inmobiliario, del 23 de marzo de 2005 g. o. no. 10316 del 2 de abril de 2005 modificada por la Ley no. 51-2007". La presente ley regula el registro de todos los derechos reales inmobiliarios correspondientes al territorio de la República Dominicana.	- El terreno privado puede ser usado para la construcción de un SDF si este es comprado o alquilado por la Municipalidad. Sin embargo, si se usa un terreno alquilado, es requerido el acuerdo del propietario para la construcción del SDF - El terreno público puede ser usado para la construcción de un SDF solamente si el propietario está de acuerdo.
<u>Áreas protegidas</u> 1) Áreas de protección natural: Reservas forestales, parques nacionales, áreas naturales protegidas, monumentos naturales, áreas de elevada biodiversidad, áreas de condiciones ecológicas especiales 2) Áreas de protección de instalaciones culturales: Sitios o patrimonio históricos, religiosos o	Ley 64 00 Artículo 1 Ley General sobre Medio Ambiente tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales asegurando su uso sostenible. Artículo 41. Los proyectos o actividades que requieren la presentación de una evaluación de impacto ambiental son los siguientes: 9) Proyectos mineros, incluyendo...construcción y operación de pozos, presas de cola, plantas procesadoras, refinerías y disposición de residuos. 15) Sistemas de saneamiento ambiental, como lo son de alcantarillado y de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras y de residuos tóxicos de origen industrial, domiciliario y municipal, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de efluentes sólidos, líquidos o gaseosos. 18) Obras de ingeniería de cualquier índole que se proyecten realizar en bosques de protección o de producción de agua y otros ecosistemas frágiles, en bosques nublados o lluviosos, en cuencas altas, en humedales o en espacios costeros.	1) Áreas de protección natural: - No se permite la construcción de un SDF. 2) Áreas de protección de instalaciones culturales: - No se permite la construcción de un SDF. 3) Áreas de protección hidrogeológica: - Los SDF deben estar situados al menos a 60 metros de distancia de la falla activa. - Los SDF deben ser construidos fuera de las áreas de protección hidrogeológica.

Estatus legal del terreno	Condicionantes legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF
culturales 3) Áreas de protección hidrogeológica: Fallas geológicas activas, áreas de taludes inestables, áreas de asentamientos diferenciales, terrenos donde subyacen acuíferos de gran y alta importancia, tierras aptas para la agricultura	NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03) 6.1.9. Las instalaciones para la disposición final no se deben ubicar en áreas naturales protegidas, parques nacionales, monumentos naturales y áreas de elevada biodiversidad o condiciones ecológicas especiales. De la misma manera, sitios o patrimonios históricos, religiosos o culturales. 6.3.2. Toda instalación de vertedero controlado o relleno sanitario debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla geológica activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años. 6.3.3. Todo vertedero controlado o relleno sanitario se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos o dinámicos. 6.3.4. Se deben evitar zonas donde existan o puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, las cuales incrementan el riesgo de contaminación acuifera. 6.3.5. Todo vertedero controlado o relleno sanitario deberá estar situado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de los lixiviados. La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas de superficie se realizará mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento inferior durante la fase activa o de explotación y mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento superior durante la fase pasiva o posterior a la clausura. 6.3.6. Cuando por las condiciones geológicas e hidrológicas o subyacentes se deba garantizar y prevenir un riesgo potencial de contaminación del suelo y las aguas subterráneas, se utilizará una capa inicial de revestimiento o compuesto o material geo sintético de una conductividad hidráulica adecuada y un sistema de recolección de lixiviados diseñado para que los mismos corran sobre el revestimiento. Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (RSM). 5. Lineamientos generales de la política de gestión de residuos sólidos municipales, 5.4 Líneas de acción, c) Definir normas técnicas y operativas	

Estatus legal del terreno	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF
	para la gestión de los RSM, Establecer la normativa relativa a la disposición final teniendo en cuenta los siguientes aspectos: - Localización, la cual se reflejará en los planes de ordenamiento territorial y tendrá en cuenta, por lo menos, no ubicar en tierras aptas para la agricultura (clase I-IV) y terrenos donde subyacen acuíferos de gran y alta importancia hidrogeológica, según Mapa Hidrogeológico de la República Dominicana.	
Áreas cercanas a límites costeros, ríos, lagos, lagunas, humedales, manglares y fuentes de agua donde las aguas subterráneas o superficiales pueden ser contaminadas por escorrentías o filtraciones.	Ley 64 00 Artículo 82. Se prohíbe el vertimiento de sustancias o desechos contaminantes en suelos, ríos, lagos, lagunas, arroyos, embalses, el mar y cualquier otro cuerpo o curso de agua. Artículo 86. Se prohíbe ubicar todo tipo de instalaciones en las zonas de influencia de fuentes de abasto de agua a la población y a las industrias, cuyos residuales, aun tratados, presenten riesgos potenciales de contaminación Artículo 107. Párrafo I. Bajo ninguna circunstancia se permitirá la operatividad de vertederos municipales en cercanía de lechos, fuentes, cuerpos de aguas, ni en aquellos lugares donde la escorrentía y la infiltración pueda contaminarla. Párrafo II. Será indispensable para poder establecer y poner en funcionamiento un vertedero municipal, realizar el estudio de evaluación ambiental pertinente, conforme lo establecido en el artículo 38 y siguientes de la presente ley. Artículo 110. Los asentamientos humanos no podrán autorizarse: 1) En lechos, cauces de ríos o zonas de deyección, zona expuesta a variaciones marinas, terrenos inundables, pantanosos o de relleno, cerca de zonas industriales, bases militares, basureros, vertederos municipales, depósitos o instalaciones de sustancias peligrosas Artículo 133. Se prohíbe el vertimiento de escombros o basuras en las zonas cársticas, cauces de ríos y arroyos, cuevas, sumideros, depresiones de terreno y drenes.	- Un SDF puede ser construido si se lleva a cabo un estudio de evaluación ambiental y se llega a la conclusión de que no habrán efectos adversos - La construcción de un SDF es posible si se llevan a cabo obras complementarias para prevenir la contaminación de aguas subterráneas o superficiales. - Si la distancia entre el cuerpo de agua superficial y el SDF es de más de 1,000 metros, el SDF puede ser construido. - Si la distancia entre el pozo de extracción de agua de consumo (sean de uso doméstico, industrial, riego o ganadero) y el SDF es de más de 100 metros, el SDF puede ser construido.
	NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03) 5.5.11. Está prohibido el depósito de residuos sólidos o de materiales	

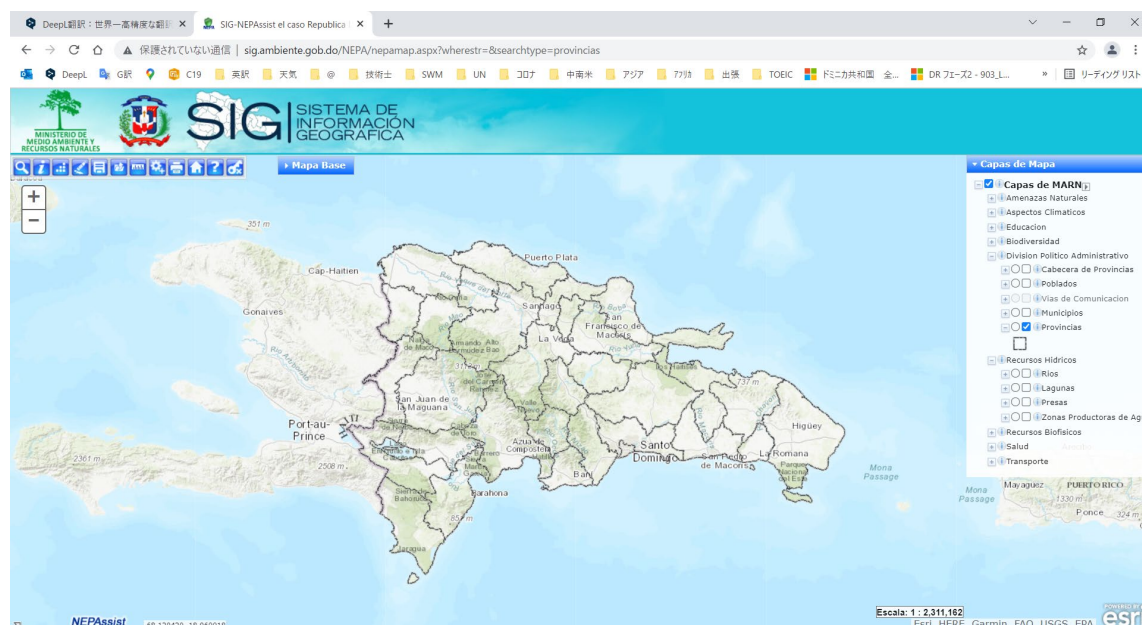
Estatus legal del terreno	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF
	provenientes de la construcción en los límites costeros, manglares, ríos, lagos, áreas protegidas y humedales. 6.1.7. Para la instalación de cualquier sistema de disposición final de residuos sólidos será indispensable realizar un Estudio de Evaluación Ambiental conforme a lo establecido en la Ley General 64 00, de Medio Ambiente y Recursos Naturales, artículos 38 y siguientes. 6.1.8. La disposición final de residuos sólidos mediante relleno sanitario, no se realizará en aquellos terrenos donde los estudios hidrogeológicos y topográficos determinen la existencia de riesgo de contaminación para las aguas subterráneas o superficiales, a menos que se ejecuten las obras complementarias que eviten esta situación. 6.2.1. El vertedero o relleno sanitario deberá estar localizado fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior se debe demostrar que no existe la obstrucción del flujo en el Área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provocan arrastre de los residuos sólidos. 6.2.2. El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se ubicará en zonas de pantanos, marismas, arroyos, cauces de ríos y similares. 6.2.3. La distancia de ubicación del sitio, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1,000 m (mil metros), como mínimo. De la misma manera, debe contar con una zona de amortiguamiento que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos diez años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona. 6.3.1. Una distancia mínima de 100 metros debe mediar entre el lugar de instalación de rellenos y los pozos para extracción de agua de consumo (sean estos de uso doméstico, industrial, riego o ganadero). Esta distancia debe ser medida entre la proyección horizontal y la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Lo expuesto anteriormente es válido ya sea que los pozos se encuentren en estado de uso o de abandono.	
<u>Plan de uso de tierra</u> Aeropuertos, asentamientos	Ley 225 20 Artículo 130. Características básicas para la selección del sitio, construcción, operación y clausura del relleno sanitario de residuos sólidos urbanos	1) Distancia de los rellenos sanitarios - De 1.5 a 3 km del aeropuerto - A más de 1.5 km con respecto a áreas residenciales con una población de menos de 2,000 habitantes

Estatus legal del terreno	Condiciones legales para la construcción de sitios de disposición final	Posibilidad de construir un SDF
humanos y áreas industriales	Párrafo. - La distancia mínima de los rellenos sanitarios, con respecto a los centros de población igual o mayores a dos mil habitantes, de acuerdo al último censo de población, así como de las industrias, deberá ser no menor a un kilómetro. Artículo 134. Confinamiento de los residuos peligrosos. Los residuos peligrosos que no puedan ser tratados o valorizados se dispondrán en celdas de seguridad. Párrafo I. Las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos deberán contar con las características necesarias para prevenir y evitar la contaminación y riesgo que estos puedan causar al medio ambiente y a la salud humana. Párrafo II.- La distancia mínima de las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos, con respecto de los centros de población iguales o mayores a mil habitantes, de acuerdo al último censo de población, deberá ser no menor a cinco kilómetros. Así mismo a industrias. NORMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS (NA-RS-001-03) 6.1.11. Las distancias mínimas para instalar rellenos sanitarios de aeropuertos y asentamientos humanos son las siguientes: a) De 3,000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina. b) De 1,500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón. c) Deberán estar alejados a una distancia mínima de 1,500 metros, a partir del límite de los asentamientos humanos por servir. En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población. d) Para todo tipo de facilidades de disposición final se considerarán distancias que impidan accidentes o impactos negativos a obras públicas o privadas. Se incluyen autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios, oleoductos, gaseoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.	- A 1 km o más con respecto a los centros de población de 2,000 habitantes o más - A 1 km o más de las áreas industriales 2) Distancia de las instalaciones que contienen residuos peligrosos - A 5 km o más con respecto de los centros de población de 1,000 habitantes o más - A 5 km o más de un Distrito Industrial

Fuente: Equipo de Expertos de la JICA

1.4 Confirmación del marco legal en cuanto a los requerimientos del terreno

La información relativa a los terrenos, debe ser confirmada en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El siguiente link es del sitio web que tienen disponible para el público en general y contiene información sobre los terrenos en todo el país. Cualquier información no incluida aquí debe ser confirmada directamente con MA:



Fuente: <http://sig.ambiente.gob.do/NEPA/login.aspx>

Figura 1-1 Uso de suelo

1.5 Adquisición del terreno

En la República Dominicana, el Artículo 36 de la Ley 64-00 establece que el Gobierno puede adquirir terrenos para uso público, incluso si son de propiedad privada, con el fin de dar prioridad al beneficio público. En tal caso, se debe comprar el terreno o proporcionar un terreno alternativo, acordando ambas partes el precio y las condiciones.

2 Consideraciones Ambientales y Sociales para SDF Nuevos

El proyecto para un sitio de disposición final nuevo está definido como objeto de evaluación ambiental en la Ley 64-00. Por lo tanto, la consideración ambiental y social detallada debe llevarse a cabo a través de la evaluación ambiental.

Dado que el proyecto para el desarrollo de un nuevo SDF cae dentro de la categoría de un proyecto que debe elaborar un Estudio Ambiental bajo la Ley 64-00 y se requiere realizar un Estudio de Impacto Ambiental, se deben implementar consideraciones ambientales y sociales más específicas en el mismo.

2.1 Evaluación Ambiental

El procedimiento para determinar la categoría del tipo de estudio a ser elaborado se especifica en el “Compendio de Reglamentos y Procedimientos Para Autorizaciones Ambientales De La República Dominicana 2014”.

Los proyectos se clasifican en cuatro categorías según la escala del potencial de impacto sobre el medio ambiente. Los proyectos clasificados como Categoría A y Categoría B están obligados a realizar una Evaluación Ambiental. Los estudios de impacto ambiental se clasifican en Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) (Categoría A) y Declaración de Impacto Ambiental (DIA) (Categoría B). Los tipos de permisos requeridos también son diferentes para cada categoría (Tabla 2.1).

*1 : Nivel EIA (Evaluación de Impacto Ambiental): En este nivel, la comparación de alternativas, la previsión y la evaluación de los impactos ambientales, las medidas de mitigación y los planes de monitoreo se llevan a cabo basándose en estudios de campo detallados, etc. Las consultas públicas (reuniones de partes interesadas) se realizarán al menos dos veces.

*2 : Nivel DIA (Declaración de Impacto Ambiental): En este nivel, la previsión y la evaluación de los impactos ambientales, las medidas de mitigación y los planes de monitoreo se llevan a cabo basándose en información de fácil acceso, como datos existentes y estudios de campo simples, según sea necesario. Las consultas públicas (reuniones de partes interesadas) se realizarán al menos una vez.

En cuanto a los proyectos para sitios de disposición de residuos, destinados para una población mayor a 100,000 habitantes se clasifican como proyectos categoría (A) y se requiere la elaboración de un EsIA. En el caso de que la población sea menor a 100,000 habitantes el proyecto se clasifica como Categoría (B) y requiere la elaboración de una DIA.

Tabla 2-1 Categoría de permiso.

No.	Categoría	Impacto en el medio ambiente	Tipo de permiso
01	Categoría A	Existe la posibilidad de un impacto ambiental significativo y la obligación de realizar un EsIA.	Licencia Ambiental
02	Categoría B	Existe un potencial de impacto ambiental moderado y una obligación de realizar una DIA.	Permiso Ambiental
03	Categoría C	El potencial de impacto ambiental es bien conocido o menor. Se requiere el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.	Constancia Ambiental
04	Categoría D	El potencial de impacto ambiental es mínimo. Se requiere el cumplimiento de la normativa medioambiental aplicable.	Certificado de Impacto Mínimo

Fuente: Compendio de Reglamentos y Procedimientos Para Autorizaciones Ambientales De La República Dominicana

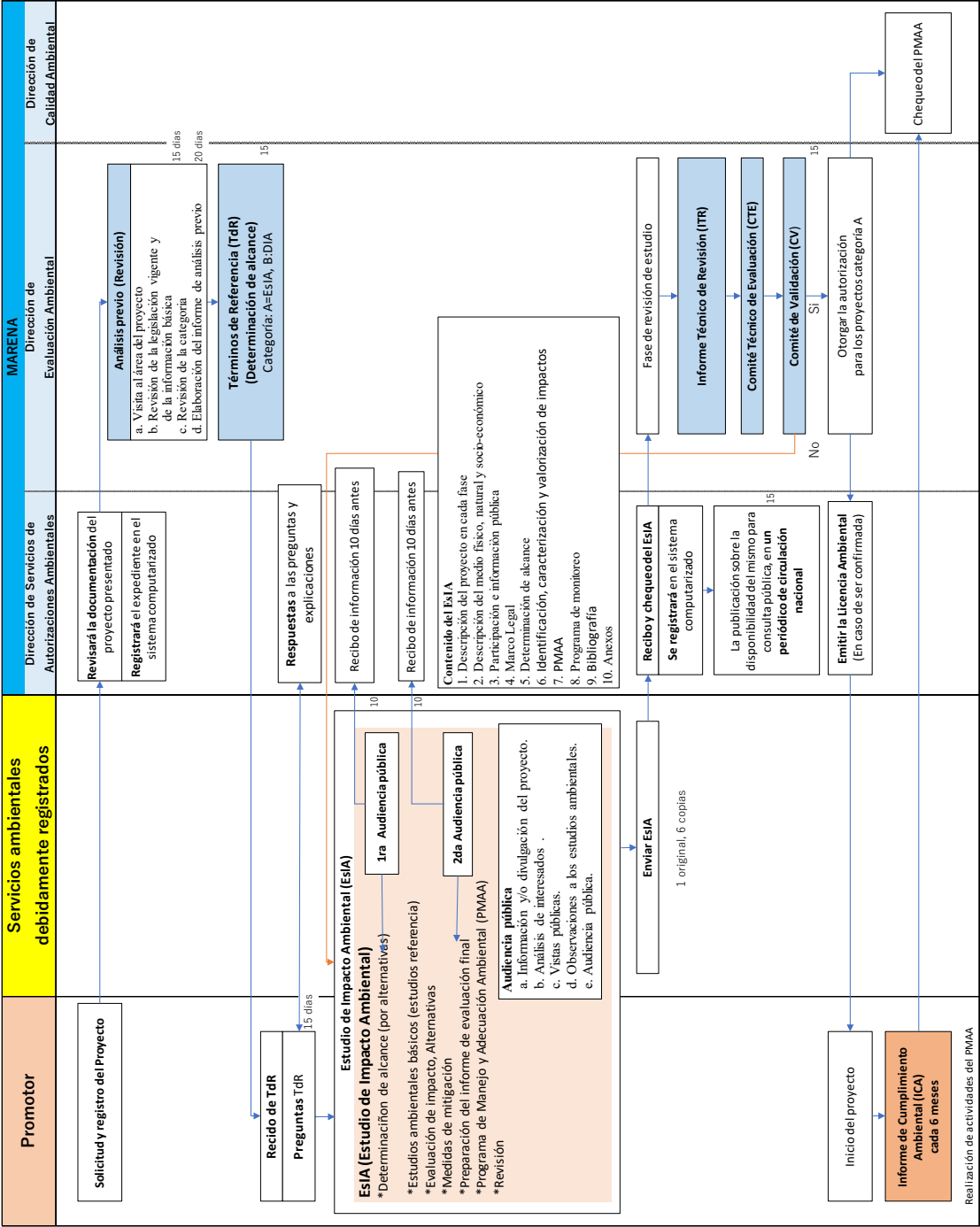
2.1.1 El procedimiento de Evaluación Ambiental

Los TDR para elaborar el EsIA/DIA son emitidos por la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental, según el procedimiento que se muestra en la Fuente: "Compendio de Reglamentos y Procedimientos Para Autorizaciones Ambientales de la República Dominicana" (Figura 2-1).

- 1) El documento de aplicación del Promotor es sometido a la Dirección de Servicios y Autorizaciones Ambientales. Las siguientes condiciones son obligatorias:
 - El sitio del proyecto debe haber sido adquirido legalmente (compra, arrendamiento o concesión).
 - Los planos presentados deben ser de nivel de diseño básico.
- 2) El proyecto presentado es revisado por la Dirección de Servicios y Autorizaciones Ambientales y luego se registra en el sistema.
- 3) El análisis previo debe ser llevado a cabo en un plazo de 20 días hábiles por la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental. La visita al área del proyecto debe ser llevada a cabo en un plazo de 15 días hábiles.
- 4) Si el proyecto presentado se enmarca en la Categoría A o B, la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental deberá preparar los TDR para los proyectos de Categoría A, el Promotor deberá preparar un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA). Por otro lado, para los proyectos Categoría B, se deberá elaborar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).
- 5) El Promotor podrá consultar los TDR dentro de los 15 días hábiles siguientes a su emisión. La fecha de vencimiento de los TDR es un año después de su emisión. Si el estudio no se presenta dentro del plazo, no será aceptado. No obstante, se podrá solicitar una ampliación o prórroga de la fecha de vencimiento enviando una solicitud a la Dirección de Servicios y Autorizaciones Ambientales dentro de los 20 días hábiles anteriores a la fecha límite. Dicha prórroga será por el mismo período de tiempo que se indica en los TDR y no excederá

de un año. Al finalizar el plazo de prórroga, el promotor del proyecto deberá reiniciar el proceso de evaluación ambiental.

- 6) El Promotor debe realizar el estudio ambiental de acuerdo con los TDR. Se estipula que este estudio será realizado por un experto (consultor) registrado y autorizado por MA.
- 7) Las consultas públicas (reuniones de partes interesadas) deberán realizarse al menos dos veces para e y al menos una vez para la DIA. Las personas objetivo de la consulta pública son los funcionarios del gobierno local, los residentes del vecindario, junta de vecinos, las iglesias, las ONG, etc. Se debe prestar especial atención a los grupos vulnerables (mujeres, niños, ancianos, grupos de pobreza, etc.). Las reuniones podrían hacerse a través de reuniones grupales o entrevistas individuales.
- 8) Una vez el estudio ambiental haya sido finalizado, el Promotor deberá remitir a la Dirección de Servicios y Autorizaciones Ambientales para su revisión. Un original y una copia (incluyendo los adjuntos) y seis copias en datos electrónicos deberán ser entregados.
- 9) Una vez presentado el estudio ambiental a la Dirección de Servicios Ambientales y Autorizaciones, se procederá a su registro en el sistema electrónico.
- 10) El estudio ambiental se envía desde la Dirección de Servicios Ambientales y Autorizaciones a la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental. La revisión del estudio será realizada por el equipo técnico y se emitirá un Informe Técnico de Revisión (ITR).
- 11) Dentro de los 15 días hábiles siguientes a la presentación del estudio ambiental, se deberá anunciar que el informe se ha hecho público en un diario de circulación nacional.
- 12) El proyecto podrá ser aprobado luego de la revisión por el Comité Técnico de Evaluación (CTE) y el Comité de Validación (CV). En caso de rechazo, el promotor podrá solicitar una reconsideración a la desestimación.
- 13) Si se aprueba el proyecto, el Plan de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA) se llevará a cabo basándose en los TDR suministrado por el ministerio y lo presentados en el estudio ambiental.
- 14) El Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA) elaborado por el Promotor es presentado a la Dirección de Calidad Ambiental cada seis (6) meses (puede variar dependiendo del proyecto) luego de otorgada la autorización Ambiental y de Manejo. El progreso del PMAA será revisado por la Dirección de Calidad Ambiental.



Fuente: Compendio de Reglamentos y Procedimientos Para Autorizaciones Ambientales De La República Dominicana

Figura 2-1 Procedimiento del EsIA/DIA

2.2 Contenido del EsIA/DIA

Los TDR para EsIA/DIA son elaborados por la Dirección de Evaluación Ambiental de acuerdo al tipo de proyecto presentado.

Basándose en los TDR. La Evaluación de Impacto Ambiental es llevada a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Planes alternativos	Comparar múltiples planes de proyectos alternativos. Los factores de comparación son la tecnología, la escala y el diseño del sitio.
Determinación de alcance	Determinación del alcance de los elementos de evaluación que son vitales para las consideraciones ambientales y sociales Determinación del contenido de la encuesta y métodos para los elementos seleccionados por la determinación de alcance
Resultados de la encuesta/levantamiento	Resultados de la encuesta/levantamiento de consideraciones ambientales y sociales en base a la determinación de alcance (incluyendo resultados de simulación, etc)
Evaluación de impactos	Evaluación del impacto ambiental del proyecto basándose en los resultados de la encuesta/levantamiento
Mitigación	Medidas de mitigación o acciones a futuro para todos los elementos identificados como impactos significativos en la evaluación de impacto. Eliminación>Minimización > Compensación
Plan de Monitoreo	Monitoreo para verificar la efectividad de las medidas de mitigación.

Fuente: Equipo de Expertos de la JICA

Figura 2-2 Procedimiento del EsIA/DIA

2.2.1 Planes alternativos

En este paso se deben comparar al menos tres planes de proyecto alternativos. Los factores de comparación son la tecnología, la escala y el diseño del sitio.

Una vez descrito el motivo por el que se ha seleccionado un plan, el siguiente proceso de determinación de alcance podría llevarse a cabo basándose en ese plan.

2.2.2 Determinación de alcance

La determinación de alcance es el proceso en el que se determina el alcance de los “elementos de evaluación” y “métodos de encuesta/levantamiento” para cada actividad de consideración ambiental y social. Los elementos a ser evaluados son los siguientes:

1) Elementos de evaluación

Existen 4 elementos principales en la evaluación de impacto: medio físico-químico, biológico, socio-económico, y otros que se muestran en la Tabla 2-2. Cada elemento principal tiene subelementos de evaluación. En un proyecto de construcción de un sitio de disposición final, es ideal evaluar al menos los elementos que se muestran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Elementos de evaluación ambiental recomendados en proyectos de construcción de sitios de disposición

Medio afectado	Factor de evaluación	Contenido
Físico-Químico	1.Aire	- Impactos de los contaminantes del aire
	2.Agua	- Impactos de los contaminantes del agua
	3.Residuos	- Impactos de residuos
	4.Suelo	- Impactos de la contaminación de suelo
	5.Ruidos y vibraciones	- Impactos de ruidos y vibraciones
	6.Hundimiento del terreno	- Impacto del hundimiento del terreno debido a una gran cantidad de bombeo de agua subterráneas
	7.Olores	- Impactos de olores del proyecto
Biótico	1.Áreas protegidas	- Localización de sitios y áreas protegidas - Impactos del proyecto en las áreas protegidas
	2.Ecosistemas y biota	- Impactos en los hábitats y bosques ecológicamente importantes (incluyendo arrecifes de coral, humedales de manglares, planicies de marea) - Impactos en los hábitats naturales (incluyendo bosques naturales) - Presencia o ausencia de tala ilegal en los bosques - Impactos en hábitats de especies valiosas o en peligro de extinción que necesitan ser protegidas bajo las leyes del país o convenciones internacionales. - Impactos en los organismos acuáticos

Medio afectado	Factor de evaluación	Contenido
		- Impactos en la vegetación y fauna - Otros impactos significativos en los ecosistemas
	3.Geomorfología y geología	- Modificación a gran escala de la topografía y la estructura geológica alrededor del sitio del proyecto.
	4.Gestión del sitio	- Impactos ambientales que se generan luego de que el SDF es cerrado (control de gases y lixiviados, vertido ilegal, ecologización, etc.)
Socio-económico	1.Reasentamiento	- Reasentamiento involuntario de personas afectadas y pérdida de sus medios de vida - Impactos en grupos vulnerables, entre las personas afectadas (mujeres, niños, ancianos, pobres como los recicladores, etc.) .
	2.Medios de vida	- Impacto en las vidas de los residentes - Impacto en los sistemas de reciclaje existentes, incluyendo recicladores, etc. - Impacto en el tráfico local debido a la transportación de residuos - Impactos en la pesca y el uso del agua de los residentes locales (agua potable) debido a las aguas residuales y los lixiviados generados por el SDF. - Impactos en grupos vulnerables (mujeres, niños, ancianos, pobres, etc.)
	3.Patrimonio cultural	- Impactos en patrimonios culturales
	4.Paisaje	- Impactos en paisajes que requieren de consideraciones especiales
	5. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	- Impactos en el entorno laboral y seguridad ocupacional de los trabajadores
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad	- Impactos en la salud y la seguridad, como brotes (incluido el VIH y otras enfermedades infecciosas) y el deterioro de la seguridad pública debido a la gran afluencia de trabajadores del proyecto. - Impactos en las comunidades locales debido al brote de plagas - Impacto en la seguridad del personal del proyecto y los residentes locales por parte del trabajador de seguridad del proyecto.
Otros	1.Accidentes	- Impactos de accidentes

Medio afectado	Factor de evaluación	Contenido
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	- Impactos en problemas ambientales transfronterizos o globales (por ejemplo, eliminación transfronteriza de desechos, lluvia ácida, agotamiento de la capa de ozono, posibles factores relacionados con el cambio climático).

Fuente:

- Lista de chequeo ambiental (residuos), JICA 2010. (en japonés)
- Lista de chequeo ambiental (gestión y disposición de residuos), JBIC 2015. (en japonés)

2) Actividades en cada fase del proyecto

Las actividades a ser evaluadas se incluyen en cada fase del proyecto, por ejemplo, antes de la construcción, construcción, operación y cierre/terminación. En un proyecto de construcción de sitio de disposición se esperan las siguientes actividades, por lo tanto, es ideal que se evalúe el impacto de cada una de estas.

- Antes de la construcción
 - Reubicación de los residentes que serían impactados por el proyecto (de ser necesario)
- Construcción
 - Operación de los vehículos de construcción
 - Operación de los vehículos utilizados para transportar materiales, maquinaria y subproductos de la construcción
 - Construcción
- Operación
 - Existencia del SDF
 - Operación de los vehículos de vertido y de recubrimiento de suelo
 - Operación de la instalación de tratamiento de lixiviados
 - Operación de los vehículos utilizados para transportar residuos y material de cobertura
 - Existencia y descomposición de residuos
 - Descarga de agua de tratamiento de lixiviados
- Cierre • Terminación
 - Obras de cierre
 - Existencia y descomposición de residuos.
 - Operación de la instalación de tratamiento de lixiviados
 - Descarga de agua de tratamiento de lixiviados
 - Captación y tratamiento del biogás

3) Elementos de evaluación y actividades en cada fase

La relación entre los elementos de evaluación y las actividades en cada fase del proyecto se muestra en la Tabla 2-3. Los elementos marcados con “o” son ideales para ser evaluados como mínimo a través de la determinación del alcance. Además, se requiere una consideración

especial para los artículos marcados con “©”. Los puntos que deben ser especialmente evaluados se indican entre paréntesis. Para las “Obras de cierre” de Cierre • terminación están deberán ser evaluadas dependiendo de la escala de la obra.

Para más detalles sobre las consideraciones ambientales y sociales luego del cierre del sitio de disposición, refiérase a “Consideraciones ambientales y sociales para el cierre de SDF Existentes” en el Capítulo 4.

Tabla 2-3 Elementos de evaluación y actividades en cada fase del proyecto de sitio de disposición

Medio	Subelementos	Actividades para cada fase del proyecto/ evaluación de impacto por magnitud													
		Planificación/ Construcción				Operación				Cierre • Terminación					
		Reubicación de residentes	Operación de los vehículos de construcción	Operación de los vehículos utilizados para transportar materiales, maquinaria y subproductos de la construcción	Obras de construcción	Existencia del SDF	Operación de los vehículos de vertido y de recubrimiento de suelo	Operación de la instalación de tratamiento de lixivitados	Operación de los vehículos utilizados para transportar residuos y material de cobertura	Existencia y descomposición de residuos	Descarga de agua de tratamiento de lixivitados	Obras de cierre	Existencia y descomposición de residuos	Operación de la instalación de tratamiento de lixivitados	Descarga de agua de tratamiento de lixivitados
Físico-químico	1.Aire		○	○	◎ (Humo y polvo causado por el vertido)	◎ (Para Obras de cierre)									
	2.Agua		○	○	◎ (Lixiviados)	○									
	3.Residuos		○	○	○										
	4.Suelo		○	○	○										
	5.Ruidos y vibraciones		○	○	○										
	6.Hundimiento del terreno		○												
	7.Olores				◎ (Olores de residuos)	◎ (Para Obras de cierre)									

Biótico	1.Áreas protegidas	☐ (Antes de la construcción)		
	2.Ecosistemas y biota	☐	☐	
	3.Geomorfología y geología	☐ (Antes de la construcción)		
	4. Gestión del sitio luego del cierre			⊙ (Gases y lixiviados de residuos)
Socio-económico	1.Reasentamiento	☐ (Antes de la construcción)		
	2.Medios de vida	☐ (Antes de la construcción)	☐	
	3.Patrimonios culturales	☐ (Antes de la construcción)		
	4.Paisaje		☐	☐
	5. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	☐	☐	☐
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad	☐	⊙ (Plagas)	☐
Otros	1.Accidentes	☐	☐	☐
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	☐	⊙ (Gases de vertido de residuos)	☐

○: Elementos que requieren de un nivel de evaluación mínimo.

⊙: Elementos que requieren una consideración especial.

Fuente: Ordenanza Ministerial para determinar los elementos de la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Sitios de Disposición Final de Residuos, Lineamientos para la Selección de Métodos para la Realización Racional de Encuestas, Predicciones y Evaluaciones Pertenecientes a dichos Elementos, Lineamientos para Medidas de Conservación Ambiental, etc., Ministerio de Salud y Bienestar del Japón, 1998. (en japonés) modificado por el Equipo del JET

4) Tabla de determinación de alcance

En este paso, la escala de impacto del proyecto se evalúa a través de valoración. Dado que existen varios métodos de valoración, la valoración debe hacerse con el método apropiado. Sin embargo, se debe indicar el significado de valores y puntajes como lo son A, B, C. La evidencia de la valoración también debe describirse incluso si el valor o puntaje es “no se espera impacto”

- La escala del impacto debe evaluarse sobre la base de la suposición de que no se toman medidas de mitigación. (La escala del impacto no debe ser "menor" o "sin impacto" en base a la suposición de que se toman medidas de mitigación).
- Los impactos a estudiar consisten no sólo en los impactos directos e inmediatos del proyecto. Si es razonable, también se incluyen los impactos derivados y secundarios, los impactos acumulativos y los impactos del proyecto indivisible. También es ideal considerar los impactos durante el ciclo de vida del proyecto.

Por ejemplo, los valores A, B, C y D se muestran en la Tabla 2-4.

- A+/-: Se espera un impacto significativo
- B+/-: Se espera un impacto positivo/negativo hasta cierto punto
- C: Se desconoce el grado del impacto. (Se necesita un examen más detallado, y el impacto podría aclararse a medida que avanza el estudio)
- D: No se espera impacto.

Tabla 2-4 Ejemplo de la tabla de determinación de alcance

Medio	Factor de evaluación	Evaluación		
		Planificación/ Construcción	Operación	Cierre • Terminación
Físico-químico	1.Aire	B-	B-	B±
	2.Agua			
	3.Residuos			
	4.Suelo			
	5.Ruidos y vibraciones			
	6.Hundimiento del terreno			
	7.Olores			
Biótico	1.Áreas protegidas			
	2.Ecosistemas y biota	C	C	D
	3.Geomorfología y geología			
	4.Gestión del sitio			
Socio-económico	1.Reasentamiento	B-	D	D
	2.Medios de vida			
	3.Patrimonios culturales			

Medio	Factor de evaluación	Evaluación		
		Planificación/ Construcción	Operación	Cierre • Terminación
	4.Paisaje			
	5.Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)			
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad			
Otros	1.Accidentes	B-	B-	B-
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático			

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

a. Objetivo de la evaluación (ejemplo-ver tabla 2-4)

- Aire
 - Construcción: Se esperan impactos negativos temporales debido a la operación de maquinaria de construcción y vehículos de transporte.
 - Operación: Dependiendo del grado de aumento en el tráfico de vehículos, se esperan impactos negativos debido a las emisiones de los mismos.
 - Cierre • Terminación: Se esperan impactos negativos temporales debido a la operación de equipo pesado y vehículos de transporte. Por otro lado, se espera que la reducción de incendios a través de un cierre adecuado mitigue la contaminación del aire causada por el humo.
- Ecosistemas y biota
 - Construcción / Operación / Cierre • Terminación: No se espera ningún impacto negativo en particular en el ecosistema y la biota, pero el impacto se evaluaría a través del estudio de campo.
- Reubicación de residentes
 - Antes de la construcción: Se espera que la adquisición del terreno resulte en la reubicación de al menos 10 hogares.
 - Operación: No se espera que una adquisición adicional de terreno y reubicación ocurra luego de la operación.
- Accidentes
 - Construcción: Se esperan accidentes causados por los vehículos de transporte, equipo pesado de construcción, y accidentes por caídas
 - Operación / Cierre • Terminación: Se esperan accidentes causados por vehículos de transporte, equipo pesado para relleno sanitario y fugas o derrames de sustancias químicas durante el tratamiento de lixiviados.

5) Elementos y métodos de estudio

En este paso, los elementos y métodos de estudio se determinan para evaluar los factores ambientales seleccionados en el paso de determinación de alcance. El ejemplo se muestra en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5 Elementos y método de estudio

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
Físico-Químico	1. Aire	• Normas ambientales, etc. • Estado actual de la calidad del aire • Residencias, escuelas, hospitales, etc. cerca del área objetivo • Situación actual del tráfico • Predicción y evaluación del impacto de los gases de escape de equipos pesados de construcción y vehículos de transporte durante la construcción. • Predicción y evaluación del impacto de los gases de escape de equipos pesados y vehículos de transporte del vertedero durante la operación.	• Investigación de los materiales existentes • Confirmación del contenido de construcción, método de construcción, período, puestos, alcance, tipo de maquinaria de construcción, puestos de operación, tiempo de operación, número de vehículos que recorren, período, rutas, etc. • Confirmación del contenido de la operación, cantidad de residuos recibidos, tipo de maquinaria pesada y vehículos, puestos de operación, tiempo de operación, período, rutas, etc. • Cálculos teóricos basados en fórmulas de difusión atmosférica
	2. Agua	• Normas ambientales, etc. • El estado actual de la calidad del agua de los ríos y las aguas subterráneas • Estado del uso doméstico del agua del río circundante • Predicción y evaluación del impacto del agua tratada con lixiviados • Predicción y evaluación del impacto de las aguas residuales domésticas y pluviales de los sitios de disposición final • Predicción y evaluación del impacto de las aguas residuales en aguas superficiales y subterráneas	• Investigación de los materiales existentes • Recopilación de información en organizaciones relacionadas • Inspecciones y audiencias in situ cerca del área del proyecto • Confirmación del contenido de construcción • Confirmación del contenido de la operación al momento del servicio • Cálculos de predicción sobre los ingresos y gastos de los contaminantes del agua
	3. Residuos	• Métodos de disposición y eliminación de residuos de construcción	• Entrevistas con organizaciones relacionadas y estudios de casos similares

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
		Predicción y evaluación del impacto de residuos y materiales peligrosos	Tratamiento y disposición apropiada para cada residuo
	4. Suelo	- Contaminación pasada del suelo - Predicción y evaluación del impacto en el suelo y las aguas subterráneas causado por el petróleo y drenaje durante la construcción y operación.	- Investigación de los materiales existentes - Inspección y audiencia in situ - Confirmación del contenido de construcción, método de construcción, período, tipo de maquinaria y equipo de construcción, puestos de operación y almacenamiento, etc. - Confirmación del contenido de operación
	5. Ruidos y vibraciones	- Normas ambientales, etc. - Distancia a los residenciales, hospitales o escuelas. - Predicción y evaluación de los impactos de ruidos y vibraciones causadas por los equipos pesados y maquinarias durante la construcción - Predicción y evaluación de los impactos de ruidos y vibraciones debido al tráfico y paso de vehículos de recolección y transportación durante la operación - Predicción y evaluación de los impactos de ruidos y vibraciones debido a la operación de equipos pesados e instalaciones en el vertedero durante el período de servicio	- Investigación de los materiales existentes - Inspección y audiencia in situ - Confirmación del contenido de construcción, método de construcción, período, puestos, alcance, tipo de maquinaria de construcción, puestos de operación, tiempo de operación, número de vehículos que recorren, período, vías de acceso, etc. - Cantidad de residuos recibidos durante la operación - Confirmación de especificaciones de cada instalación, maquinaria pesada para vertederos y vehículos para recolección y transporte - Cada instalación: tipo, puestos de operación, período de operación, etc. - Maquinaria pesada, vehículos de recolección y transporte: tipo, puestos de operación, período de

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
			operación, vías de acceso, etc. • Cálculo de la fórmula de predicción basada en la teoría de propagación del sonido (ruido)
	6. Hundimiento del terreno	• Posibilidad de hundimiento del terreno cuando se bombean grandes cantidades de aguas subterráneas	• Investigación de los materiales existentes • Confirmación del contenido de construcción (método de construcción, período, posición, rango, etc.)
	7. Olores	• Presencia o ausencia de olores • Predicción y evaluación de impactos de olores	• Investigación de los materiales existentes • Confirmación del contenido de operación
Biótico	1. Reservas	• Localización del sitio y disponibilidad de la reserva • Predecir y evaluar el impacto del proyecto en áreas protegidas	• Investigación de los materiales existentes
	2. Ecosistemas y biota	• Confirmación de hábitats y bosques ecológicamente significativos • Confirmación de hábitats naturales (incluyendo bosques naturales) • Confirmación de si hay o no tala ilegal de bosques • Confirmación de hábitats de especies raras que necesitan ser protegidas bajo leyes o convenciones internacionales • Confirmación de la vida acuática, vegetación y fauna • Predicción y evaluación del impacto en ecosistemas y biota	• Investigación de los materiales existentes • Inspección y audiencia in situ • Confirmación de las actividades durante la construcción y operación
	3. Topografía, Geología	• Modificación a gran escala del sitio y la topografía circundante y estructura geológica	• Investigación de los materiales existentes • Inspección y audiencia in situ • Confirmación del contenido de construcción (método de construcción,

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
			período, posición, rango, etc.)
	4. Gestión del sitio	Predicción y evaluación de los impactos ambientales luego del cierre de operación del sitio	- Revisar el plan de cierre - Medidas de conservación ambiental (contramedidas de gas, contramedidas de lixiviados, medidas de vertidos ilegales, ecologización, etc.) una vez finalizada la operación de los vertederos, sistemas, medidas presupuestarias, etc.
Socio-económico	1. Reubicación de residentes	- Escala de la reubicación de residentes - Escala de la reubicación involuntaria - Confirmación de las partes interesadas - Confirmación de compensación y apoyo suficientes para mejorar o restaurar los niveles de vida, las oportunidades de ingresos y los niveles de producción previos. - Predicción y evaluación del impacto en los medios de vida	- Sistemas legales y casos relacionados, etc. - Fotos del área objetivo - Presencia o ausencia de edificios en las cercanías, tipos (residencias, escuelas, instalaciones médicas, etc.) mediante inspecciones in situ. - Situación del uso de suelo alrededor del proyecto usando un mapa y una entrevista en el momento de la inspección in situ - Reuniones de grupos focales para los afectados (si se identifican los pobres) - Censo de población, estudio del lugar de la propiedad, estudio de la vida de los hogares, etc. - Divulgación previa de información suficiente sobre el plan de reubicación (en un idioma y estilo que la persona afectada pueda comprender) - Creación de un plan de reubicación y confirmación del contenido de este
	2. Vida y medios de vida	Viviendas, escuelas, instalaciones médicas, etc. alrededor del área objetivo del proyecto	- Investigación de los materiales existentes - Inspección y audiencia in situ

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
		• Uso del agua, incluidos los lagos, ríos, etc., en el área objetivo • Predicción y evaluación del impacto del proyecto en las vidas de los residentes • Consideración apropiada para las personas socialmente vulnerables, como lo son las mujeres, niños, ancianos y pobres • Predicción y evaluación del impacto en los sistemas de recuperación de recursos existentes, incluyendo recicladores, etc. • Predicción y evaluación del impacto de la transportación de residuos en el tráfico local • Predicción y evaluación del impacto de aguas residuales en la pesca y el uso de agua por parte de los residentes locales	• Confirmación del contenido de construcción (método de construcción, período, posición, rango, etc.) • Confirmación de la ruta de transportación de residuos • Situación del uso de suelo alrededor del proyecto usando un mapa y una entrevista en el momento de la inspección in situ
	3. Patrimonio cultural	• Localización y disponibilidad del sitio • Predicción y evaluación del impacto en el patrimonio arqueológico, histórico, cultural y religioso, sitios históricos, etc.	• Investigación de los materiales existentes
	4. Paisaje	• Predicción y evaluación del impacto en un paisaje especialmente considerado	• Investigación de los materiales existentes • Finalización prevista, fotomontaje y otras representaciones visuales de los principales paisajes
	5. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	• Leyes y Reglamentos concernientes al ambiente laboral • Predicción y evaluación del impacto de las medidas de consideración de seguridad relacionadas con la prevención de accidentes laborales y relacionados con la seguridad y la salud.	• Estudios de casos similares (detalles de contratos con contratistas de construcción, etc.) • Investigación de los materiales existentes • Entrevistas con las agencias relevantes • Confirmación de las medidas de consideración de seguridad (equipos de

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
			seguridad, gestión de sustancias peligrosas, etc.) relacionadas con la prevención de accidentes • Confirmación de los planes de seguridad y salud y educación sobre seguridad para los trabajadores (incluida la seguridad vial y la salud pública)
	6. Salud, protección y seguridad de las comunidades locales	• Prevalencia del VIH/SIDA y actividades relacionadas en las cercanías del área del proyecto • Predicción y evaluación del impacto en la seguridad y la salud, como la aparición de enfermedades (incluidas enfermedades infecciosas como el VIH) y el deterioro de la seguridad debido a la afluencia de grandes cantidades de trabajadores y empleados por el proyecto • Predicción y evaluación de los efectos del desarrollo de plagas de interés sanitario	• Investigación de los materiales existentes • Inspección y audiencia in situ • Estudios de casos similares (medidas de salud y seguridad y medidas contra plagas de interés sanitario) • Confirmación del contenido de construcción • Confirmación del contenido de operación • Revisión de las medidas de prevención y seguridad para el personal del proyecto y residentes locales
Otros	1. Accidentes	• Distribución de viviendas • Distancia y relación posicional entre el movimiento humano y las instalaciones de transporte planificadas • Predicción y evaluación de los impactos en el tráfico (Accidentes)	• Investigación de los materiales existentes, inspección in situ • Confirmación de planes tales como medidas adecuadas de prevención de accidentes, medidas de mitigación y medidas en caso de accidentes, tales como el establecimiento de instalaciones de seguridad para la prevención de accidentes y educación en seguridad para los trabajadores.
	2. Cambio climático	• Predicción y evaluación del impacto de gases de efecto invernadero de proyectos	• Investigación de los materiales existentes, inspección in situ • Confirmación de medidas para reducir las emisiones

Medio	Factor ambiental	Ítem de estudio	Método de estudio
			de gases de efecto invernadero durante el servicio y el cierre (especialmente contramedidas de gases)

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

2.2.3 Evaluación y previsión de impactos ambientales

1) Resultados del estudio

Los resultados del estudio social y ambiental basados en la determinación de alcance (incluyendo los resultados de simulación, etc.) se describen en la Tabla 2-6.

Tabla 2-6 Ejemplo de los resultados

Elementos	Resultado
Aire	Los equipos de construcción y vehículos de transporte entrarán y saldrán por la entrada sur. Las obras de construcción y transporte se llevarán a cabo desde las 9:00 am hasta las 5:00 pm. En base a estas condiciones, las áreas afectadas por polvo y gases de escape (humo) durante las actividades de construcción y operación se estiman con la ecuación de difusión. XXX.... Como resultado, se espera que el impacto de la difusión de polvo y gases de escape (humo) en áreas circundantes sea menor.
Agua	Los lixiviados de...

Fuente: Equipo de Expertos de la JICA

2) Evaluación ambiental

La "Tabla de resultados del estudio" se preparará en base a la "Tabla de determinación de alcance" preparada en el mismo paso.

- La "Tabla de resultados del estudio" debe contener la evaluación de impacto basada en los resultados de la encuesta. Además, también debe incluirse la evaluación del impacto en el paso de determinación de alcance.
- La evaluación de impacto basada en los resultados de la encuesta debe incluirse para todos los elementos a valorar/puntuar (numéricos, A/B/C) como de impacto o desconocidos durante el paso de determinación de alcance.
- Si se ha cambiado la evaluación del paso de determinación del alcance, se debe describir la evidencia del cambio.
- Ya que el objetivo del estudio es identificar los posibles impactos, es apropiado evaluar el impacto como "Impacto Significativo, Impacto, o Sin Impacto" (N/A si no se espera ningún impacto en el paso de determinación de alcance).
- Los impactos deben ser descritos por separado para la construcción, operación, etc. Desde la perspectiva de continuidad y magnitud de los impactos, es importante centrarse en los impactos que ocurren durante la operación.
- Si solo se esperan impactos durante la construcción, se debe describir que no se esperan impactos durante la operación con evidencia.
- La evidencia para la evaluación de impacto debe describirse de manera detallada. (Se recomienda realizar entrevistas y demás con las partes interesadas tanto como sea posible, y realizar una evaluación cuantitativa).

Tabla 2-7 Tabla de resultados del estudio (ejemplo)

Medio	Factor de evaluación	Evaluación basada en la determinación de alcance			Evaluación basada en la encuesta		
		Antes y durante la construcción	Operación	Cierre/terminación	Antes y durante la construcción	Operación	Cierre . terminación
Físico-químico	1.Aire	B-	B-	B±	B-	B-	B±
	2.Agua						
	3.Residuos						
	4.Suelo						
	5.Ruidos y vibraciones						
	6.Hundimiento del terreno						
	7.Olores						
Biótico	1.Áreas protegidas						
	2.Ecosistemas y biota	C	C	N/A	A-	A-	N/A
	3.Geomorfología y geología						
	4.Gestión del sitio						
Socio-económico	1.Reasentamiento	B-	D	D	N/A	N/A	N/A
	2.Medios de vida						
	3.Patrimonios culturales						
	4.Paisaje						
	5.Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)						
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad						
Otros	1.Accidentes	B-	B-	B-	B-	B-	B-
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático						

A+/-: Se espera un impacto significativo

B+/-: Se espera un impacto positivo/negativo hasta cierto punto

D: No se espera impacto

N/A: No se realiza la evaluación de impacto ya que el elemento fue categorizado como D en la fase de determinación de alcance

Fuente : Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-8 Evidencia de evaluación (ejemplo)

Elemento del ambiente	Evidencia
1.Aire	Antes de la construcción: No se espera que la operación de los equipos y vehículos afecte la calidad del aire. Construcción: Aunque se espera que la calidad del aire se deteriore temporalmente debido a la operación de los equipos de construcción, se espera que se cumpla con los valores estándar nacionales e internacionales. Operación: Los impactos negativos en la calidad del aire serán limitados ya que no se espera un aumento significativo en el volumen de tráfico y se espera que se cumplan plenamente los valores estándar nacionales e internacionales. Cierre • terminación: Se esperan impactos negativos temporales debido a la operación de equipo pesado y vehículos para el transporte. Por otro lado, se espera que la reducción de incendios usando tuberías de gas mitigue la contaminación del aire por humo.
2.Ecosistemas y biota	Construcción / Operación: La especie rara XX se encontró en las cercanías del sitio del proyecto propuesto en el estudio de campo. La construcción y el uso del sitio del proyecto pueden tener un impacto negativo en la especie al reducir e impactar su hábitat.
3.Reasentamiento	Antes de la construcción; El plan de reubicación fue revisado y no se identificaron problemáticas en el proceso de consenso público y compensación.
4.Accidentes	Construcción /Operación / Cierre • terminación: Aunque cabría esperar cierto riesgo de accidentes, se proporcionará capacitación en seguridad y equipos de protección personal, y se espera que se reduzcan los daños en caso de accidente.

Fuente: Equipo de Expertos de la JICA

2.2.4 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación y acciones futuras deben describirse para todos los elementos identificados como impactos significativos en la evaluación de impacto.

Es importante considerar si los impactos se pueden evitar o no, y si no, cómo minimizar los impactos y cómo compensar los impactos restantes.

- Las medidas de mitigación preparadas se mostrarán en el plan de manejo ambiental como actividades de manejo ambiental y serán monitoreadas.
- Las medidas de mitigación se dividirán en “antes de la construcción, construcción, operación y cierre • terminación”.
- La medida de mitigación se describe detalladamente cómo “XX equipo será instalado y tratado para cumplir con los estándares de emisión y se descargará a YY”.
- Las organizaciones implementadoras y supervisoras para la implementación de las medidas de mitigación deberán definirse en el Plan de Manejo y Adecuación Ambiental

(PMAA).

- El Ministerio de Medio Ambiente consultará con las organizaciones implementadoras sobre los detalles de las medidas de mitigación para asegurarse de que estas son factibles.
- Si el mecanismo por el cual los impactos se mitigan es difícil de entender, agregue una explicación.
- Se estima que no hay indígenas en la República Dominicana. Por otro lado, existen muchos grupos socialmente vulnerables relacionados con los sitios de disposición, como los recicladores, cuyo medio de subsistencia depende de la recolección de residuos de materiales o recursos en los vertederos. Si pudieran ocurrir cambios en el medio ambiente debido a la rehabilitación o el cierre de un sitio de disposición, se debe dar suficiente consideración.

Algunos ejemplos de medidas de mitigación para cada uno de los elementos de evaluación ambiental y actividades del proyecto se muestran en la Tabla 2-9 como referencia para la elaboración de medidas de mitigación.

Las medidas de mitigación para los impactos de las obras de cierre se omiten ya que son las mismas que las medidas de mitigación durante la construcción y operación.

Tabla 2-9 Ejemplos de medidas de mitigación

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
Físico-químico	1. Aire	[Construcción] (1) Impacto de emisiones y polvo en la operación de maquinarias de construcción - Uso de maquinaria anti-emisiones - Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí) - Regado (contramedidas para el polvo) (2) Impacto del polvo en el funcionamiento de los vehículos de construcción. - Regado de las áreas de construcción - Implementación de ecologización anticipada - Limpieza de carreteras (3) Impacto de los gases de escape y polvo durante el funcionamiento de los vehículos de construcción - Uso de maquinarias anti-emisiones - Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí) - Regado (contramedidas para el polvo) - Limpieza de neumáticos de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo) - Recubrir con láminas la plataforma de carga de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo) - Distribución de los tiempos de entrega - Límites de velocidad - Rutas limitadas - Cumplimiento con las normativas de tráfico [Operación] (1) Impacto de las emisiones en la operación de maquinaria pesada en el vertedero - Uso de maquinaria anti-emisiones - Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
		(2) Impacto de polvo en la operación de maquinaria pesada en el vertedero. - Implementación de suelo intermedio y recubrimiento de suelo en el mismo día. - Instalación de un equipo anti-dispersión - Instalación de un equipo de riego - Prevención de incendios espontáneos mediante el recubrimiento de suelo y tuberías de ventilación. - Regado durante fuertes vientos (3) Impacto de humo y polvo en los residuos - Prevención de incendios espontáneos mediante recubrimiento de suelo y tuberías de ventilación de gas - Prevención de la dispersión de residuos y polvo mediante recubrimiento de suelo (4) Impacto de los vehículos de transportación de residuos - Uso de maquinaria anti-emisiones - Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí) - Regado (contramedidas para el polvo) - Limpieza de neumáticos de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo) - Recubrir con láminas la plataforma de carga de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo) - Distribución en los tiempos de entrega - Rutas limitadas - Cumplimiento con las normativas de tráfico
	2. Agua	[Construcción] - Cancelación de construcción durante lluvias. - Implementación de ecologización anticipada - Implementación continua del monitoreo de la calidad del agua. (Si se confirma un valor alto, informar a los gobiernos locales e investigar y mejorar la causa) [Operación y Cierre] - Tratamiento de aguas mediante instalaciones de tratamiento de lixiviados - Bloquear el contacto entre aguas pluviales y residuales mediante las instalaciones de drenaje de aguas pluviales. - Implementación continua del monitoreo de la calidad del agua. (Si se confirma un valor alto, informar a los gobiernos locales e investigar y mejorar la causa) - Dispersión del número de entregas de una sustancia química en particular (solicitud a una empresa de entregas)
	3. Residuos	[Construcción] - Reutilización del material restante para cobertura, etc. - Garantizar métodos de eliminación y destinos de tratamiento adecuados para los residuos de la construcción. [Operación] - Fortalecimiento del sistema de inspección en la recepción y entrega de residuos
	4. Suelo	[Construcción] - Inspección de fugas de aceite en las maquinarias de construcción, etc. - Implementación de medidas para prevenir la propagación de aguas residuales de la construcción y tratamiento de las aguas residuales recolectadas.

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
		[Operación y cierre] - Inspección de fugas de aceite de maquinaria pesada para vertederos, etc. - Inspecciones periódicas de la impermeabilización - Prevenir que la tierra sea transportada fuera del sitio, esto para evitar la propagación de tierra contaminada - Prevenir la contaminación del suelo fuera del área de recubrimiento mediante la recolección y transporte de basura dispersa y recubrimiento del suelo.
	5. Ruidos y vibraciones	[Construcción] (1) Impactos de los trabajos de construcción - Uso de máquinas silenciosas (bajas vibraciones) - Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí) - Tiempos limitados para la construcción (2) Impactos de los vehículos de construcción en marcha - Distribución de los tiempos de entrega - Límites de velocidad - Rutas limitadas [Operación] (1) Impactos en la operación de instalaciones y equipos pesados en el vertedero - Uso de máquinas silenciosas - Medidas de insonorización adecuadas para los equipos que generan ruidos. - Instalación interior de equipos generadores de ruido - Gestión periódica de inspección de maquinaria (2) Impacto de los vehículos de transportación de residuos - Solicitud de cumplimiento con las normativas de tráfico - Rutas limitadas
	6. Hundimiento del terreno	[Construcción] - Monitoreo regular de los niveles de aguas subterráneas (cuando estas se bombean)
	7. Olores	[Operación y Cierre] (1) Impactos de olores en el vertedero de residuos - Prevenir la generación de olores mediante el recubrimiento de suelo - Instalación de desodorizantes (método de limpieza alcalina) - Implementación de contramedidas para la generación de gas (recuperación de metano y vertedero cuasi-aeróbico)
Biótico	1. Reservas	[Antes de la construcción] - Evitar los impactos antes de la construcción - Si le preocupa el impacto, consulte con las autoridades pertinentes (en algunos casos, se deben considerar contramedidas).
	2. Ecosistemas	[Construcción y operación] - Desarrollo de un área verde en sitio con la vegetación y flora existente
	3. Topografía y geología	[Antes de la construcción] - Evitar los impactos antes de la construcción - Si le preocupa el impacto, consulte con las autoridades pertinentes (en algunos casos, se deben considerar contramedidas).
	4. Gestión del sitio	[Cierre] - Desarrollo de un plan de cierre

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
		- Contramedidas para el gas: Prevención de incendios espontáneos mediante el uso de materiales de cobertura, instalación de tuberías de ventilación - Contramedidas para los lixiviados: Se evita el contacto entre el agua de lluvia y los residuos y residuos del exterior de las instalaciones de drenaje de las aguas pluviales y recubrimiento de suelo. Además, las instalaciones de drenaje y recolección de lixiviados evitan que este se propague. - Contramedidas para el suelo: Prevención de la contaminación del suelo fuera del área de cobertura recolectando y transportando la basura dispersa y finalmente recubriendo el suelo. - Medidas higiénicas y medioambientales: Prevención de plagas, parásitos, etc. y vertidos ilegales mediante el bloqueo de los residuos desde el exterior con vallas y recubrimiento final del suelo. - Medidas de estabilización del suelo: Prevenir los gases de vertederos a cielo abierto generados en la capa de residuos usando instalaciones de desgasificación. Instalando un medidor de hundimiento y medir la cantidad de este, se confirma el estado de estabilización. - Contramedidas para el paisaje: Mejoramiento de los paisajes mediante el recubrimiento de suelo, eliminando los desechos del exterior y promoviendo la ecologización.
Socio-económico	1. Reubicación de habitantes	[Antes de la construcción] - Evitar los impactos antes de la construcción - Si se piensa reubicar los residentes, es necesario preparar un plan de reubicación
	2. Vida y medios de vida	[Antes de la construcción] (1) Impacto en los sistemas de reaprovechamiento de recursos existentes - Implementación de programas de recuperación de medios de vida para personas afectadas por proyectos de sitios de disposición, como recicladores (organización, formulación, empleo de operaciones de eliminación de residuos, incluyendo actividades de reciclaje, capacitación vocacional, etc.) [Construcción] (1) Impacto de los vehículos de construcción en el tráfico local - Tiempo de recolección limitado - Cumplimiento con las normativas de tráfico - Límites de velocidad - Rutas limitadas [Operación] (1) Impacto en las vidas de los residentes (personas vulnerables) - Implementación de programas de capacitación vocacional y compensación (2) Impacto de la transportación de residuos en el tráfico local - Tiempo de recolección limitado - Distribución de los tiempos de recolección y recepción de residuos - Cumplimiento con las normativas de tráfico - Límites de velocidad

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
		- Rutas limitadas (3) Impacto en la pesca y el uso del agua (especialmente agua potable) por parte de los residentes locales - Ver Medidas de conservación y mitigación contra la contaminación del agua
	3. Patrimonios culturales	[Antes de la construcción] - Evitar los impactos antes de la construcción - Si le preocupa el impacto, consulte con las autoridades pertinentes (en algunos casos, se deben considerar contramedidas).
	4. Paisaje	[Operación] - Mejoramiento del paisaje mediante la plantación de árboles [Cierre] - Referirse a 4. Gestión del sitio
	6. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	[Construcción y operación] - Desarrollo de planes de seguridad ocupacional - Asegurarse de que el personal esté usando los equipos de protección personal, dígame mascarillas, gafas y calzado de seguridad - Proporcionar instalaciones sanitarias adecuadas para los trabajadores y empleados de la construcción en los sitios de disposición. - Implementación de charlas de educación sobre seguridad para trabajadores de la construcción y empleados de sitios de disposición final.
	7. Salud, protección y seguridad de las comunidades locales	[Construcción y operación] - Implementación de charlas de educación sobre seguridad y salud para trabajadores de la construcción y empleados de sitios de disposición final.
Otros	1. Accidentes	[Construcción y operación] - Desarrollo de un plan de seguridad - Implementación de charlas sobre seguridad para los trabajadores y empleados - Asegurarse de que los trabajadores de la construcción o los empleados en el sitio de disposición final estén completamente equipados con medidas de seguridad, procedimientos de seguridad y el uso de equipo de protección personal. - Asegurarse de que siempre se provea equipos de primeros auxilios
	2. Cambio climático	[Construcción] - Contramedidas contra huracanes (cancelación de construcción cuando se acerca un huracán, prohibir ingreso a áreas de corte y relleno, instalación de cubiertas impermeables para maquinaria de construcción, reparación de maquinaria pesada, inspección y reparación de instalaciones de recolección y drenaje de agua). [Operación] - Contramedidas contra huracanes (cancelación de la operación cuando se acerca un huracán, prevención de dispersión de polvo mediante recubrimiento de suelo, reparación de maquinaria pesada, refuerzo de vallas, inspección y reparación de instalaciones de recolección y

Medios	Elemento del ambiente	Medidas de conservación y mitigación
		drenaje de agua) - Supresión de la fermentación de metano mediante la instalación de una tubería de ventilación (en el caso de vertederos semi-anaeróbicos) - Recuperación de metano usando tuberías de gas, etc. (en el caso de vertederos anaeróbicos) [Cierre] - Referirse a 4. Gestión del sitio

Fuente: Informe de Evaluación de Impacto Ambiental para la Construcción de la Tercera Fase del Sitio de Disposición Final (Tipo Controlado) de Eco-Park Izumozaki, Agencia de Conservación Ambiental de la Prefectura de Niigata 2015. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

2.2.5 Plan de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA)

Se elaboraría un Plan de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA) con las medidas de mitigación como programa. Además, el plan de monitoreo descrito más adelante también es parte del PMAA. Los ejemplos de los programas se muestran en la Tabla 2-10, Tabla 2-11, Tabla 2-12 y Tabla 2-13 para “Antes de la construcción, construcción, operación y cierre • terminación”, respectivamente.

Tabla 2-10 Ejemplo del programa de Antes de la construcción

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Biótico	1.Áreas protegidas	-	Revisión de la ubicación y características de la reserva usando literatura y SIG	Antes de la construcción	Promotor	Promotor	\$XXX
	3.Geomorfología y geología	-	Evaluación de impacto en la topografía y geología usando literatura y SIG				\$XXX
	1.Reasentamiento	-	Elaboración del plan de reubicación (entrevistas, consenso público, compensación, etc.)				\$XXX
Socio-económico	2.Medios de vida	-	Organización y/o registro oficial de recicladores no registrados, empleo y asistencia en capacitación laboral				\$XXX
	3.Patrimonios culturales	-	Revisión de la ubicación y las características del patrimonio cultural usando literatura y SIG				\$XXX

※La planificación y medidas en la fase “antes de la construcción” no pertenecen al PMAA, pero sus detalles de implementación y costos están organizados.

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-11 Ejemplo del programa de Construcción

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Físico-químico	1. Aire	Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 1 (Operación de Equipos de construcción)	Uso de maquinaria anti-emisiones	Cuando sea necesario	Contratista	Promotor	\$XX
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario			\$XX
			Regado (contramedidas para el polvo)	3 veces/día			\$XXX/d
			Regado de las áreas de construcción	3 veces/día			\$XXX/d
			Implementación de ecologización anticipada	Cuando sea necesario			\$XXX
			Limpieza de carreteras	2 veces/día			\$XXX/d
			Uso de maquinarias anti-emisiones	Cuando sea necesario			\$XX
		Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 2 (Conduciendo vehículos de construcción)	Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario			\$XX
			Regado (contramedidas para el polvo)	3 veces/día			\$XX
			Limpieza de neumáticos de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo)	Entrada y salida			\$XX
			Recubrir con láminas la plataforma de carga de los vehículos de transporte de tierra y arena (contramedidas para el polvo)	Cuando sea necesario			\$XX
			Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario			\$XX
			Límites de velocidad	Cuando sea necesario			\$XX
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario			\$XX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
			Cumplimiento con las normativas de tráfico	Cuando sea necesario			\$XX
	2. Agua	Subprograma de medidas para la protección de aguas terrestres	Cancelación de construcción durante lluvias.	Cuando sea necesario			\$XX
			Implementación de ecologización anticipada	Cuando sea necesario			\$XX
			Implementación continua del monitoreo de la calidad del agua.	1 vez/mes			\$XXX/d
	3. Residuos	Subprograma de medidas para residuos	Reutilización del material restante para cobertura, etc.	Cuando sea necesario			\$XXX
			Garantizar métodos de eliminación y destinos de tratamiento adecuados para los residuos de la construcción.	Cuando sea necesario			\$XXX
	4. Suelo	Subprograma de medidas para el suelo	Inspección de fugas de aceite y combustible en las maquinarias de construcción, etc.	1 vez/día			\$XXX
			Implementación de medidas para prevenir la propagación de aguas residuales de la construcción y tratamiento de las aguas residuales recolectadas.	Cuando sea necesario			\$XXX
	5. Ruidos y vibraciones	Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones 1 (equipamiento de construcción)	Uso de máquinas silenciosas (bajas vibraciones)	Cuando sea necesario			\$XXX
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralentí)	Cuando sea necesario			
			Tiempos limitados para la construcción	Cuando sea necesario			\$XXX
		Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones 2	Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario			\$XXX
			Límites de velocidad	Cuando sea necesario			\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
		(vehículo de construcción)	Rutas limitadas	Cuando sea necesario			\$XXX
	6. Hundimiento del terreno	Subprograma de medidas para hundimiento del terreno	Monitoreo regular de los niveles de aguas subterráneas (cuando estas se bombean)	1 vez/día			\$XXX
	1. Áreas protegidas	Subprograma de medidas para la Biota	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XXX
Biótico	2. Ecosistemas y biota		Desarrollo de un área verde in situ	Cuando sea necesario			\$XXX
	3. Geomorfología y geología	Subprograma de medidas para la Topografía y Geología	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario			\$XXX
	1. Reasentamiento	Subprograma de medidas para la Reubicación	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XXX
Socio-económico	2. Medios de vida	Subprograma de medidas para el tráfico local	Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario	Contratista	Promotor	\$XXX
	1. Reasentamiento		Límites de velocidad	Cuando sea necesario			\$XXX
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario			\$XXX
	2. Medios de vida	Subprograma de medidas para	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/ímpa cto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organizaci ón implem ent adora	Organiz ación respons able	Costo de las medida s	
		Patrimonios culturales						
	5.Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	Subprograma de medidas para el Entorno Laboral	Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP	Cuando sea necesario	Promotor	Promot or	\$XXX	
			Proporcionar instalaciones sanitarias y botiquín de primeros auxilios en la construcción	Cuando sea necesario			\$XXX	
			Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores de la construcción	1 vez/ 6 meses			\$XXX	
	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Subprograma de medidas para la Salud, protección y seguridad de la sociedad local	Charlas de educación sobre seguridad y salud para los trabajadores de la construcción	1 vez/ 6 meses	Realizado en el “Subprograma de Entorno Laboral”			
	Otros	1.Accident es	Subprograma de medidas para Accidentes	Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores de la construcción	1 vez/ 6 meses	Realizado en el “Subprograma de Entorno Laboral”		
2. Impactos transfront erizos y cambio climático		Subprograma de medidas para el Cambio Climático	Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP	Cuando sea necesario	Contratista	Promot or	\$XXX	
			Siempre proporcionar botiquín de primeros auxilios	Siempre			\$XXX	
			Restringir el ingreso a las áreas de corte y relleno	Acercamiento de tifón			\$XXX	
			Instalación de cubiertas impermeables para maquinaria de construcción				\$XXX	
			Reparación de maquinaria pesada				\$XXX	
Inspección y reparación de las instalaciones de recolección y drenaje de agua			\$XXX					

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-12 Ejemplo del programa de Operación

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Físico-químico	1. Aire	Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 1 (Operación de Equipos de operación)	Uso de maquinaria anti-emisiones	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XX
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralenti)	Cuando sea necesario			\$0
			Implementación de suelo intermedio y recubrimiento de suelo en el mismo día.	3 veces/día			\$XXX/d
			Instalación de un equipo anti-dispersión	Cuando sea necesario			\$XXX
			Instalación de un equipo de riego	Cuando sea necesario			\$XXX
			Regado durante fuertes vientos	Cuando sea necesario			\$XXX/d
			Prevención de incendios espontáneos mediante el recubrimiento de suelo y tuberías de ventilación.	Cuando sea necesario			\$XXX/d
		Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire 2	Uso de maquinaria anti-emisiones	Cuando sea necesario			\$0
			Supresión de la operación de calentamiento (vehículo en ralenti)	Cuando sea necesario			\$0

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
2. Agua		(Conduciendo vehículos de operación)	Regado	Cuando sea necesario			\$XX
			Limpieza de neumáticos	Entrada y salida			\$XX
			Recubrimiento con láminas	Cuando sea necesario			\$XX
			Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario			\$XX
			Límites de velocidad	Cuando sea necesario			\$XX
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario			\$XX
			Cumplimiento con las normativas de tráfico	Cuando sea necesario			\$XX
			Tratamiento de aguas mediante instalaciones de tratamiento de lixiviados	Cuando sea necesario			\$XX
			Bloquear el contacto entre aguas pluviales y residuales mediante las instalaciones de drenaje de aguas pluviales.	Cuando sea necesario			\$XX
			Implementación continua del monitoreo de la calidad del agua. (Si se confirma un valor alto, informar a los gobiernos	1 vez/mes			\$XXX/d

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
	3. Residuos	Subprograma de medidas para el suelo	locales e investigar y mejorar la causa)				
			Dispersión de la cantidad de una sustancia química en particular (solicitud a una empresa de transporte)	Cuando sea necesario			\$XXX
			Fortalecimiento del sistema de inspección en la recepción y entrega de residuos	Cuando sea necesario			\$XXX
			Instalación de un dique para prevenir la dispersión de residuos	Cuando sea necesario			\$XXX
	4. Suelo	Subprograma de medidas para el suelo	Inspección de fugas de aceite y combustible de maquinaria pesada para vertederos, etc.	1 vez/día			\$XXX
			Inspecciones periódicas de la impermeabilización	1 vez/día			\$XXX
			Prevenir que la tierra sea transportada fuera del sitio, esto para evitar la propagación de tierra contaminada	Cuando sea necesario			\$XXX
			Prevenir la contaminación del suelo fuera del área de recubrimiento mediante la recolección y transporte de basura dispersa y recubrimiento del suelo.	Cuando sea necesario			\$XXX
	5. Ruidos y vibraciones	Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones	Uso de máquinas silenciosas	Cuando sea necesario			\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Biótico		1 (equipamiento)	Medidas de insonorización adecuadas para los equipos que generan ruidos.	Cuando sea necesario			\$XXX
			Instalación interior de equipos generadores de ruido	Cuando sea necesario			\$XXX
			Gestión periódica e inspección de maquinaria	Cuando sea necesario			\$XXX
		Subprograma de medidas para ruidos y vibraciones 2 (vehículos)	Distribución de los tiempos de entrega	Cuando sea necesario			\$XXX
			Límites de velocidad	Cuando sea necesario			\$XXX
			Rutas limitadas	Cuando sea necesario			\$XXX
	7. Olores	Subprograma de medidas para los olores	Prevenir la generación de olores mediante el recubrimiento de suelo	Cuando sea necesario			\$XXX
	1. Áreas protegidas	Subprograma de medidas para Áreas protegidas	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario			\$XXX
	2. Ecosistemas y biota	Subprograma de medidas para los Ecosistemas	Desarrollo de un área verde in situ	Cuando sea necesario			\$XXX
	3. Geomorfología y geología	Subprograma de medidas para la Topografía y Geología	Si existe alguna preocupación sobre el impacto, consulte con las organizaciones pertinentes.	Cuando sea necesario			\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Socio-económico	1. Medios de vida	Subprograma de medidas para la compensación social	Implementación de programas de capacitación vocacional y compensación	Cuando sea necesario			\$XXX
		Subprograma de medidas para el Tráfico Local	Recubrir con láminas la plataforma de carga de los vehículos	Realizado en el "Subprograma de medidas para prevenir la contaminación del aire"			
			Tiempo de recolección limitado				
			Distribución de los tiempos de entrega				
			Límites de velocidad				
			Rutas limitadas				
			Cumplimiento con las normativas de tráfico				
	2. Paisaje	Subprograma de medidas para la pesca local y uso del agua	Tratamiento del agua mediante instalaciones de tratamiento de lixiviados	Realizado en el "Subprograma de medidas para la protección de aguas terrestres"			
			Implementación de instalaciones de recolección de aguas pluviales para prevenir su contacto con los residuos				
			Monitoreo de la calidad del agua				
			Dispersión del número de entregas de una sustancia química en particular (solicitud a una empresa de entregas)				
			Recubrimiento del suelo				
		Subprograma de medidas para el Paisaje	Desarrollo de un área verde in situ	Realizado en el "Subprograma de medidas para los Ecosistemas"			

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
	5. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	Subprograma de medidas para el Entorno Laboral	Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XXX
			Proporcionar instalaciones sanitarias y botiquín de primeros auxilios en la construcción	Cuando sea necesario			\$XXX
			Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores	1 vez/ 6 meses			\$XXX
Otros	6. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Subprograma de medidas para la Salud, protección y seguridad de la sociedad local	Charlas de educación sobre seguridad y salud para los trabajadores	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Entorno Laboral"			
			Control de plagas mediante recubrimiento del suelo	Realizado en el "Subprograma de medidas para los olores"			
	1. Accidentes	Subprograma de medidas para Accidentes	Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Entorno Laboral"			
			Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP				
			Siempre proporcionar botiquín de primeros auxilios				
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	Subprograma de medidas para el Cambio Climático	Recubrimiento del suelo para prevenir la dispersión de residuos	Realizado en el "Subprograma de medidas para los olores"			
			Reforzar la verja perimetral	Acercamiento de tífón	Promotor	Promotor	\$XXX
			Inspección y reparación de las instalaciones de recolección y drenaje de agua				\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
			Supresión de la fermentación de metano mediante la instalación de tuberías de ventilación	Realizado en el “Subprograma de medidas para los olores”			
			Recuperación de metano mediante membranas, tuberías de gas, etc. (en el caso de vertederos anaeróbicos)				

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-13 Ejemplo del programa de Cierre•terminación

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
Físico-químico	1.Aire	Subprograma de medidas para la protección de aguas terrestres	Si no se instalaron durante la operación, implementar instalaciones de drenaje de aguas pluviales	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Cierre"			
	2.Suelo	Subprograma de medidas para el Suelo	Recubrimiento final del suelo				
	3.Olores	Subprograma de medidas para los Olores	Recubrimiento final del suelo				
Biótico	1.Gestión del sitio luego del cierre	Subprograma de medidas para el Cierre	Recubrimiento final del suelo, ecologización	Cierre del sitio de disposición	Promotor	Promotor	\$XXX
			Si no se instalaron durante la operación, implementar instalaciones de drenaje de aguas pluviales				\$XXX
			Si no se instaló durante la operación, instalar una verja perimetral				\$XXX
			Si no se instalaron durante la operación, instalar tuberías de gas				\$XXX
			Instalar un medidor de asentamiento				\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
			Monitoreo para la terminación del sitio de disposición	Agua subterránea/lixiviados : 4 veces/año Gases: 2 veces/año	Promotor	Promotor	\$XXX
Socio-económico	1. Paisaje	Subprograma de medidas para el Paisaje	Recubrimiento final del suelo, ecologización	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Cierre"			
	2. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Subprograma de medidas para la Salud, protección y seguridad de la sociedad local	Control de plagas mediante recubrimiento del suelo	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Cierre"			
Otros	1. Accidentes	Subprograma de medidas para Accidentes	Charlas de educación sobre seguridad para los trabajadores	Cuando sea necesario	Promotor	Promotor	\$XXX
			Asegurar el uso de equipo de protección personal EPP	Cuando sea necesario			\$XXX
			Siempre proporcionar botiquín de primeros auxilios	1 vez/6 meses			\$XXX

Medio	Elemento del ambiente	Programa/impacto actual o potencial (riesgos)	Actividades/medidas a ser llevadas a cabo	Período de implementación de la medida	Organización implementadora	Organización responsable	Costo de las medidas
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	Subprograma de medidas para el Cambio Climático	Recubrimiento final del suelo, ecologización Si no se instalaron durante la operación, implementar instalaciones de drenaje de aguas pluviales Si no se instaló durante la operación, instalar una verja perimetral Si no se instalaron durante la operación, instalar tuberías de gas	Realizado en el "Subprograma de medidas para el Cierre"			

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

2.2.6 Plan de Monitoreo

En principio, todos los elementos para los cuales se toman las medidas de mitigación deberán ser monitoreados para verificar el efecto de estas medidas. La Tabla de monitoreo corresponderá a la tabla del programa anteriormente descrito.

- Los elementos de monitoreo, frecuencia, puntos de muestreo, organización implementadora y responsable, y sistema de reporte de los resultados deberán describirse en cada fase del proyecto.
- Los elementos de monitoreo deberán describirse no solo como elementos "calidad del aire y del agua". Se necesitan indicadores específicos como "polvo, NOx, SOx, turbidez, pH, SS, DBO y DQO". Además, se indicarán claramente los valores estándar y los rangos permisibles.
- Si es difícil realizar el monitoreo necesario debido al nivel técnico o al equipo, se deben proponer contramedidas (p. ej., apoyo a través de servicios de consultoría).
- El contenido del plan de monitoreo deberá ser discutido con las organizaciones implementadoras a fin de confirmar su factibilidad.
- Es conveniente listar el monto de cada elemento como referencia en la obtención del presupuesto. Sin embargo, si el costo "durante la construcción" se incluye en el costo de "construcción", podría describirse como "incluido en el costo de construcción". En particular, es probable que las organizaciones implementadoras realicen un monitoreo en la operación, la factibilidad del presupuesto debe ser confirmada.

Tabla 2-14 Ejemplo del monitoreo (Construcción)

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
1. Aire	Refiérase al Apéndice * 1		En los alrededores del sitio de construcción x 1 Cerca de domicilios privados x 1 A lo largo de la carretera en uso x 1	1 vez/año	Contratista	Promotor	\$XX
2. Agua	Refiérase al Apéndice * 1		Agua del río x 2 (río arriba y río abajo al sitio de disposición) Aguas subterráneas x 2 (Pozos de monitoreo)	1 vez/mes	Contratista	Promotor	\$XX
3. Suelo	Inspección de fugas de aceite y medidas de drenaje de construcción	—	Punto apropiado en el sitio de construcción	1 vez/mes	Contratista	Promotor	\$XX
4. Ruidos y vibraciones	De las máquinas de operación Del tráfico en la carretera	Refiérase al Apéndice * 1	Cerca de domicilios privados x 1 A lo largo de la carretera en uso x 1	1 vez/año	Contratista	Promotor	\$XX
5. Hundimiento del terreno	Nivel de agua subterránea (si se bombea agua subterránea) Medidor de asentamiento	—	Pozos de monitoreo de aguas subterráneas Dentro del sitio de construcción x 1	Siempre Siempre	Contratista	Promotor	\$XX \$XX

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
6. Ecosistema	Monitoreo del área verde y conservación de las especies en extinción	—	En los alrededores del sitio de construcción x 4	4 veces/año	Contratista	Promotor	\$XX
7. Medios de vida	Impacto de los vehículos de construcción en el tráfico local	Refiérase a “Aire” y “Ruidos y vibraciones “					
8. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	Capacitación de los trabajadores	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	\$XX
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y herramientas de primeros auxilios	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	\$XX
9. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Capacitación de los trabajadores	Refiérase a “Entorno Laboral”					
10. Accidentes	Capacitación de los empleados	Refiérase a “Entorno Laboral”					
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y	Refiérase a “Entorno Laboral”					

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
	herramientas de primeros auxilios						
11. Cambio climático	Inspección de contramedidas para tifones	—	Puntos donde se implementaron medidas de mitigación.	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$XX

* 1: Refiérase al Apéndice "Resumen de las Normas Ambientales (Aire)"

* 2: Refiérase al Apéndice "Resumen de las Normas Ambientales (Agua)"

* 3: Refiérase al Apéndice "Resumen de las Normas Ambientales (Ruido)"

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-15 Ejemplo del monitoreo (Operación) (Describir el período de monitoreo)

Factor ambiental	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
1. Aire	Refiérase al Apéndice * 1		En los alrededores del sitio de disposición x 1 Cerca de domicilios privados x 1 A lo largo de la carretera en uso x 1	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$YY
	Inspección del recubrimiento de suelo y tuberías de ventilación	—	Puntos donde se implementaron medidas de mitigación.	1 vez/Mes	Promotor	Promotor	\$YY
2. Agua	Refiérase al Apéndice * 1		Agua del río x 2 (río arriba y río abajo al sitio de disposición)	1 vez/Mes	Promotor	Promotor	\$YY

Factor ambiental	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
			Aguas subterráneas x 2 (Pozos de monitoreo) Lixiviados x 2 (Entrada y salida de la planta de tratamiento de lixiviados)				
3. Residuos	Preparación de la entrega y disposición de residuos	—	—	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$XX
	Inspección del dique	—	Dique	1 vez/año	Promotor	Promotor	
4. Suelo	Inspección de fugas de aceite y medidas de drenaje de construcción	—	Punto apropiado en el sitio de disposición	1 vez/Mes	Promotor	Promotor	\$XX
	Inspección del recubrimiento del suelo	—	Refiérase a "Aire".		Promotor	Promotor	
5. Ruidos y vibraciones	De las máquinas de operación	Refiérase al Apéndice * 1	Cerca de domicilios privados x 1	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$YY
	Del tráfico en la carretera		A lo largo de la carretera en uso x 1				
6. Olores	Inspección del recubrimiento del suelo	—	Refiérase a "Aire".		Promotor	Promotor	

Factor ambiental	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
7. Ecosistemas y biota	Monitoreo del área verde y conservación de las especies en extinción	—	Dentro del sitio de construcción x 4	4 veces/año	Promotor	Promotor	\$YY
8. Medios de vida	Implementación de programas de capacitación vocacional y compensación	—	—	De ser necesario	Promotor	Promotor	\$XX
	Impacto de la transportación de residuos en el tráfico local	Refiérase a "Aire" y "Ruidos y vibraciones"					
	Impacto en la pesca local y uso del agua (en especial agua potable)	Refiérase a "Agua"					
9. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	Capacitación de los trabajadores	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	\$XX
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y herramientas de primeros auxilios	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	\$XX

Factor ambiental	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
10. Paisaje	Inspección del recubrimiento del suelo y área verde	—	1 por cada compartimiento de disposición	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$XX
11. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Capacitación de los trabajadores	Refiérase a “Entorno Laboral”					
12. Accidentes	Capacitación de los empleados	Refiérase a “Entorno Laboral”					
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y herramientas de primeros auxilios	Refiérase a “Entorno Laboral”					
13. Impactos transfronterizos y cambio climático	Inspección de contramedidas para tifones	—	Puntos donde se implementaron medidas de mitigación.	1 vez/año	Promotor	Promotor	\$XX
	Inspección del recubrimiento del suelo y tuberías de ventilación	Refiérase a “Aire”					

* 1: Refiérase al Apéndice “Resumen de las Normas Ambientales (Aire)”

* 2: Refiérase al Apéndice “Resumen de las Normas Ambientales (Aguar)”

* 3: Refiérase al Apéndice “Resumen de las Normas Ambientales (Ruido)”

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

Tabla 2-16 Ejemplo del monitoreo (cierre/terminación)

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
1. Agua	Refiérase al Apéndice * 1		Lixiviados x 2 (Entrada y salida de la planta de tratamiento de lixiviados)	4 veces/año	Promotor	Promotor	\$YY
2. Suelo	Inspección del recubrimiento del suelo	—	Puntos donde se implementaron medidas de mitigación.	1 vez/mes	Promotor	Promotor	\$YY
3. Olores	Inspección del recubrimiento del suelo	Refiérase a “Suelo”					
4. Gestión del sitio luego del cierre	Temperatura subterránea del vertedero	Refiérase a la Anotación* 3	1 por cada compartimiento de disposición	2 veces/año	Promotor	Promotor	
	Gases (CH ₄ • CO ₂) * 2	Refiérase a la Anotación *4	Todas las tuberías de gas	2 veces/año	Promotor	Promotor	
	Lixiviados	Refiérase a “Agua”					
	Suelo	Refiérase a “Suelo”					
	Medidas ambientales y de higiene (Inspección de la verja perimetral y	—	Perímetro de la verja	2 veces/año	Promotor	Promotor	
			Dentro del área del vertedero x 4				

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
	recubrimiento final del suelo)						
	Estabilización del suelo	—	1 por cada compartimiento de disposición	1 vez/año	Promotor	Promotor	
	Paisaje (Inspección del recubrimiento del suelo y área verde)	—	1 por cada compartimiento de disposición	1 vez/año	Promotor	Promotor	
5. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	Capacitación de los empleados	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y herramientas de primeros auxilios	—	—	2 veces/año	Promotor	Promotor	
6. Paisaje	Refiérase a “Gestión del sitio luego del cierre”						
7. Salud, protección y seguridad de la comunidad	Inspección del recubrimiento del suelo	Refiérase a “Suelo”					
8. Accidentes	Capacitación de los empleados	Refiérase a “Entorno Laboral”					
	Inspección de los equipos de protección personal EPP y	Refiérase a “Entorno Laboral”					

Factor ambiental y social	Elemento de control	Normas	Puntos de muestreo	Frecuencia	Organización implementadora	Organización responsable	Costos
	herramientas de primeros auxilios						
9. Impactos transfronterizos y cambio climático	Gases (CH ₄ • CO ₂) *2	Refiérase a “Gestión del sitio luego del cierre”					

Referencia: Ordenanza ministerial que determina las normas de ingeniería relativas al sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y sitio de disposición final de residuos industriales. (en japonés), Ministerio de Salud y Bienestar del Japón, 1998.

* 1: Refiérase al Apéndice “Resumen de las Normas Ambientales (Agua)”

* 2 La temperatura subterránea del vertedero no debe ser anormalmente alta en comparación con el área circundante. (referencia)

* 3 Si es necesario, mida el flujo y la presión de sulfuro de hidrógeno (H₂S), amoníaco (NH₃), oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂).

* 4 Se genera poco o ningún gas del vertedero, o no se observa un aumento en la generación de gas durante más de dos años. (referencia)

Fuente: Lineamientos para la Preparación de Informes de Casos Categoría B, JICA 2017. (en japonés) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

2.3 Confirmación

Finalmente, verifique los siguientes elementos para asegurarse de que no falte ningún contenido. Se recomienda una lista de chequeo para la confirmación. Adjunte la lista de chequeo al APÉNDICE.

Tabla 2-17 Elementos de confirmación final

Categoría	Elementos	Ítems principales
1. Permisos y aprobaciones, explicaciones	(1) Explicaciones al público	1) ¿Se acepta el proyecto de una manera socialmente apropiada para el país y la localidad durante las etapas de preparación e implementación del proyecto basándonos en las consultas con las partes interesadas, como los residentes locales, realizadas mediante la divulgación de información del proyecto y los impactos potenciales? 2) ¿Se preparan los registros de dichas consultas con las partes interesadas, como los residentes locales? 3) ¿Los materiales escritos para la divulgación están preparados en un idioma y forma comprensibles para los residentes locales? 4) ¿Los informes de la EsIA están disponibles en todo momento para que los interesados, como los residentes locales, los examinen y se permita la copia de estos? 5) ¿Se dan las respuestas adecuadas a los comentarios del público y las autoridades reguladoras?
	(2) Alternativas	¿Se están considerando opciones alternativas?
2. Físico-Químico	(1) Aire	1) ¿Los contaminantes del aire, como los óxidos de azufre (SOx), los óxidos de nitrógeno (NOx), los polvos emitidos de diversas fuentes (por ejemplo, construcciones, vehículos de recolección de residuos) cumplen con las normas de emisiones? 2) ¿Existe la posibilidad de que los contaminantes atmosféricos emitidos por el proyecto generen áreas que no cumplan con las normas ambientales de calidad de aire? 3) ¿Se toman las medidas adecuadas para reducir las emisiones de GEI del proyecto?
	(2) Agua	1) ¿Los contaminantes descargados por las operaciones de la instalación cumplen con las normas ambientales de efluentes y las normas ambientales de calidad del agua? 2) ¿Los lixiviados de los sitios de disposición de residuos cumplen con las normas de efluentes? 3) ¿La calidad de las aguas residuales y pluviales sanitarias cumplen con las normas ambientales de efluentes? 4) ¿Se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por estos efluentes? ¿Existe la posibilidad de que los efluentes del proyecto generen áreas que no cumplan con las normas ambientales de calidad del agua?
	(3) Residuos	1) ¿Los residuos se tratan y se eliminan adecuadamente de acuerdo con las leyes y reglamentos? 2) ¿Los desechos peligrosos están adecuadamente separados de otros desechos, estabilizados, tratados y eliminados de acuerdo con las leyes y reglamentos?

Categoría	Elementos	Ítems principales
	(4) Suelo	1) ¿Se ha contaminado el suelo del sitio del proyecto en el pasado y se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación del suelo? Si los lixiviados se filtran de los sitios de disposición de residuos, ¿se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación del suelo y las aguas subterráneas por los lixiviados generados por los residuos?
	(5) Ruidos y vibraciones	1) ¿El ruido y las vibraciones generadas por las operaciones de la instalación y el tráfico de vehículos para la recolección y transporte de residuos cumplen con las normas?
	(6) Hundimiento	1) En el caso de la extracción de un gran volumen de agua subterránea, ¿existe la posibilidad de que se provoque un hundimiento?
	(7) Olores	1) ¿Existe alguna fuente de olor? ¿Se toman las medidas adecuadas de control de olores?
3. Biótico	(1) Áreas protegidas	1) ¿El sitio del proyecto está ubicado en áreas protegidas designadas por leyes o tratados internacionales, etc.? ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte significativamente estas áreas protegidas?
	(2) Ecosistemas y Biot	1) ¿El proyecto causa una conversión significativa o una degradación significativa de los bosques con un valor ecológico importante (incluidos los bosques primarios y los bosques naturales en áreas tropicales) y los hábitats con un valor ecológico importante (incluidos los arrecifes de coral, los humedales de manglares y marismas)? 2) En caso de que los proyectos involucren la conversión o degradación significativa de hábitats naturales, incluidos los bosques naturales, ¿se considera de manera preferencial evitar los impactos? Si los impactos son inevitables, ¿se tomarán las medidas de mitigación apropiadas? 3) ¿La evaluación de los impactos en los hábitats naturales por parte del proyecto y la consideración de las medidas de compensación se llevarán a cabo en base a la opinión de expertos? 4) ¿Se evita la tala ilegal de los bosques? 5) ¿El sitio del proyecto abarca los hábitats protegidos de especies en peligro de extinción designados por leyes o tratados internacionales, etc.? 6) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente a los organismos acuáticos? Si se anticipan impactos, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos en estos organismos acuáticos? 7) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente a la vegetación y fauna? Si se anticipan impactos, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos sobre la vegetación y fauna? 8) Si se predice algún impacto adverso en el ecosistema, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos en el ecosistema?
	(3) Topografía y Geología	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto cause una alteración a gran escala de las características topográficas y estructuras geológicas en las áreas circundantes?

Categoría	Elementos	Ítems principales
	(4) Gestión de sitios abandonados	1) ¿Se consideran planes de restauración y protección ambiental (como sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados y gases del vertedero, prevención de vertidos ilegales y reforestación) después del cierre de las instalaciones? 2) ¿Se ha establecido un marco de gestión sostenible para los sitios abandonados? 3) ¿Se establecen disposiciones financieras adecuadas para administrar los sitios abandonados?
4. Socio-económico	(1) Reasentamiento	1) ¿Se puede evitar el reasentamiento involuntario y la pérdida de medios de vida mediante la ejecución del proyecto? Si es inevitable, ¿se realizan esfuerzos para minimizar los impactos causados por el reasentamiento y la pérdida de medios de vida? 2) ¿Se les proporciona a las personas afectadas por el proyecto una compensación y apoyo adecuados para mejorar su nivel de vida, oportunidades de ingresos y niveles de producción o al menos para restaurarlos a los niveles previos al proyecto? Además, ¿se proporciona una compensación previa al costo total de reemplazo en la mayor medida posible? 3) ¿Se promueve la participación de las personas afectadas y sus comunidades en la planificación, implementación y seguimiento de los planes de acción y medidas de reasentamiento involuntario contra la pérdida de sus medios de vida? Además, ¿se establecerán mecanismos de reclamación adecuados y accesibles para las personas afectadas y sus comunidades? 4) ¿El plan de acción de reasentamiento (incluido el plan de restauración de los medios de vida según sea necesario) está preparado y divulgado al público para el proyecto que resultará en un reasentamiento a gran escala o una pérdida a gran escala de los medios de vida? ¿El plan de acción de reasentamiento incluye elementos requeridos en el estándar de la institución financiera internacional comparada en sus revisiones ambientales? 5) Al preparar un plan de acción de reasentamiento, ¿se consulta a las personas afectadas y sus comunidades en base a la información suficiente que se les pone a su disposición con anticipación y las explicaciones se dan en una forma, manera y lenguaje que sean comprensibles para las personas afectadas? 6) ¿Se ha prestado la debida atención a los grupos sociales vulnerables, como mujeres, niños, ancianos, pobres y minorías étnicas en el plan de acción de reasentamiento? 7) ¿Se han obtenido acuerdos con las personas afectadas antes del reasentamiento? 8) ¿Se ha establecido el marco organizativo para implementar adecuadamente el reasentamiento? ¿Están asegurados la capacidad y el presupuesto para implementar el plan de acción de reasentamiento? 9) ¿Se ha desarrollado un plan para monitorear los impactos del reasentamiento? 10) ¿Se paga la compensación antes del reasentamiento?
	(2) Vida y medios de vida	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente las condiciones de vida de los habitantes? ¿De ser necesario, se

Categoría	Elementos	Ítems principales
		consideran medidas adecuadas para reducir los impactos? 2) ¿Se tienen en cuenta los sistemas de reaprovechamiento y reciclaje existentes, incluyendo los recicladores? 3) ¿Existe la posibilidad de que el transporte de residuos afecte negativamente al tráfico regional? 4) ¿Existe la posibilidad de que los efluentes del proyecto y los lixiviados de los sitios de disposición de residuos afecten negativamente la pesca y otros usos del agua por parte de los habitantes locales (especialmente el agua potable)? 5) ¿Se ha prestado la debida atención a los grupos sociales vulnerables, como las mujeres, los niños, los ancianos, los pobres, las minorías étnicas y los pueblos indígenas?
	(3) Patrimonios	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto dañe o afecte patrimonios arqueológicos, históricos, culturales y religiosos locales? ¿Se consideran las medidas adecuadas para proteger estos sitios de acuerdo con las leyes?
	(4) Paisaje	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente el paisaje local? ¿Se tomarán las medidas necesarias?
	(5) Condiciones laborales (incluyendo la seguridad ocupacional)	1) ¿El proponente del proyecto no está violando ninguna ley o reglamento asociado con las condiciones laborales? 2) ¿Existen consideraciones de seguridad tangibles para las personas involucradas en el proyecto, como la instalación de equipos de seguridad que eviten accidentes industriales y la gestión de materiales peligrosos? 3) ¿Se están planificando e implementando medidas intangibles para las personas involucradas en el proyecto, como el establecimiento de un programa de seguridad y salud, y capacitación en seguridad (incluida la seguridad vial y el saneamiento público) para los trabajadores, etc.?
	(6) Salud, protección y seguridad de la comunidad	1) ¿Existe la posibilidad de que se generen enfermedades, incluidas enfermedades transmisibles, como el VIH, debido a la inmigración de trabajadores asociados al proyecto? ¿Se dan las consideraciones adecuadas a la salud pública? 2) ¿Existe la posibilidad de que se reproduzcan insectos patológicos u otros vectores de enfermedades como resultado del proyecto? 3) ¿Se están tomando las medidas adecuadas para garantizar que los guardias de seguridad involucrados en el proyecto no violen la seguridad de otras personas involucradas o de los residentes locales?
5. Notas	(1) Referencia de las listas de chequeo a otros sectores	1) Cuando sea necesario, también se deben verificar los elementos pertinentes descritos en la lista de verificación de proyectos forestales (por ejemplo, proyectos que incluyan grandes áreas de deforestación).
	(2) Notas sobre el uso de listas de chequeo ambientales	1) Si es necesario, se deben confirmar los impactos de los problemas transfronterizos o globales (por ejemplo, el proyecto incluye factores que pueden causar problemas, como el tratamiento de desechos transfronterizos, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global).

Categoría	Elementos	Ítems principales
6. Otros	(1) Impactos durante la fase de construcción	1) ¿Se consideran medidas adecuadas para reducir los impactos durante la construcción (por ejemplo, ruido, vibraciones, agua turbia, polvo, gases de escape y desechos)? 2) Si las actividades de construcción afectan negativamente el medio natural (ecosistema), ¿se consideran medidas adecuadas para reducir estos impactos? 3) Si las actividades de construcción afectan negativamente al medio social, ¿se consideran medidas adecuadas para reducir estos impactos?
	(2) Medidas para la prevención de accidentes	1) ¿Se desarrollan planes de prevención de accidentes y medidas de mitigación adecuados para cubrir los aspectos blandos y duros del proyecto, como el establecimiento de reglas de seguridad, la instalación de instalaciones y equipos de prevención y la educación de seguridad para los trabajadores? ¿Se consideran medidas adecuadas para la respuesta de emergencia ante accidentes?
	(3) Monitoreo	1) ¿Se preparan los programas de monitoreo y planes de manejo ambiental del proyecto? 2) ¿Se consideran apropiados los elementos, métodos y frecuencias incluidos en el programa de monitoreo? 3) ¿El proponente establece un marco de monitoreo (organización, personal, equipo y presupuesto adecuado para sostener el monitoreo)? 4) ¿Se han identificado requisitos reglamentarios relacionados con el sistema de informes de monitoreo, como el formato y la frecuencia de los informes del proponente a las autoridades reguladoras? 5) ¿Se planea divulgar los resultados del monitoreo a las partes interesadas del proyecto? 6) ¿Existe un mecanismo de procesamiento para resolver problemas relacionados con consideraciones ambientales y sociales señaladas por terceros?

*1) La lista de chequeo ambiental proporciona elementos ambientales generales que deben verificarse. Puede ser necesario agregar o eliminar elementos teniendo en cuenta las características del proyecto y las circunstancias particulares del país y la localidad, incluido el impacto directo e inmediato de los proyectos, el impacto derivado, secundario, acumulativo y el impacto de las instalaciones asociadas, y el impacto a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

*2) Si la asistencia se aplica a Donner. Con respecto a los Estándares para la Confirmación de la Idoneidad de las Consideraciones Ambientales y Sociales, confirmar los antecedentes y la justificación de la desviación y las medidas para rectificar si es necesario, cuando las consideraciones ambientales y sociales del proyecto se desvíen sustancialmente de las Políticas de Salvaguarda del Banco Mundial o las Normas de Desempeño de la IFC y una sección pertinente de las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, y también, cuando corresponda, compararlas con las normas establecidas por otras instituciones financieras internacionales, otras normas reconocidas internacionalmente y/o normas o buenas prácticas establecidas por países desarrollados, además de las leyes y normas ambientales del país anfitrión, nación y los gobiernos locales interesados. Para los estándares que no se han establecido en las regulaciones vigentes en el país anfitrión, examine en comparación con los estándares internacionales, como las Políticas de salvaguardia del Banco Mundial y los estándares de los países desarrollados.

Fuente: Lista de Chequeo Ambiental JBIC: 22. Gestión y disposición de residuos (1) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

3 Consideraciones Ambientales y Sociales para la rehabilitación de SDF Existentes

En la rehabilitación del sitio existente, se instalarían tuberías de gas y se llevará a cabo el recubrimiento del suelo para mitigar impactos ambientales negativos como lixiviados y olores.

No se requiere un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) equivalente a la Categoría A en la rehabilitación. Sin embargo, los detalles de las consideraciones ambientales y sociales deben estar preparados en el plan de desarrollo presentado por cada Municipio. Se espera que el nivel de implementación sea equivalente a una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de Categoría B. El procedimiento desde la determinación del alcance hasta la preparación del plan de monitoreo es el mismo que para la construcción de un nuevo sitio de disposición.

3.1 Elementos de evaluación ambiental

Los elementos de evaluación ambiental recomendados en la rehabilitación se muestran en la Tabla 3-1. No se espera ningún impacto en la reserva, la topografía y la geología, la reubicación o el patrimonio cultural en la rehabilitación. Sin embargo, si es necesario, como por ejemplo si hay una superposición entre una reserva y un sitio de disposición, se requiere consultar con las organizaciones pertinentes y considerar cómo tratar esta situación.

Tabla 3-1 Elementos de evaluación ambiental recomendados en la rehabilitación

Medio	Subelementos	Actividades para cada fase del proyecto/ evaluación de impacto por magnitud												
		Obras de rehabilitación			Operación						Cierre/Terminación			
Físico-químico		Operación de los vehículos de construcción	Operación de los vehículos utilizados para transportar materiales, maquinaria y subproductos de las Obras de Rehabilitación	Obras de rehabilitación	Existencia de SDF	Operación de los vehículos de vertido/recubrimiento de suelo	Operación de las instalaciones de tratamiento de lixivados	Operación de los vehículos utilizados para transportar residuos y material de cobertura	Existencia y descomposición de residuos	Descarga de aguas de tratamiento de lixivados	Obras de cierre	Existencia y descomposición de residuos	Operación de las instalaciones de tratamiento de lixivados	Descarga de aguas de tratamiento de lixivados
	1.Aire	☐ (cuando sea necesario)	☐ (cuando sea necesario)		☒ (Humo y polvo causado por el vertido)	☒ (Lixiviados)					☐ (Para Obras de cierre)	☐ (Para Obras de cierre)	☐ (Para Obras de cierre)	☐ (Para Obras de cierre)
	2.Agua	☐ (cuando sea necesario)	☐ (cuando sea necesario)										☐	
	3.Residuos							☐						
	4.Suelo	☐ (cuando sea necesario)	☐ (cuando sea necesario)					☐					☐	
	5.Ruidos y vibraciones	☐ (cuando sea necesario)	☐ (cuando sea necesario)					☐				☐ (Para Obras de cierre)	☐ (Para Obras de cierre)	☐ (Para Obras de cierre)

	6. Hundimiento del terreno	☐ (cuando sea necesario)		☐ (Para Obras de cierre)
	7. Olores	☐ (cuando sea necesario)	⊙ (Olores de residuos)	☐
Biótico	1. Ecosistemas y biota	☐	☐	
	2. Gestión del sitio luego del cierre			⊙ (Gases y lixiviados de residuos)
Socio-económico	1. Medios de vida	☐ (Antes de la rehabilitación)	☐	
	2. Paisaje		☐	☐
	3. Entorno laboral (incluyendo seguridad ocupacional)	☐	☐	☐
	4. Salud, protección y seguridad de la comunidad	☐	⊙ (Plagas)	☐
Otros	1. Accidentes	☐	☐	☐
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático	☐	☐	☐

☐ : Elementos que requieren de un nivel de evaluación mínimo.

⊙ : Elementos que requieren una consideración especial.

Fuente: Expertos de la JICA

4 Consideraciones ambientales y sociales para el cierre de sitios de disposición final existentes

Existen 3 pasos tales como: las obras de cierre, monitoreo y terminación/uso del sitio en las consideraciones ambientales y sociales para el cierre de sitios de disposición final existentes

En la obra de cierre, las medidas contra los impactos ambientales de la construcción serán consideradas como construcción de un nuevo sitio de disposición. Además, para la gestión del sitio, se instalarían tuberías de ventilación de gas e instalaciones de tratamiento de lixiviados.

En el monitoreo, el monitoreo de gases, lixiviados y aguas subterráneas se llevará a cabo como parte del programa de gestión del sitio para monitorear la estabilización de los residuos vertidos

En la terminación/uso del sitio, como parte del programa de gestión del sitio, la ubicación de las instalaciones se cambiaría según sea necesario. (por ejemplo, la instalación de tuberías de gas horizontales o la reducción de tuberías de gas verticales para su uso en el sitio)

No se requiere un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) equivalente a la Categoría A en el cierre. Sin embargo, los detalles de las consideraciones ambientales y sociales deben estar preparados en el plan de desarrollo presentado por cada municipio. Se espera que el nivel de implementación sea equivalente a una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de Categoría B. El procedimiento desde la determinación del alcance hasta la preparación del plan de monitoreo es el mismo que para la construcción de un nuevo sitio de disposición.

4.1 Elementos de evaluación ambiental

Los elementos de evaluación ambiental para el cierre de sitios de disposición final existentes se muestran en la Tabla 4-1. Se debe prestar especial atención a los medios de vida y subsistencia de los recicladores.

Tabla 4-1 Elementos de evaluación ambiental recomendados en el cierre

Medio	Subelementos	Actividades para cada fase del proyecto/ evaluación de impacto por magnitud						
		Obras de cierre			Monitoreo			
		Obras de cierre	Operación de los vehículos de construcción	Operación de los vehículos utilizados para transportar materiales, maquinaria y subproductos de las Obras de Cierre	Existencia del SDF	Existencia y descomposición de residuos	Operación de las instalaciones de tratamiento de lixiviados	Descarga de aguas de tratamiento de lixiviados
Físico-químico	1.Aire			O (Para Obras de cierre)				
	2.Agua			O				
	3.Residuos							
	4.Suelo			O				
	5.Ruidos y vibraciones			O (Para Obras de cierre)				
	6.Hundimiento del terreno			O (Para Obras de cierre)				
	7.Olores			O				
Biótico	1. Ecosistemas y biota							
	2. Gestión del sitio luego del cierre	© (Gases y lixiviados de residuos)			O			O
	1.Reasentamiento	O (Antes del cierre)						

Socio-económico	2. Medios de vida				
	1 Medios de vida				
	2. Paisaje				
Otros	1. Accidentes				
	2. Impactos transfronterizos y cambio climático				

O : Elementos que requieren de un nivel de evaluación mínimo.

© : Elementos que requieren una consideración especial.

Fuente: Expertos de la JICA

5 Creación de consenso

La gestión adecuada de residuos por parte de los municipios, la comprensión y cooperación de los residentes en la gestión de residuos es esencial para una gestión adecuada de residuos.

Sin embargo, aunque los vecinos reconocen que la gestión de residuos (especialmente los sitios de disposición final) es un servicio público necesario para asegurar una vida higiénica, por lo general se oponen a que se implemente en sus zonas residenciales porque creen que generará olores, ruidos, y demás tipos de contaminación. Este problema se conoce como el problema NIMBY ¹ («no en mi patio trasero») y es común en todo el mundo.

Por lo tanto, la construcción de un sitio de disposición final en particular requiere promover la comprensión de los residentes.

Para lograr que los residentes comprendan lo que es un sitio de disposición final, es necesario comunicar suficiente información sobre la necesidad del sitio de disposición final como parte del proceso de gestión de residuos, así como las consideraciones ambientales, sociales y de seguridad durante la construcción y operación.

Se recomienda tener un lugar apropiado para la comunicación con el brindar dicha información y tener una discusión completa con los residentes sobre sus inquietudes y preguntas. En esa comunicación, es importante generar consenso a través de esfuerzos para resolver los problemas de manera racional a fin de que se pueda lograr un entendimiento mutuo entre los residentes y el gobierno. Además, si es posible, los residentes y el gobierno deben trabajar juntos en la gestión de residuos para crear una planificación participativa desde la fase del plan básico de gestión de residuos, y como parte del plan, se recomienda que se tomen medidas para el desarrollo de un plan de sitio de disposición final con la participación de los residentes para la creación de consenso.

La toma de decisiones democrática es esencial para la creación de consenso, para la toma de decisiones es importante asegurar el respeto a los derechos humanos, la participación de las partes interesadas, la transparencia de la información, la responsabilidad y la eficiencia. Las consideraciones ambientales y sociales serán una herramienta de comunicación para la creación de consenso.

5.1 Partes interesadas

Las partes interesadas son personas y grupos (incluidos los residentes informales) que se verán afectados por el proyecto de disposición final, como los residentes locales, los recicladores, los propietarios de tierras y las empresas que operan en los alrededores. Las partes interesadas también pueden incluir ONGs que trabajen en el área, personas y organizaciones con conocimiento u opiniones sobre el proyecto de disposición final, gobiernos locales, operadores de sitios de disposición final y el Ministerio del Medio Ambiente.

Las partes interesadas deben determinarse caso por caso, teniendo en cuenta el contenido del

¹ "NIMBY" es la abreviatura de "Not In My Backyard" (no en mi patio trasero). El término se utiliza para describir a los residentes y su actitud de permitir instalaciones públicas necesarias pero oponerse a que se construyan en sus propios espacios.

proyecto y las circunstancias que lo rodean. Además, se debe dar la debida consideración a los grupos socialmente vulnerables como las mujeres, los niños, los ancianos, los pobres y las minorías étnicas. Los jóvenes, los objetivos de reubicación, las mujeres cabeza de familia, las personas sin tierra y las personas que no son legalmente elegibles para una compensación con relación a la adquisición de tierras también podrían considerarse como posibles objetivos. Además, dependiendo de la región, las personas que pueden ser socialmente vulnerables debido a su condición (raza, color, género, idioma, religión, opinión política o de otro tipo, bienes, nacimiento, etc.) o factores (género, edad, etnia, cultura, alfabetización, enfermedad (física o mental), discapacidad, desventaja económica, dependencia de recursos naturales únicos, etc.) también serán consideradas. (Para más información sobre las partes interesadas en los EsIA/DIA, Vea la Guía de **PARTICIPACIÓN PÚBLICA REPÚBLICA DOMINICANA**).

Además, la participación de las comunidades locales en la gestión de residuos sólidos es importante para la creación de consenso, siendo los residentes y las comunidades locales las partes interesadas más importantes.

Es importante que las diversas partes interesadas se involucren y que cada uno de ellos cumpla con sus diferentes roles y responsabilidades.

5.2 Divulgación de información

La creación de consenso requiere de la participación de los residentes, y la participación requiere información para las decisiones. Para obtener la comprensión de los residentes, se pueden realizar discusiones y lograr un consenso al proporcionar información como el proceso de gestión de residuos sólidos, la necesidad del sitio de disposición final, las consideraciones ambientales y sociales y la seguridad durante la construcción y operación además de una respuesta sincera a las inquietudes y preguntas de los residentes. Para la creación de consenso, es importante tener un lugar para la divulgación de información para una comunicación honesta y transparente. Además, el intercambio de información con los gobiernos locales y las comunidades que tienen experiencias similares en la implementación de proyectos de desarrollo de sitios de disposición final también es efectivo para generar consenso.

En el proceso de consideraciones ambientales y sociales en la fase de planificación y evaluación de impacto ambiental, que se describe más adelante, sería posible promover la creación de consenso mediante la divulgación de información sobre predicciones y evaluaciones de tecnologías y métodos a utilizar en el sitio de disposición final, así como las medidas de mitigación que deben ponerse a disposición del público para promover la comprensión de las partes interesadas y tomar en cuenta las opiniones de los residentes locales.

La siguiente es una lista de requerimientos mínimos para las explicaciones de un sitio de disposición final que profundizará la comprensión de los residentes.

Tabla 5-1 Información sobre los sitios de disposición final

Ítem	Contenido
Proceso de Planificación	• Proceso de selección de sitios candidatos • Planificación, diseño y construcción (método de disposición, tecnología de barrera de agua, tecnología de tratamiento de lixiviados, tecnología de detección de fugas, etc.) • Comparación de las alternativas, incluyendo los sitios candidatos y tecnologías etc.
Gestión de riesgos ambientales	• Restricciones sobre lo que puede llevar o depositar en el sitio de disposición final • Sistema de control en la recepción de residuos • Un sistema integral de seguimiento y control, que incluye medidas para contrarrestar accidentes etc.

Fuente: Expertos de la JICA

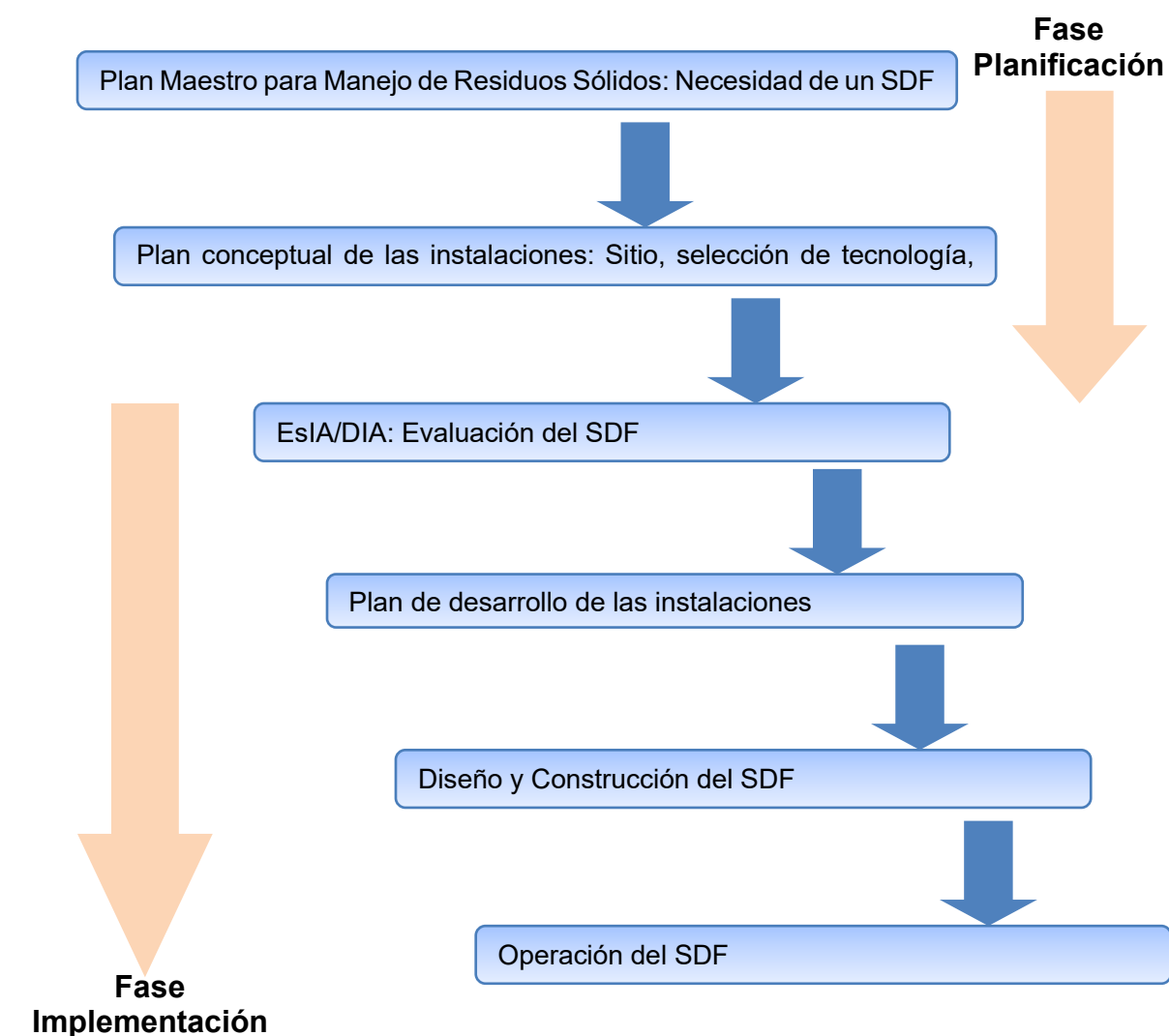
5.3 Compensación

Las instalaciones de tratamiento de residuos, como los sitios de disposición final, son instalaciones NIMBY («no en mi patio trasero, pero son necesarias para un entorno de vida higiénico y, que finalmente, se desarrollarían en algún área. Otro método para crear consenso es considerar la compensación para la comunidad local y los residentes que aceptan el desarrollo de la instalación para igualar la carga sobre la comunidad. Los siguientes ejemplos pueden ser considerados para compensación.

- Proporcionar infraestructura social como caminos, agua, electricidad a la comunidad y mejorar los caminos circundantes.
- Desarrollo de instalaciones que mejoren la calidad de vida de los residentes locales, como escuelas, centros de salud, áreas de recreación y áreas verdes para zonas de amortiguamiento.
- Fomento del empleo local a través de los proyectos mencionados.
- Establecer el incentivo para los municipios que habilitan los sitios de disposición final frente a los municipios que transportan sus residuos al sitio de disposición final.

5.4 Consideraciones Ambientales y Sociales en la fase de planificación

Para la operación de un sitio de disposición final, cada municipio pasará por el plan maestro para el manejo de residuos sólidos, el plan conceptual de la instalación, el EsIA/DIA, el plan de desarrollo de la instalación, el diseño y la construcción de la instalación, y luego el sitio de disposición final estará listo para el servicio.



Fuente: Expertos de la JICA

Figura 5-1 Flujo del desarrollo de un proyecto de sitio de disposición final

En la implementación de proyectos de gestión de residuos, hay dos fases: la fase de planificación y la fase de implementación del proyecto, se recomienda que las consideraciones ambientales y sociales se implementen en cada fase.²

Dado que los proyectos de desarrollo de instalaciones nocivas, como los sitios de disposición final, tienen problemas de NIMBY («no en mi patio trasero»), es importante generar consenso para que los residentes y el gobierno trabajen juntos en la gestión de residuos sólidos.

La evaluación de impacto ambiental realizada en la fase de implementación del proyecto se limita a consideraciones ambientales y sociales factibles debido a que el plan ya es concreto. Por lo tanto, al estudiar la necesidad de un sitio de disposición final, la posibilidad de un sitio

² Las consideraciones ambientales y sociales en la etapa de planificación no son legalmente requeridas en la República Dominicana. Sin embargo, para recibir el apoyo del Banco Mundial y otros donantes nacionales, se requiere la creación de consenso entre los residentes locales y la consideración de alternativas en la fase de planificación.

de disposición final regional y el sitio para un sitio de disposición final en la fase de planificación, será más fácil considerar el impacto ambiental y social del proyecto, y la factibilidad del proyecto se mejorará.

Un enfoque específico sería comenzar un acercamiento honesto y transparente a las comunidades relevantes desde las primeras fases de planificación. Por ejemplo, se podrían considerar reuniones con representantes de grupos comunitarios locales organizados (juntas de vecinos, asociaciones culturales y deportivas, etc.). Este enfoque también ayudará a comunicar la información del proyecto a la comunidad. Otro enfoque podría ser trabajar con los gobiernos locales para desarrollar soluciones integradas y sostenibles al problema de los residuos sólidos mediante el establecimiento de un Comité de Manejo Integral de Residuos Sólidos compuesto por miembros clave de la comunidad.

5.4.1 Alternativas

Es importante considerar las opiniones de los residentes a través de la divulgación de información estableciendo y evaluando alternativas en cada fase, como la planificación y la evaluación de impacto ambiental. A continuación, se muestran ejemplos de elementos alternativos en cada fase. Para las consideraciones ambientales y sociales en la fase de planificación, se recomienda considerar y comparar múltiples alternativas

Fase Planificación

En esta fase, se consideran alternativas (incluso sin proyecto) para el sitio de disposición final. El plan se puede revisar. Considerar este procedimiento en esta fase puede evitar que el proyecto se atasque en la fase EIA / IEE.

***Los ejemplos de alternativas son los siguientes:**

- Alternativas de ubicaciones para el sitio de disposición final
- Alternativas de tecnología para usar en el sitio de disposición final
- Medidas para reducir los residuos, incluido el tratamiento intermedio, etc.



Fase EIA/DIA

En esta fase la ubicación del sitio de disposición final se ha decidido en el plan y la implementación del proyecto se vuelve más concreta.

En esta fase es difícil revisar el plan en sí. Sin embargo, se identifican los requisitos para las consideraciones ambientales y sociales, se predicen los impactos en función del estado actual y se establecen las medidas de mitigación.

EIA o DIA están determinados por la capacidad del sitio de disposición final.

*** Los ejemplos de alternativas son los siguientes (La alternativa de ubicación no está incluida):**

- Alternativas de tecnología para usar en el sitio de disposición final, etc.

Fuente: Expertos de la JICA

Figura 5-2 Establecer alternativas en cada fase

Los siguientes son elementos que deben considerarse durante la fase de planificación para comparar y considerar alternativas. Estos ítems son los contenidos del Plan Maestro para el manejo de residuos sólidos (ver manual del Plan Maestro para el manejo de residuos sólidos). En particular, dado que la política sobre la necesidad de un sitio de disposición final será mencionada en el plan maestro para el manejo de residuos sólidos, se recomienda considerar el plan conceptual de la instalación de disposición final en base a ella. El contenido mínimo del plan conceptual de la instalación de disposición final debe incluir lo siguiente.

Tabla 5-2 Contenido mínimo del plan conceptual de la instalación de disposición final

Ítem	Contenido
Cantidad de residuos	Cantidad de residuos aproximada para el futuro
Método de recolección/transporte	- Vehículos de recolección y transporte - Frecuencia de aceptación de los vehículos de recolección y transporte, etc.
Método de tratamiento	Se recomienda que las medidas para reducir los residuos sean también consideradas
Método de disposición y tecnología aplicable	- Método de disposición y tecnología aplicable (en cumplimiento con los requerimientos técnicos) - Cálculo del área requerida en base al volumen de disposición residuos proyectado a future - Alternativas
Selección del sitio	- Selección del sitio para implementar el sitio de disposición (en cumplimiento con los requerimientos técnicos) - Alternativas
Impacto ambiental	- Gases de escape, ruidos, vibraciones, olores, polvo, etc. (en cumplimiento con los requerimientos técnicos) - Impacto de los vehículos de recolección de residuos en el tráfico
Impacto social	Consideración para recicladores, etc.
Costo del proyecto	Costo estimado del proyecto
Entidad operativa	Gobierno local, sector privado, etc.

Fuente: Expertos de la JICA

1) Alternativas (ejemplo)

A continuación, se muestra un ejemplo de la comparación de alternativas en la fase de planificación. Las alternativas incluyen el plan de opción cero, que no implementa el proyecto. Esto aclara la necesidad e idoneidad del proyecto y hará que sea más fácil de entender para los residentes.

Además, se estudiarán, pronosticarán y evaluarán los impactos (asuntos relacionados con el medio ambiente y la sociedad en la fase de operación) para cada alternativa a través de datos existentes y estudios de campo si es necesario. Sobre la base de los resultados, minimizar el impacto de la implementación del proyecto en las consideraciones ambientales y sociales consultando y reflejando las opiniones de los residentes.

Tabla 5-3 Comparación de alternativas en la fase de Planificación (ejemplos)

Ítem		Sin Proyecto	Proyecto de un Relleno Sanitario Regional		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Resumen del Proyecto	Ubicación	Relleno Existente	"Municipio A" Sitio A (Sitio existente)	"Municipio A" Sitio B (Nuevo Sitio)	"Municipio B" (Zona Industrial)
	Tecnología	-	Sistema Semi-aeróbico Con tratamiento de agua Recicladores organizados	Sistema Semi-aeróbico Con tratamiento de agua	Sistema Semi-aeróbico Con tratamiento de agua
Evaluación	Uso de Suelo	X	Efecto Pequeño No se necesita un nuevo Sitio	Gran Efecto Se necesita un nuevo Sitio	Efecto Pequeño Aceptación Social
	Técnica	X	○	○	○
	Ambiental	X	○	○	○
	Social	X	○ Recicladores organizados	△ Reubicación de residentes	○ No recicladores, No residentes
	Económica	Pequeño	Mediano Adquisición Tierra: Pequeño Construcción: Grande Transporte: Pequeño Operación: Grande	Mediano Adquisición Tierra: Grande Construcción: mediano Transporte: mediano Operación: mediano	Grande Adquisición Tierra: Pequeño Construcción: Grande Transporte: Grande Operación: Grande
Selección y justificación		X	○	△	△

○: Bueno, △: Regular, x: Deficiente

※1. 1. Ubicación del sitio de disposición final (p. ej., sitio de disposición final regional local x diferentes sitios alternativos dentro de la ciudad, sitio de disposición final regional fuera de la ciudad)

※2. Tecnología del sitio de disposición final (semi-aeróbico/anaeróbico, sistema de lixiviados (con o sin, etc.)

※3. Consideración de las alternativas de tecnologías a ser llevadas a cabo durante la evaluación de impacto ambiental (EsiA/DIA).

Fuente: Expertos de la JICA

6 Apéndice

6.1 Resumen de las Normas Ambientales

6.1.1 Aire

Las normas ambientales relacionadas al aire se muestran en esta sección. Refiérase a “Normas Ambientales de Calidad del Aire y Control de Emisiones (NA-AI-001-03)”.

1) Estándares de calidad del aire

Los estándares de calidad del aire se muestran en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 Estándares de calidad del aire

CONTAMINANTE	TIEMPO PROMEDIO	LÍMITE PERMISIBLE ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Partículas suspendidas totales (PST) * ¹	Anual	80
	24 horas	230
Partículas fracción (PM-10)	Anual	50
	24 horas	150
Partículas fracción (PM-2.5)	Anual	15
	24 horas	65
Dióxido de azufre (SO_2)	Anual	100
	24 horas	150
	1 hora	450
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Anual	100
	24 horas	300
	1 hora	400
Ozono (O_3)	8 horas	160
	1 hora	250
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10,000
	1 hora	40,000
Hidrocarburos (no-metano) (CH)	3 horas	160
Plomo (Pb)	Trimestral	1.5
	Anual	2.0

Fuente: Norma Ambiental de Calidad del Aire (NA-AI-001-03)

*1 Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro ronda entre los 0.3 μm a 10 μm) como el polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen

2) Estándares de emisiones vehiculares

Los límites máximos de opacidad para el humo emitido por vehículos con motor diésel se muestran en la Tabla 6-2.

Los límites son diferentes dependiendo del año de fabricación del vehículo: 80% para los

vehículos fabricados antes del 2000 y 70 % para los vehículos fabricados después del 2001.

Tabla 6-2 Límites máximos de opacidad para el humo emitido por vehículos con motor diésel

AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO	EMISIÓN DE HUMO
≤ 2000	80% de opacidad
2001≤	70% de opacidad

Fuente: Norma ambiental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de vehículos (NA-AI-003-03)

Los límites máximos de emisiones para vehículos con motor de ignición se muestran en la Tabla 6-3. Su límite es diferente dependiendo del año de fabricación del vehículo.

Tabla 6-3 Límites máximos de emisiones para vehículos con motor de ignición

AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO	CO (%vol.)	CO ₂ (%vol.)	Hidrocarburos (ppm)
≤ 1980	6%	8%	1,200
1981 – 1999	4.50%	10.50%	600
≥ 2000	0.50%	12%	125

Fuente: Norma ambiental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de vehículos (NA-AI-003-03)

6.1.2 Ruido

Las normas ambientales relacionadas a los ruidos se muestran en esta sección. Refiérase a “Norma Ambiental para la protección contra ruidos (NA-RU-001-03)”

Los niveles de emisiones de ruidos máximos permisibles se muestran en la Tabla 6-4. Estos valores se determinan de acuerdo al uso del terreno.

Tabla 6-4 Niveles de emisiones de ruidos máximos permisibles en decibeles (dB)
(A)

CATEGORÍAS DE ÁREAS		Ruido externo dB(A)	
		DIURNO (7 AM - 9 PM)	NOCTURNO (9 PM - 7 AM)
Área I: Zonas de Tranquilidad	Hospitales, centros de salud, bibliotecas	55	50
	Oficinas y escuelas	60	55
	Zoológico, Jardín Botánico	60	55
	Áreas de quietud para la preservación de hábitat	60	50
Área II: Zona Residencial	Área Residencial	60	50
	Área Residencial con industrias o comercios alrededor	65	55
Área III: Zona Comercial	Área Industrial	70	55
	Área Comercial	70	55
Área IV: a) Carreteras con uno o más Carriles y una Vía	A través de Área I	60	50
	A través de Área II	65	55
	A través de Área III	70	60
Área IV: b) Carreteras con dos o más carriles y varias vías	A través de Área I	65	55
	A través de Área II	65	60
	A través de Área III	70	65

Fuente: Norma Ambiental para la protección contra ruidos (NA-RU-001-03)

Las regulaciones de ruido de actividades esperadas en el proyecto de sitio de disposición se muestran en la Tabla 6-5.

El valor de regulación para equipos de construcción es de 95 (dB) A (7:00 AM - 7:00 PM), las operaciones después de las 7:00 p.m. están prohibidas.

Tabla 6-5 Regulaciones para actividades específicas

ACTIVIDAD	ÁREAS	PERÍODO	PARÁMETRO (dB) A
Bocinas vehiculares	Todas las áreas	Diurno	70
		Nocturno	70
Alto parlantes	Todas las áreas, excepto las de tranquilidad. Áreas de tranquilidad	Diurno	70
		Nocturno	Prohibido
	Áreas de tranquilidad		Prohibido
Equipos de construcción de obras públicas y privadas	En todas las áreas	7:00 a.m.-7:00 p.m.	95*1
		Nocturno	Prohibido

*1 Este valor es un promedio, permitido al equipo o maquinaria, se deben tomar medidas de protección y mitigación para mantener los niveles de áreas establecidos en esta Norma.

Fuente: Norma Ambiental para la protección contra ruidos (NA-RU-001-03)

6.1.3 Agua

Las normas ambientales de calidad del agua (Estándar A) y la norma ambiental sobre calidad de aguas subterráneas y descargas al subsuelo (Estándar B) se resumen debajo. Las unidades se expresan en mg/L a menos que se especifique lo contrario.

Tabla 6-6 Estándares de calidad del agua

Parámetros	Estándar A	Estándar B
* Coliformes Totales (NMP/100mL)	1,000	1,000
* Coliformes Fecales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Color Aparente (Pt-Co)	50	50
*pH	6.5-8.5	6.0-8.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5	100
Demanda Química de Oxígeno (DBQ)	-	400
Sólidos Suspendidos Totales	-	50
Sólidos Totales Disueltos	1,000	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₄)	0.5	20
Nitrógeno Total	-	30
Aceites y Grasas	1	10
Fósforo Total	0.025	3
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	> 70	-
Nitrógeno de Nitrato + Nitrógeno de Nitrito	10	15
Cianuro Total	0.1	0.2

Fuente: Norma Ambiental Sobre Calidad del Agua y Control de Descargas

6.2 Lista de chequeo

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
1. Permisos y aprobaciones, explicaciones	(1) Explicaciones al público	1) ¿Se acepta el proyecto de una manera socialmente apropiada para el país y la localidad durante las etapas de preparación e implementación del proyecto basándonos en las consultas con las partes interesadas, como los residentes locales, realizadas mediante la divulgación de información del proyecto y los impactos potenciales? 2) ¿Se preparan los registros de dichas consultas con las partes interesadas, como los residentes locales? 3) ¿Los materiales escritos para la divulgación están preparados en un idioma y forma comprensibles para los residentes locales? 4) ¿Los informes de la EslA están disponibles en todo momento para que los interesados, como los residentes locales, los examinen y se permita la copia de estos? 5) ¿Se dan las respuestas adecuadas a los comentarios del público y las autoridades reguladoras?	1) 2) 3) 4) 5)	
	(2) Alternativas	¿Se están considerando opciones alternativas?	1)	
2. Medidas para combatir la contaminación	(1) Aire	1) ¿Los contaminantes del aire, como los óxidos de azufre (SOx), los óxidos de nitrógeno (NOx), los polvos emitidos de diversas fuentes (por ejemplo, construcciones, vehículos de recolección de residuos) cumplen con las normas de emisiones? 2) ¿Existe la posibilidad de que los contaminantes atmosféricos emitidos por el proyecto generen áreas que no cumplan con las normas ambientales de calidad de aire? 3) ¿Se toman las medidas adecuadas para reducir las emisiones de GEI del proyecto?	1) 2) 3)	
	(2) Agua	1) ¿Los contaminantes descargados por las operaciones de la instalación cumplen con las normas ambientales de efluentes y las normas ambientales de calidad del agua? 2) ¿Los lixiviados de los sitios de disposición de residuos cumplen con las normas de efluentes?	1) 2) 3) 4)	

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N		Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
3. Medio natural		3) ¿La calidad de las aguas residuales y pluviales sanitarias cumplen con las normas ambientales de efluentes? 4) ¿Se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por estos efluentes? ¿Existe la posibilidad de que los efluentes del proyecto generen áreas que no cumplan con las normas ambientales de calidad del agua?			
	(3) Residuos	1) ¿Los residuos se tratan y se eliminan adecuadamente de acuerdo con las leyes y reglamentos? 2) ¿Los desechos peligrosos están adecuadamente separados de otros desechos, estabilizados, tratados y eliminados de acuerdo con las leyes y reglamentos?	1) 2)	1) 2)	
	(4) Suelo	1) ¿Se ha contaminado el suelo del sitio del proyecto en el pasado y se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación del suelo? Si los lixiviados se filtran de los sitios de disposición de residuos, ¿se toman las medidas adecuadas para prevenir la contaminación del suelo y las aguas subterráneas por los lixiviados generados por los residuos?	1)	1)	
	(5) Ruidos y vibraciones	1) ¿El ruido y las vibraciones generadas por las operaciones de la instalación y el tráfico de vehículos para la recolección y transporte de residuos cumplen con las normas?	1)	1)	
	(6) Hundimiento	1) En el caso de la extracción de un gran volumen de agua subterránea, ¿existe la posibilidad de que se provoque un hundimiento?	1)	1)	
	(7) Olores	1) ¿Existe alguna fuente de olor? ¿Se toman las medidas adecuadas de control de olores?	1)	1)	
	(1) Áreas protegidas	1) ¿El sitio del proyecto está ubicado en áreas protegidas designadas por leyes o tratados internacionales, etc.? ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte significativamente estas áreas protegidas?	1)	1)	
	(2) Ecosistemas y Biota	1) ¿El proyecto causa una conversión significativa o una degradación significativa de los bosques con un valor ecológico	1) 2)	1) 2)	

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
		importante (incluidos los bosques primarios y los bosques naturales en áreas tropicales) y los hábitats con un valor ecológico importante (incluidos los arrecifes de coral, los humedales de manglares y marismas)? 2) En caso de que los proyectos involucren la conversión o degradación significativa de hábitats naturales, incluidos los bosques naturales, ¿se considera de manera preferencial evitar los impactos? Si los impactos son inevitables, ¿se tomarán las medidas de mitigación apropiadas? 3) ¿La evaluación de los impactos en los hábitats naturales por parte del proyecto y la consideración de las medidas de compensación se llevarán a cabo en base a la opinión de expertos? 4) ¿Se evita la tala ilegal de los bosques? 5) ¿El sitio del proyecto abarca los hábitats protegidos de especies en peligro de extinción designados por leyes o tratados internacionales, etc.? 6) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente a los organismos acuáticos? Si se anticipan impactos, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos en estos organismos acuáticos? 7) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente a la vegetación y fauna? Si se anticipan impactos, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos sobre la vegetación y fauna? 8) Si se predice algún impacto adverso en el ecosistema, ¿se tomarán las medidas adecuadas para reducir los impactos en el ecosistema?	3) 4) 5) 6) 7) 8)	
	(3) Topografía y Geología	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto cause una alteración a gran escala de las características topográficas y estructuras geológicas en las áreas circundantes?	1)	1)

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
	(4) Gestión de sitios abandonados	1) ¿Se consideran planes de restauración y protección ambiental (como sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados y gases del vertedero, prevención de vertidos ilegales y reforestación) después del cierre de las instalaciones? 2) ¿Se ha establecido un marco de gestión sostenible para los sitios abandonados? 3) ¿Se establecen disposiciones financieras adecuadas para administrar los sitios abandonados?	1) 2) 3)	
4. Medio Socio-económico	(1) Reasentamiento	1) ¿Se puede evitar el reasentamiento involuntario y la pérdida de medios de vida mediante la ejecución del proyecto? Si es inevitable, ¿se realizan esfuerzos para minimizar los impactos causados por el reasentamiento y la pérdida de medios de vida? 2) ¿Se les proporciona a las personas afectadas por el proyecto una compensación y apoyo adecuados para mejorar su nivel de vida, oportunidades de ingresos y niveles de producción o al menos para restaurarlos a los niveles previos al proyecto? Además, ¿se proporciona una compensación previa al costo total de reemplazo en la mayor medida posible? 3) ¿Se promueve la participación de las personas afectadas y sus comunidades en la planificación, implementación y seguimiento de los planes de acción y medidas de reasentamiento involuntario contra la pérdida de sus medios de vida? Además, ¿se establecerán mecanismos de reclamación adecuados y accesibles para las personas afectadas y sus comunidades? 4) ¿El plan de acción de reasentamiento (incluido el plan de restauración de los medios de vida según sea necesario) está preparado y divulgado al público para el proyecto que resultará en un reasentamiento a gran escala o una pérdida a gran escala de los medios de vida? ¿El plan de acción de reasentamiento incluye elementos requeridos en el estándar de la institución financiera internacional comparada en sus revisiones ambientales?	1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10)	

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
		5) Al preparar un plan de acción de reasentamiento, ¿se consulta a las personas afectadas y sus comunidades en base a la información suficiente que se les pone a su disposición con anticipación y las explicaciones se dan en una forma, manera y lenguaje que sean comprensibles para las personas afectadas? 6) ¿Se ha prestado la debida atención a los grupos sociales vulnerables, como mujeres, niños, ancianos, pobres y minorías étnicas en el plan de acción de reasentamiento? 7) ¿Se han obtenido acuerdos con las personas afectadas antes del reasentamiento? 8) ¿Se ha establecido el marco organizativo para implementar adecuadamente el reasentamiento? ¿Están asegurados la capacidad y el presupuesto para implementar el plan de acción de reasentamiento? 9) ¿Se ha desarrollado un plan para monitorear los impactos del reasentamiento? 10) ¿Se paga la compensación antes del reasentamiento?		
	(2) Vida y medios de vida	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente las condiciones de vida de los habitantes? ¿De ser necesario, se consideran medidas adecuadas para reducir los impactos? 2) ¿Se tienen en cuenta los sistemas de reaprovechamiento y reciclaje existentes, incluyendo los recicladores? 3) ¿Existe la posibilidad de que el transporte de residuos afecte negativamente al tráfico regional? 4) ¿Existe la posibilidad de que los efluentes del proyecto y los lixiviados de los sitios de disposición de residuos afecten negativamente la pesca y otros usos del agua por parte de los habitantes locales (especialmente el agua potable)? 5) ¿Se ha prestado la debida atención a los grupos sociales vulnerables, como las mujeres, los niños, los ancianos, los pobres, las minorías étnicas y los pueblos indígenas?	1) 2) 3) 4) 5)	1) 2) 3) 4) 5)

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales		Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)	
	(3) Patrimonios	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto dañe o afecte patrimonios arqueológicos, históricos, culturales y religiosos locales? ¿Se consideran las medidas adecuadas para proteger estos sitios de acuerdo con las leyes?	1)	1)	1)	
	(4) Paisaje	1) ¿Existe la posibilidad de que el proyecto afecte negativamente el paisaje local? ¿Se tomarán las medidas necesarias?	1)	1)	1)	
	(5) Condiciones laborales (incluyendo la seguridad ocupacional)	1) ¿El proponente del proyecto no está violando ninguna ley o reglamento asociado con las condiciones laborales? 2) ¿Existen consideraciones de seguridad tangibles para las personas involucradas en el proyecto, como la instalación de equipos de seguridad que eviten accidentes industriales y la gestión de materiales peligrosos? 3) ¿Se están planificando e implementando medidas intangibles para las personas involucradas en el proyecto, como el establecimiento de un programa de seguridad y salud, y capacitación en seguridad (incluida la seguridad vial y el saneamiento público) para los trabajadores, etc.?	1) 2) 3)	1) 2) 3)	1) 2) 3)	
	(6) Salud, protección y seguridad de la comunidad	1) ¿Existe la posibilidad de que se generen enfermedades, incluidas enfermedades transmisibles, como el VIH, debido a la inmigración de trabajadores asociados al proyecto? ¿Se dan las consideraciones adecuadas a la salud pública? 2) ¿Existe la posibilidad de que se reproduzcan insectos patológicos u otros vectores de enfermedades como resultado del proyecto? 3) ¿Se están tomando las medidas adecuadas para garantizar que los guardias de seguridad involucrados en el proyecto no violen la seguridad de otras personas involucradas o de los residentes locales?	1) 2) 3)	1) 2) 3)	1) 2) 3)	
5. Notas	(1) Referencia de listas de chequeo para otros sectores	1) Cuando sea necesario, también se deben verificar los elementos pertinentes descritos en la lista de verificación de proyectos forestales (por ejemplo, proyectos que incluyan grandes áreas de deforestación).	1)	1)	1)	

Categoría	Ítem ambiental	ítems principales	Sí: S No: N		Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
			1)	1)	
6. Otros	(2) Notas sobre el uso de listas de chequeo ambientales	1) Si es necesario, se deben confirmar los impactos de los problemas transfronterizos o globales (por ejemplo, el proyecto incluye factores que pueden causar problemas, como el tratamiento de desechos transfronterizos, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global).		1)	
	(1) Impactos durante la fase de construcción	1) ¿Se consideran medidas adecuadas para reducir los impactos durante la construcción (por ejemplo, ruido, vibraciones, agua turbia, polvo, gases de escape y desechos)? 2) Si las actividades de construcción afectan negativamente el medio natural (ecosistema), ¿se consideran medidas adecuadas para reducir estos impactos? 3) Si las actividades de construcción afectan negativamente al medio social, ¿se consideran medidas adecuadas para reducir estos impactos?	1) 2) 3)	1) 2) 3)	
	(2) Medidas para la prevención de accidentes	1) ¿Se desarrollan planes de prevención de accidentes y medidas de mitigación adecuados para cubrir los aspectos blandos y duros del proyecto, como el establecimiento de reglas de seguridad, la instalación de instalaciones y equipos de prevención y la educación de seguridad para los trabajadores? ¿Se consideran medidas adecuadas para la respuesta de emergencia ante accidentes?	1)	1)	
	(3) Monitoreo	1) ¿Se preparan los programas de monitoreo y planes de manejo ambiental del proyecto? 2) ¿Se consideran apropiados los elementos, métodos y frecuencias incluidos en el programa de monitoreo? 3) ¿El proponente establece un marco de monitoreo (organización, personal, equipo y presupuesto adecuado para sostener el monitoreo)? 4) ¿Se han identificado requisitos regulatorios relacionados con el sistema de informes de monitoreo, como el formato y la frecuencia de los informes del proponente a las autoridades reguladoras?	1) 2) 3) 4) 5) 6)	1) 2) 3) 4) 5) 6)	

Categoría	Ítem ambiental	Ítems principales	Sí: S No: N	Consideraciones ambientales y sociales específicas (motivos de Sí/No, justificación, medidas de mitigación, etc.)
		5) ¿Se planea divulgar los resultados del monitoreo a las partes interesadas del proyecto? 6) ¿Existe un mecanismo de procesamiento para resolver problemas relacionados con consideraciones ambientales y sociales señaladas por terceros?		

Fuente: Lista de Chequeo Ambiental JBIC: 22. Gestión y disposición de residuos (1) modificado por el Equipo de Expertos de la JICA

6.3 TDR para el EsIA/DIA como Referencia



**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para la Gestión de Residuos
Sólidos en la República Dominicana a Nivel Nacional Fase 2**

**Borrador
Manual de Operación
de Sitios de Disposición Final**

Abril 2022

NIPPON KOEI  TAMANO

Tabla de Contenido

1.	Generalidades	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Alcance del manual de Operación	1
1.3	Situación actual.....	1
1.4	Marco legal	2
1.4.1	Base legal para la gestión de residuos sólidos	2
1.4.2	Otras leyes relevantes	3
2	Guías para la Operación de un SDF.....	7
3	Equipamiento y Recursos Humanos para la Operación	8
3.1	Equipo operativo	8
3.2	Recursos humanos.....	18
4	Operación del relleno sanitario.....	19
4.1	Operaciones básicas	19
4.1.1	Vigilancia y control de accesos	19
4.1.2	Registro de admisión y pesaje de residuos.....	20
4.1.3	Inspección de la carga.....	21
4.1.4	Orientación a la zona de vertido	23
4.1.5	Vertido.....	23
4.1.6	Esparcimiento y compactación de residuos.....	25
4.1.7	Cobertura intermedia (diaria)	34
4.1.8	Cobertura final.....	37
4.2	Prácticas operativas recomendadas.....	38
4.3	Precauciones para la temporada de lluvias.....	40
4.4	Pasos y recomendaciones para la construcción de la celda	41
4.5	Operaciones complementarias o de apoyo	43
4.5.1	Ampliación y mantenimiento de carreteras	43
4.5.2	Prevención y control de incendios	44
4.5.3	Dique y pendiente de la capa de residuos acumulados	46
4.5.4	Drenaje	46
4.5.5	Verja perimetral	47

4.5.6 Supervisión e inspección.....	48
5 Operaciones de monitoreo y control ambiental	50
5.1 Monitoreo ambiental.....	50
5.1.1 Gestión y control del biogás	50
5.1.2 Manejo de lixiviados	53
5.1.3 Gestión y control de aguas de lluvia.....	55
5.1.4 Control de impactos ambientales visibles.....	57
5.1.5 Monitoreo ambiental.....	58
5.2 Administración y control de costos.....	63

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

En la República Dominicana, la mayoría de los sitios de disposición final (SDF) son vertederos a cielo abierto y son operados de manera inadecuada. Esta situación provoca problemas ambientales y sociales. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MA) ha comenzado a establecer los instrumentos regulatorios relacionados directamente con la gestión de los residuos sólidos, luego de promulgada, en el año 2020, la Ley 225-20, primera ley específica en gestión de residuos sólidos. En el año 2021 se promulgó el Reglamento 320-21, Reglamento General para la gestión de residuos sólidos según la Ley 255-20. Además, también en el 2021 MA emitió la Resolución 0036-2021 sobre el plan de regularización de SDF Existentes.

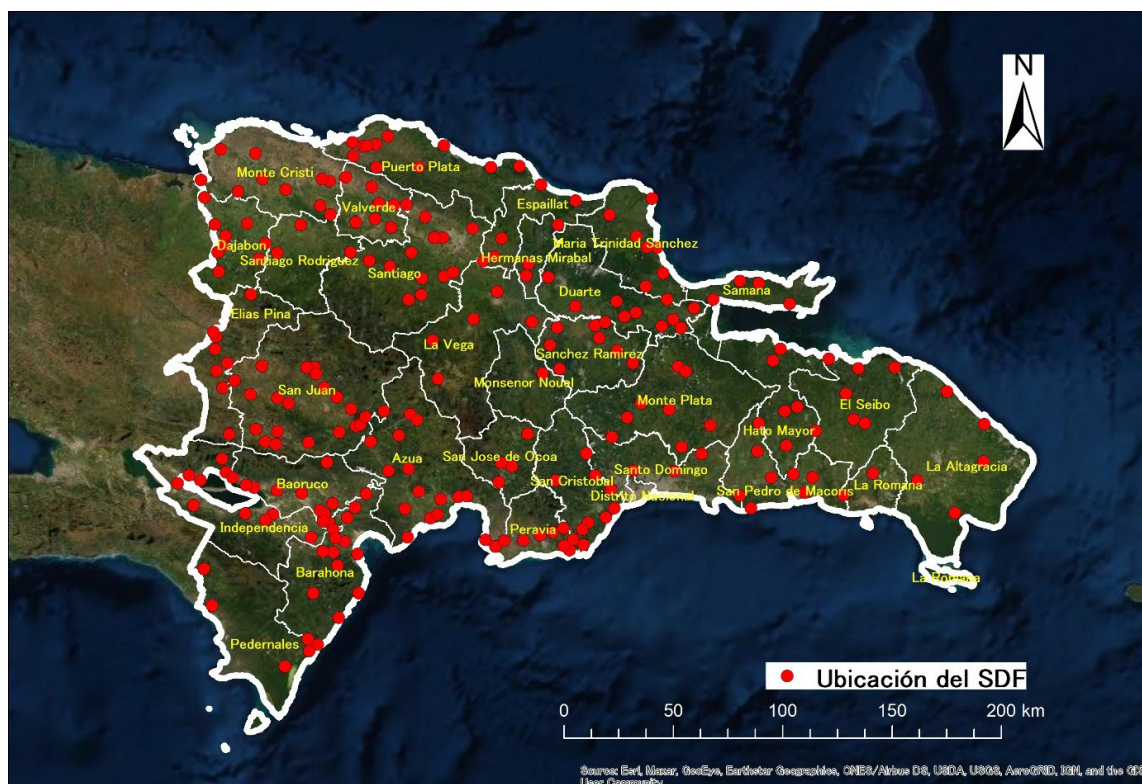
Bajo el escenario anterior, es necesaria la inclusión de manuales técnicos que especifiquen los requerimientos bajo los cuales los operadores de los SDF, ya sea el gobierno local y/o una empresa privada, puedan llevar a cabo la construcción, operación, rehabilitación o cierre adecuados para los SDF.

1.2 Alcance del manual de Operación

Este Manual de Operación será aplicable para la operación de los SDF, donde MA aprobaría su operación según el proceso necesario indicado en su procedimiento. Los SDF aprobados consisten en SDF nuevos y SDF existentes que cumplen con la operación controlada, incluidos SDF rehabilitados.

1.3 Situación actual

En el año 2021, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MA) realizó el levantamiento nacional sobre la situación actual de los sitios de disposición final existentes (SDF) en la República Dominicana a nivel nacional. Según los resultados de la encuesta, se confirmaron 240 SDF en 158 municipios (incluido el Distrito Nacional) y 235 Distritos Municipales (DM). De los cuales 226 SDF son vertederos a cielo abierto, la mayoría de los SDF existentes en la República Dominicana requieren un cierre o rehabilitación para cumplir con la legislación.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 1-1 Mapa de ubicación de los SDF existentes

A través de este levantamiento, se identificaron muchas deficiencias en la gestión de los SDF existentes.

- ✓ A nivel nacional, existen 240 sitios de disposición final. Alrededor del 85% de los SDF son gestionados de forma independiente o conjunta por menos de 2 Municipios/DM.
- ✓ Por citar algunos de los problemas encontrados, hay pocos SDF implementando medidas contra los gases generados por los residuos y los lixiviados. Muchos sitios confirmaron que reciben quejas por la existencia de humo y malos olores.

1.4 Marco legal

La República Dominicana no ha creado ningún reglamento o normativa relacionada con la construcción, operación o cierre de sitios de disposición final específicamente, sin embargo, nos debemos referir al marco legal relacionado con la gestión de los residuos sólidos cuando se considere el desarrollo de este tipo de instalaciones.

1.4.1 Base legal para la gestión de residuos sólidos

- ✓ Ley 64-00: Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- ✓ Ley 225-20: Ley General de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Coprocesamiento.
- ✓ Reglamento de la Ley General 225-20 de Gestión Integral de Residuos Sólidos y

Coprocesamiento Número 320-21

- ✓ Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, 2007
- ✓ Reglamento del sistema de permisos y licencias ambientales con su procedimiento para la EIA de nuevos proyectos.

1.4.2 Otras leyes relevantes

- ✓ Ley 42-01: Ley General de Salud
- ✓ Norma/Reglamento para la gestión ambiental de los residuos no peligrosos, 2003
- ✓ Reglamento y procedimiento de consulta pública en el proceso de evaluación ambiental Resolución Número 014-2014
- ✓ Normas ambientales para la protección contra ruidos NA-RU-001-03 (sustituye a RU-CA-010), 2003
- ✓ Normas ambientales de calidad del aire y control de emisiones NA-AI-001-03 (sustituye a AR-CA-01), 2003
- ✓ Norma ambiental sobre calidad de aguas superficiales y costeras, septiembre de 2012
- ✓ Norma ambiental sobre calidad del agua y control de descargas
- ✓ Norma ambiental sobre calidad de aguas subterráneas y descargas al subsuelo, 2012.
- ✓ Reglamento de Etiquetado e Información de Riesgo y Seguridad de Materiales Peligrosos, 2009
- ✓ Reglamento para la gestión de sustancias y residuos químicos peligrosos, 2009

La siguiente tabla describe el contenido específico de las normativas pertinentes con el fin de apoyar las especificaciones técnicas de los futuros proyectos de SDF:

Tabla 1-1 Principales artículos de la Ley 225-20 de Gestión de Residuos Sólidos relativos a los SDF.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
<u>Ley</u> <u>(225-20)</u>	127	No. 1	Los residuos peligrosos no pueden disponerse en un SDF.	Se debe utilizar otro tipo de instalación para otros tipos de residuos
		No. 2	En el caso de los SDF irregulares, el propietario y el operador privado presentarán un plan de regularización ante el MA. En caso contrario, el SDF irregular será clausurado.	Se debe presentar un plan de regularización.
	128	N/A	Los residuos especiales podrán disponerse en un SDF sólo en casos especiales en una celda designada.	
	130	N/A	Deben exigirse unas especificaciones mínimas para la selección del sitio, la construcción, la operación y el cierre de los SDF nuevos	Los SDF Nuevos deben cumplir la normativa en materia de descarga de aguas, emisiones de aire y protección de la salud.
		No.01	La distancia mínima de los SDF, relativa a los centros de población iguales o superiores a dos mil (2000) habitantes, según el último censo, así como a las industrias, no debe ser inferior a 1 km.	Los SDF Nuevos deben cumplir la normativa en materia de descarga de aguas, emisiones de aire y protección de la salud.
	131	N/A	La operación incontrolada, insegura y sin medidas, debe ser regularizada.	Se debe presentar un plan de regularización.
	133	N/A	Se permitirá solamente la construcción de un relleno sanitario para tres o más municipios o distritos municipales que estén agrupados por cualquier instrumento legal.	Promover la conformación de una mancomunidad
	161- No. 11	N/A	No se permiten SDF nuevos que viertan a cielo abierto	Construcción de un SDF Nuevo adecuado

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Tabla 1-2. Artículos principales del Reglamento 320-21 relativos a los SDF.1-2

Decreto	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
<u>320-21</u>	30	N/A	Los operadores deben informar al MA con un año de antelación sobre sus intenciones de cierre.	
		No.01	30 días antes del cierre, los operadores deben proporcionar especificaciones sobre las condiciones de cierre, incluyendo la medición periódica de diferentes parámetros durante los próximos 20 años.	El MA debe proporcionar las especificaciones mínimas para el cierre.
	31	N/A	El MA puede proceder a cualquier inspección de la instalación.	Crear un procedimiento para las inspecciones.
	103	N/A	Se encarga de crear especificaciones para celdas especiales.	

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Antes de planificar un SDF Nuevo, hay que consultar otros documentos legales para garantizar la ubicación adecuada y el éxito del proyecto propuesto:

Tabla 1-3 Documentos legales a consultar para la planificación de un SDF Nuevo.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
Ley 64-00 y Reglamento para la gestión de residuos no peligrosos (Na-Rs-001-03)	01, 41 de la Ley	N/A	Instrucciones generales para la ubicación de un SDF: 6.1.9. Las instalaciones de disposición final no pueden estar situadas en áreas protegidas de origen natural, parques nacionales, monumentos naturales y zonas de alta biodiversidad o condiciones ecológicas especiales. Del mismo modo, en lugares o patrimonios históricos, religiosos o culturales. 6.3.2. Todo vertedero controlado o relleno sanitario debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla geológica activa que incluya un desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años. 6.3.3. Todos los vertederos controlados o rellenos sanitarios deben estar ubicados fuera de las zonas donde los taludes son	1) En las áreas protegidas de origen natural: No se permite la construcción de un SDF. 2) En las áreas protegidas de origen cultural: No se permite la construcción de un SDF. 3) En áreas protegidas hidrogeológicas: - Los SDF deben estar situados a una distancia mínima de 60 metros de una línea de falla activa.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
			inestables, es decir, que puedan producir movimientos de tierra o rocas, debido a procesos estáticos o dinámicos. 6.3.4. Deben evitarse las zonas en las que existan o puedan generarse asentamientos diferenciales que provoquen fallas o fracturas en el suelo, ya que aumentan el riesgo de contaminación del acuífero. 6.3.5. Todo vertedero controlado o relleno sanitario debe estar ubicado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para evitar la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recolección de lixiviados. La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales se conseguirá mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento inferior durante la fase activa o de operación y mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento superior durante la fase pasiva o de post-cierre. 6.3.6. Cuando, debido a las condiciones geológicas e hidrológicas o subyacentes, sea necesario garantizar y prevenir un riesgo potencial de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, se utilizará una capa inicial de revestimiento o material compuesto o geo sintético con una conductividad hidráulica adecuada y se usará un sistema de recolección de lixiviados diseñado de forma que discurra sobre el revestimiento.	- El SDF debe construirse fuera de las áreas protegidas hidrogeológicas.

Nota: Se espera que se desarrollen requerimientos más específicos a través de esta guía, incluidos los requerimientos mínimos para el desarrollo de las instalaciones.

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

2 Guías para la Operación de un SDF

La gestión de un SDF controlado es una actividad muy compleja. Si bien la operación fundamental consistirá en recibir y disponer adecuadamente los residuos, existen otras actividades complementarias adicionales, que contribuirán al buen funcionamiento del SDF.

Las ventajas de un SDF correctamente operado se muestran a continuación:

- ✓ Mejor protección del medio ambiente: drenaje y tratamiento de aguas lixiviadas, ventilación de gases por instalaciones adecuadas, suelo de cobertura.
- ✓ Mayor seguridad para los trabajadores: pendientes 3:1 H: V o compactación más nivelada de los residuos, menor riesgo de deslizamientos, menor contaminación en el lugar de trabajo.
- ✓ Ventajas económicas para el municipio: Con una adecuada gestión del SDF se puede aprovechar al máximo el suelo. La compactación de residuos y la construcción planificada prolongan la vida útil del relleno sanitario y permiten un uso más prolongado del terreno.
- ✓ Menos molestias y contaminación para los potenciales ciudadanos afectados: Control de polvo, olores, insectos, etc.

Esta guía considera los siguientes requisitos mínimos para una operación controlada de un SDF:

- ✓ Vertido de residuos en el área indicada
- ✓ Aplicación de cobertura diaria o al menos 3 veces por semana
- ✓ Instalación para ventilación de gases
- ✓ Preparación de caminos para mantenimiento
- ✓ Instalación de drenaje para aguas pluviales
- ✓ Control de descarga de lixiviados
- ✓ Instalación verja perimetral y puerta de acceso

3 Equipamiento y Recursos Humanos para la Operación

3.1 Equipo operativo

El funcionamiento de un relleno sanitario requiere de equipos especializados cuya selección se realiza teniendo en cuenta fundamentalmente:

- ✓ Cantidad de residuos
- ✓ Compactación de residuos sólidos requerida
- ✓ Material de cobertura
- ✓ Método de eliminación de RSU
- ✓ Condiciones de trabajo en el sitio

Las funciones básicas del equipo en un relleno sanitario se dividen en las siguientes categorías:

- ✓ Preparación del sitio.
- ✓ Traslado y compactación de residuos vertidos.
- ✓ Excavación, transporte e instalación de material de cobertura diaria.
- ✓ Instalación y compactación de un material de cobertura final.
- ✓ Actividades de mantenimiento del sitio

1) Maquinaria y equipos en un SDF con compactación mecanizada

Las funciones de los equipos relacionados con los residuos sólidos son el empuje, nivelación, compactación y cobertura. El equipo para el SDF debe ser resistente porque las condiciones para su uso son muy difíciles. Para el funcionamiento de un relleno mecanizado, se necesita esencialmente el siguiente equipo:

a. Excavadoras o tractores de orugas con bulldozer

Función:

Distribuir y compactar los residuos sólidos, así como la preparación del sitio, la cobertura diaria y final y el trabajo general de movimiento de tierra.

Características:

Las excavadoras están equipadas con orugas metálicas de anchos variables especificados, como 457 mm, 508 mm, 559 mm y 610 mm. Las orugas deben ser lo suficientemente altas como para permitir una buena reducción del tamaño de los residuos y evitar posibles deslizamientos de tierra. La presión descargada sobre los residuos se obtiene distribuyendo el peso de la máquina sobre la superficie de contacto. El grado de compactación de los residuos depende de la presión ejercida. Las máquinas con orugas no son muy eficientes en la compactación de residuos sólidos, debido a su baja presión en el suelo. Para obtener la máxima eficiencia de las máquinas con orugas,

es muy importante que estén equipadas con cuchillas topadoras adecuadas.

b. Compactadores con ruedas metálicas

Función:

Esparcimiento y compactación de los residuos sólidos.

Características:

Las ruedas de metal generalmente tienen dientes alternados en forma de "V" invertida que les permiten concentrar el peso en una superficie de contacto más pequeña (en comparación con una máquina de orugas) y ejercer una mayor presión sobre los residuos sólidos.

Los tractores compactadores son tractores con orugas como los utilizados en la construcción civil, adaptados a las condiciones del SDF. También hay compactadores con ruedas especiales que están especialmente construidas para la compactación de residuos. Estos compactadores tienen la ventaja de trabajar de manera muy eficiente en la colocación y compactación de los residuos, pero tienen la desventaja de que no se pueden utilizar de manera flexible para otros trabajos necesarios en el SDF, ya que las ruedas especiales no son adecuadas para el trabajo en suelos normales.

Los compactadores son más versátiles y rápidos que las excavadoras. Los compactadores con ruedas de acero están equipados con cuchillas controladas por un sistema hidráulico. La cuchilla tiene una rejilla metálica adicional para aumentar su capacidad.

El equipo de compactación es el más importante de todos los equipos necesarios en un SDF. Es el equipo ideal para compactar, siempre que sea posible su adquisición.

Hace posible:

- Trasladar y esparcir los residuos depositados por los camiones recolectores, compactándolos y cubriéndolos.
- Si el material de cobertura está en el sitio del relleno en sí (caso ideal), el compactador también puede cavar y traer el material de la cubierta.
- Realizar trabajos de preparación del suelo (eliminación de vegetación, excavación, colocación de la capa mineral, etc.) para abrir un nuevo módulo del relleno, apertura de caminos internos, etc.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-1. Tractor Compactador

Sin embargo, normalmente en nuestros países se utilizan equipos que permiten realizar ambas funciones, extender y compactar, pero no con un alto grado de compactación. Este es el caso de la excavadora o tractor común utilizado como alternativa a un equipo de compactación, porque es más económico, no solo por el precio de compra, sino también por el consumo de combustible. Este realiza las mismas funciones que el compactador, solo que el nivel de compactación es mucho menor. De hecho, la función propia de la excavadora es esparcir residuos.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-2. Buldócer esparciendo residuos en la rehabilitación del SDF de Azua

c. Cargador de ruedas

Función:

Para excavar suelo blando (por ejemplo, suelos de baja resistencia), cargue el material excavado en camiones y volteos o transporte ese material a distancias no superiores a 50 o 60 m, para una eficiencia óptima.

Funciones:

Los cargadores de neumáticos generalmente están equipados con motores diésel y tracción en las cuatro ruedas. El eje delantero es fijo y el eje trasero puede oscilar. Los modelos varían en potencia, en un rango entre 65 HP y 375 HP. La capacidad del cucharón varía de 0,8 m³ a 6 m³. Los modelos más utilizados rondan los 100 CV a los 150 CV.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-3. Cargador de Ruedas

En terreno blando, una máquina de 130 HP con una capacidad de cucharón para 1,91 m³ podrá excavar y cargar un camión volquete a una velocidad de aproximadamente 160 m³ / hora de trabajo. En terrenos sólidos, la producción disminuye y esta máquina probablemente tendrá que ser reemplazada por una más adecuada para hacer la excavación.

Los cargadores de neumáticos también son capaces de realizar de manera eficiente el trabajo relacionado con las operaciones del relleno sanitario.

d. Cargador

Función:

Estas máquinas pueden realizar funciones similares a las de los cargadores de neumáticos. Las cargadoras de orugas también se recomiendan para excavar suelos sólidos o duros. Su distancia óptima para el transporte de materiales no debe exceder los 30 metros.

En caso de emergencia, las cargadoras sobre orugas se pueden utilizar para la gestión de residuos sólidos (esparcir y compactar). También se pueden usar para dar forma y nivelar la capa de cobertura.

Características:

El cucharón o cubo de este tipo de cargadores, se acciona de forma fácil y rápida mediante un mecanismo hidráulico. Se obtiene una mejor eficiencia y flexibilidad en este equipo, cuando tiene un cucharón multipropósito. Este tipo de cucharón se adapta a diferentes operaciones según la posición en la que opera.

El cucharón tiene una sección estacionaria y una sección móvil. El movimiento puede ser controlado por el operador con el mismo sistema de control. El cucharón puede actuar como; Cargador, empujador, excavadora o draga.

La versatilidad de este tipo de equipos es requerida en el SDF, especialmente cuando la disponibilidad de equipos es limitada.

e. Excavadoras**Función:**

Excavar el suelo y preparar el acceso a los vehículos de transporte, así como aplicar cobertura diaria o primaria a los residuos sólidos (como el método de trinchera). Este equipo también se puede utilizar bajo ciertas premisas en el movimiento de tierras.

Funciones:

La excavadora está equipada con un motor diésel y un sistema hidráulico para el control de los brazos de carga y el cubo. El tiempo del ciclo de excavación depende del tamaño del equipo y las condiciones del sitio. Por lo tanto, cuando la excavación es más difícil o la zanja más profunda, el procedimiento de excavación será lento. La literatura comercial disponible en el mercado de los diferentes fabricantes indica el cálculo o la estimación del tiempo para el ciclo, de acuerdo con el modelo de equipo y las condiciones particulares de cada sitio (tipo de suelo y profundidad de excavación). La profundidad de excavación (medida desde el nivel del suelo) depende del alcance de los brazos de carga.

f. Retroexcavadora Cargadora

Su función principal es excavar el material de cobertura. Se utiliza para la fabricación del muro de contención de una celda para la eliminación de residuos.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-4. Excavación de material de cobertura en el SDF de Azua



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-5. Construcción con excavadora de muro de contención durante la rehabilitación del SDF de Azua.

g. Camión Volteo:

Su función es transportar el material de cobertura y transportar materiales de un lado a otro del SDF.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-6. Carga y transporte de residuos en camión volteo en el SDF de Azua

h. Balanza tipo puente

En SDF medianos y grandes, se debe instalar una báscula grande como las que se usan para pesar camiones. Esta balanza registra el peso de cada vehículo a la entrada y a la salida, siendo la diferencia entre ambos el peso de los residuos entrantes. El registro se puede hacer manualmente, utilizando formatos preestablecidos o puede realizar el registro manualmente o a través de una computadora.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 3-7. Relleno Sanitario ASINORLU con Registro de Peso Computarizado en relleno Sanitario El Salvador - El Salvador.

En resumen, el equipo básico requerido para la operación de un SDF mecanizado consiste en compactador o excavadora, retroexcavadora y camión volteo.

La balanza es recomendable, especialmente para SDF medianos y grandes. En los más pequeños no es tan imprescindible establecer un control detallado del peso de las cantidades de residuos que se producen y recogen, siendo suficiente contar con un

registro manual de la cantidad y el tipo de vehículo que entra.

Cuando se va a preparar una nueva celda, se requiere un rodillo para la compactación del suelo impermeable. Como su uso es eventual, no se indica como parte del equipo básico del SDF. Se puede alquilar en el momento necesario.

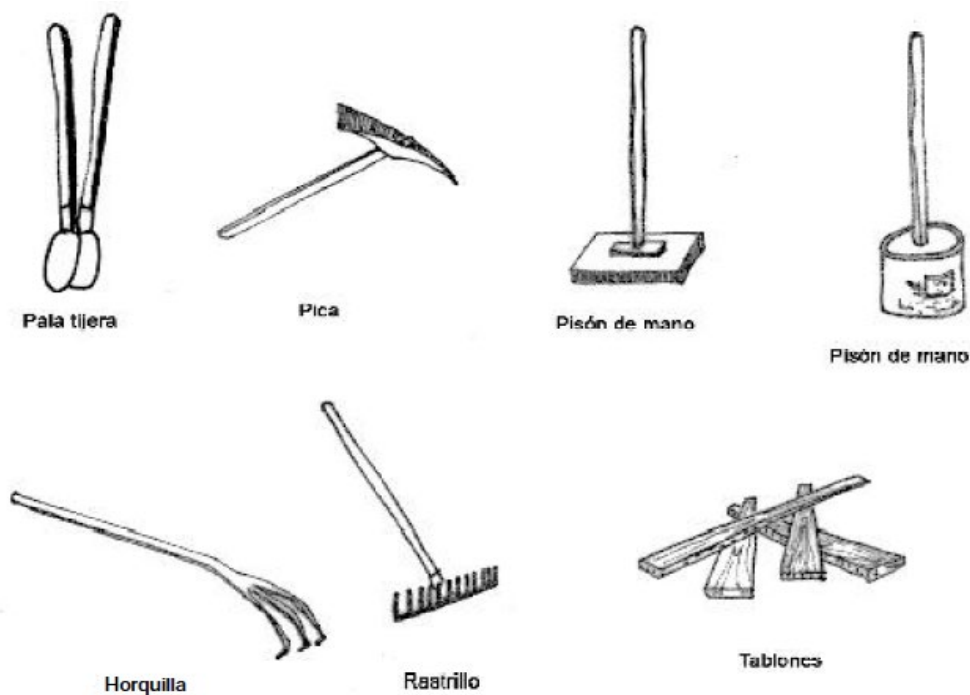
2) Herramientas y materiales para la O&M de un SDF

a. Herramientas necesarias en un SDF mecanizado

Las herramientas necesarias en el SDF mecanizado son todas aquellas que se utilizan para la construcción y mantenimiento de canaletas, canales de drenaje, chimeneas, la forestación y el tratamiento del agua lixiviada.

b. Herramientas necesarias en un relleno sanitario manual

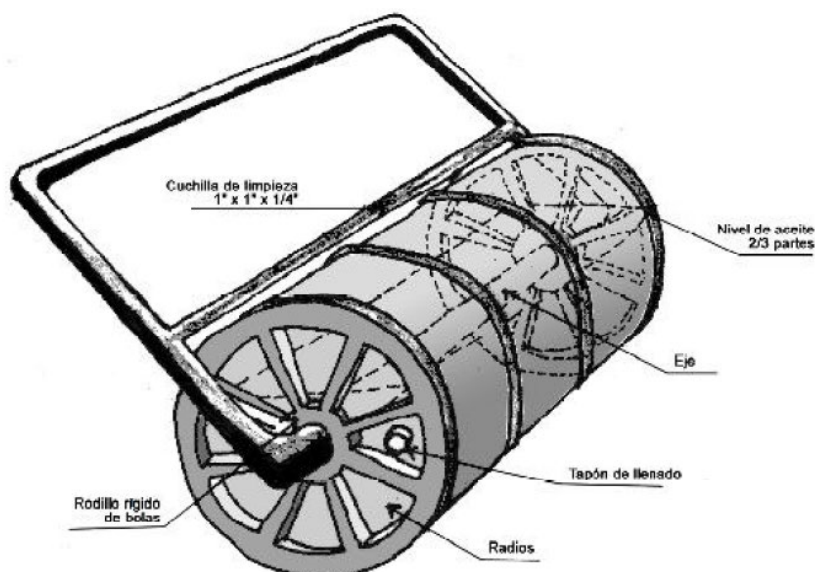
En el SDF manual, el equipo necesario consiste en herramientas de mampostería, más un compactador de rodillos manual, como se indica en la Figura 3-1 y Figura 3-2.



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales - OPS. 2002

Figura 3-1 Utensilios para uso en rellenos sanitarios manuales.

Para la construcción del rodillo, se recomienda llenar el barril con piedra, arena u hormigón, con el fin de evitar que los golpes en el suelo se abollen.



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales - OPS. 2002

Figura 3-2 Compactador de rodillos empacado barril de 55 galones

La Tabla 3-1 muestra el uso de cada herramienta o utensilio utilizado.

Tabla 3-1 Función de las herramientas

Utensilio	Uso
Pala	• Carga, descarga y eliminación de residuos sueltos
Azada	• Carga, descarga y colocación de material de cubierta
Barra	• Cavaba
Pico	• Mantenimiento de la fosa séptica y estanque de tratamiento biológico (excavación de sedimentos)
Nivelación de manos	• Mantenimiento y construcción de canaletas
Horquilla en forma de cubierto	• Carga y descarga de residuos
Machete	• Aflojar el suelo
Martillo	• Construcción de instalaciones de ventilación de gas
Cordillera	• Mantenimiento de zanjas y canales de drenaje
Rastrillo	• Esparcir los residuos y cubrir el suelo
Carretilla	• Aflojar el suelo para las excavaciones
Rodillo de mano	• Compactación de residuos y cobertura de suelo

Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002.

El número de estas herramientas depende del número de trabajadores.

c. Materiales necesarios para la operación y mantenimiento del SDF

Los siguientes materiales son necesarios para la operación y el mantenimiento del SDF:

i Construcción de chimeneas de gas:

- Tuberías de PVC o tanques perforados
- Malla metálica
- Bola de grava o piedra
- Palos
- Clavos

Cualquier árbol que crezca en el área se puede usar para hacer palos con un diámetro de 5 a 7 cm. Se recomienda plantar eucalipto alrededor del SDF, ya que esto sirve para absorber una cierta cantidad de agua lixiviada, crece rápidamente y produce una madera adecuada para hacer los palos.

ii Preparación de nuevas celdas y cobertura diaria:

- Material cobertura, arcilla

Tanto para la preparación de nuevas celdas como para la cobertura de la capa de residuos o franja diaria, se requiere suelo arcilloso, que asegure una impermeabilización suficiente contra la infiltración de lixiviados en el fondo y contra la infiltración de agua de lluvia, en la cubierta diaria. Una cantidad aproximada del 25 - 30% de la cantidad total de residuos a depositar diariamente.

iii Equipo de Protección Personal -EPP

Los materiales básicos para la protección de los trabajadores en el SDF, incluido el conductor del tractor en el caso de un SDF con compactación mecanizada, son:

- Uniforme (2 monos por año)
- Guantes (deben renovarse 2 o 3 veces al año o más, dependiendo del uso)
- Botas

La mejor solución sería proporcionarles botas de seguridad con puntera y suela reforzada de acero como se usa en la industria pesada y algunos sitios de construcción. Estas botas son bastante caras, pero perduran durante muchos años. Protegen al trabajador contra objetos punzantes como vidrios rotos, metales o jeringas. Si no puede obtener este tipo de botas, al menos debe proporcionar botas de goma a los trabajadores.

- Mascarilla para proteger contra el polvo (NO proteger contra el gas de relleno).
- Sombreros, sombreros para el sol o abrigos, dependiendo del clima.

3.2 Recursos humanos

La cantidad y cualificación del personal requerido para el funcionamiento de un SDF depende de múltiples factores, entre los cuales:

- ✓ Tamaño (superficie) del SDF
- ✓ Cantidad diaria de residuos depositados
- ✓ Disponibilidad de material de cobertura (qué tan lejos del SDF)
- ✓ Tipo de SDF (manual o mecanizado)
- ✓ Tipo de residuos manipulados / número de celdas activas (si es solo municipal, es suficiente con una celda. Si también se reciben peligrosos, entonces tendrían otra u otras celdas y posiblemente la naturaleza de los RP requerirá más personal para manejarlos que los desechos comunes.
- ✓ Legislación ambiental vigente (grado de exigencia de las normas ambientales).
- ✓ Días laborables y duración de la jornada laboral en el SDF (si trabaja de lunes a viernes y también los sábados y domingos, un solo turno o más)

La siguiente tabla presenta los requerimientos de personal, en cantidad y calificación, así como la tarea principal, según el tipo de relleno.

Tabla 3-2. Necesidades de personal en función del tipo de SDF.

Posición	Tarea	SDF mecanizado pequeño- mediano	SDF mecanizado grande	SDF Manual
		16 a 40 tons/día	Más 40 tons/día	Menos de 15 tons/día
Gerente (1)	Gestionar las operaciones del vertedero	0.5 – 1	1	0.5 - 1
Subgerente	Asistencia al gerente en el funcionamiento del SDF	0	1	0
Técnico de laboratorio	Toma de muestras y procesamiento para los análisis de laboratorio	0	1	0
Responsable de la balanza	Registro y control del pesaje de los camiones	1	2	0
Conductor del tractor compactador	Conducir el equipo compactador	1 – 2	3	0
Conductor de equipos pesados	Conducir camiones u otros equipos pesados según sea necesario	1 – 2	2 – 3	0

Posición	Tarea	SDF mecanizado pequeño-mediano	SDF mecanizado grande	SDF Manual
		16 a 40 tons/día	Más 40 tons/día	Menos de 15 tons/día
Técnico en reparación de vehículos	Mantenimiento y reparación de vehículos.	0	1	0
Trabajador de reparación de vehículos	Mantenimiento y reparación de vehículos.	1	1	0
Trabajador del SDF	Construcción de chimeneas Mantenimiento de las instalaciones de drenaje Mantenimiento de la planta de tratamiento de lixiviados	2-3	3-6	2-8
Guardia de seguridad	Presencia continua en el sitio Prohibir la entrada a personas no autorizadas Prohibir y controlar la entrada de animales Registrar en la báscula puente Guiar los camiones a la zona de vertido	1	2	1

(1) Según sea necesario, puede trabajar a medio tiempo.

Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

4 Operación del relleno sanitario

4.1 Operaciones básicas

4.1.1 Vigilancia y control de accesos

A pesar de ser una instalación municipal, un SDF controlado no es un lugar de acceso abierto. Para garantizar el control de acceso, el SDF estará debidamente cercado en su perímetro, con control de acceso y salida. También se identificará debidamente con un cartel/cartel, en el que se indicará el horario y tipos de residuos aceptados.

El personal responsable del control y la vigilancia:

- ✓ Establecer el seguimiento y control de las entradas y salidas de personas no autorizadas a las instalaciones.
- ✓ Supervisar especialmente el sistema de pesaje de los vehículos de recogida, si procede.
- ✓ Vigilar constantemente que no haya incendios en el SDF.

- ✓ Supervisar el buen estado de las vías internas y el acceso al SDF.
- ✓ Se controlará al máximo el tipo de residuos sólidos entrantes, con el fin de evitar la entrada al sitio de residuos no permitidos/prohibidos.

Se recomienda plantar eucalipto alrededor del SDF, ya que este sirve para absorber cierta cantidad de agua lixiviada, crece rápidamente y produce una madera adecuada para hacer los palos.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-1. Puerta de control de acceso al SDF de Azua (MANCOM)

El recinto habitable es muy importante, ya que en muchos lugares no hay barrera natural. Se recomienda plantar un recinto vivo de 30 a 50 m de ancho, utilizando arbustos en los bordes y árboles más altos en el centro. Con el recinto vivo, podrás desviar los vientos y reducir considerablemente la molestia provocada por los malos olores en los alrededores.

4.1.2 Registro de admisión y pesaje de residuos

Al ingresar al SDF, se realizará el registro de los vehículos entrantes, tomando al menos la siguiente información:

- ✓ Origen (nombre del municipio, empresa, persona)
- ✓ Fecha y hora de entrada
- ✓ Matrícula del vehículo
- ✓ Tipo de vehículo (camión compactador grande / pequeño, camión volquete, camión de cama fija, etc. Es recomendable registrar también la capacidad o el volumen, en m³,

especialmente si no se dispone de equipos de pesaje.

- ✓ Cantidad y tipo de residuo

Para determinar la cantidad, si hay una balanza tipo puente, se registrará el peso del vehículo cargado y el peso del vehículo vacío (tara), de acuerdo con el formato correspondiente utilizado por el sistema de pesaje. En caso de no existir sistema de pesaje, primero se deben tomar las medidas (longitud, ancho y altura) de los camiones y luego estimarse la cantidad de residuos que contienen (por volumen), en base a los criterios establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente, y luego contar el número total de camiones que se están revisando.

Volumen de residuos para un camión = largo × ancho × altura

Volumen total de residuos = volumen para un camión × número total de camiones

Peso total de los residuos

$$= \text{volumen total de residuos} \times \text{densidad de residuos} (500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ de promedio})$$

Como referencia, la densidad de residuos en un relleno sanitario manual compactado es de 400 a 600 kg/m³ – 500 kg/m³ promedio aprox.; en un relleno sanitario compactado mecánicamente, la densidad de los residuos es de unos 600 a 810 kg/m³ – 700 kg/m³ de media aprox.).

Registrar quién aporta qué tipo y cuánto, permitirá establecer responsabilidades, en caso de incumplimiento o accidente, así como controlar la cantidad de residuos que ingresen al SDF y establecer el pago correspondiente.

Es muy importante mantener la balanza de pesaje en buenas condiciones para no perder el control sobre las cantidades de residuos sólidos depositados en el SDF, por lo que se debe tener el siguiente cuidado:

- ✓ Calibre constantemente el puente de pesaje (al menos una vez al mes).
- ✓ Proporcionar un servicio regular de engrase.
- ✓ Trate de mantener el área circundante a la escala limpia de polvo, escombros y barro, así como revisar el interior para verificar que no se hayan introducido residuos y, de ser así, eliminarlos.
- ✓ Pintarlo al menos una o dos veces al año, para mantenerlo en buenas condiciones.

4.1.3 Inspección de la carga

Los camiones deben ser inspeccionados regularmente. Es importante verificar si la naturaleza

de los residuos que se introducen corresponde a la información suministrada e inscrita en el registro. Dicha inspección generalmente se realiza al azar. Para eso, basta con realizar la inspección visual de la descarga y abrir algunas cubiertas.

La inspección se realiza con el objetivo de detectar residuos prohibidos (no aceptados en el SDF), ya sea porque son considerados peligrosos por la legislación nacional vigente y aplicable o porque presentan riesgos para la operación, como residuos combustibles (neumáticos, residuos que contienen aceites o minerales).

Es importante capacitar al personal para identificar los desechos sospechosos. Si existe la sospecha de que los residuos no permitidos (por ejemplo, desechos industriales peligrosos en un vertedero, donde esto no se acepta), se puede enviar una muestra a un laboratorio. En los SDF donde trabajan los recicladores también pueden coordinarse con ellos para comunicar sus observaciones (por ejemplo: "hemos encontrado jeringas usadas y pilas de sangre en la carga de la cosechadora que llegaron a las xx horas").

En el caso de residuos peligrosos y prohibidos, deberán separarse de los residuos sólidos comunes, con el fin de:

- ✓ Reducir el riesgo de lesiones personales
- ✓ Reducir el riesgo de incendio / explosión
- ✓ Reducir la contaminación potencial del medio ambiente.

Cargas potencialmente peligrosas:

- ✓ Madera
- ✓ Cables
- ✓ Tambores de metal
- ✓ Contenedores de productos químicos sin identificación
- ✓ Residuos médicos
- ✓ Cilindros presurizados
- ✓ Animales muertos
- ✓ Otros

Los residuos peligrosos encontrados deben ser segregados y almacenados hasta que se pueda dar una eliminación adecuada. En el almacenamiento temporal de residuos peligrosos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Ubicación segura
- ✓ Protegido de las inclemencias del tiempo

- ✓ Ventilación adecuada
- ✓ Área de almacenamiento con contención de derrames
- ✓ Tener áreas donde se puedan separar de acuerdo a su naturaleza química.
- ✓ Contar con equipos de seguridad y respuesta a emergencias.

4.1.4 Orientación a la zona de vertido

Para que los camiones viertan adecuadamente los residuos en el área de vertedero disponible actual, deben ser guiados a esa zona. La guía podría ser el uso de una señalización conveniente que indique la ruta, así como la asistencia de un personal del personal.

4.1.5 Vertido

Se debe designar un espacio específico de depósito de los residuos, conocido como el área de tiro, que debe ubicarse cerca del área de vertido. Una vez que los vehículos llegan a la zona de tiro, el personal operativo del SDF da las indicaciones pertinentes a los conductores de los mismos, utilizando señales, para su correcto estacionamiento, de tal forma que el vertido de los residuos se realice en el lugar establecido y en el menor tiempo posible.

El área de tiro puede estar hecha de material de relleno, asfalto triturado, concreto o arcilla. Es muy importante garantizar el acceso a la zona de tiro por lo que se debe dar el mantenimiento requerido.

La descarga deberá realizarse a poca distancia del frente de trabajo, evitando que los vehículos recolectores y de transferencia interfieran con las actividades de la maquinaria pesada. Una vez descargados, los residuos se transportan al frente de los trabajos en funcionamiento.

1) Método y colocación de los residuos: Construcción del frente de trabajo

El frente de trabajo, zona de vertido o franja diaria de vertido deberá estar previamente identificada, mediante estacas que fijarán los límites de la misma. Estos límites se indicarán a los operadores de equipos pesados y a los conductores de vehículos. Es necesario zonificar el terreno disponible para el vertido. Planificar la eliminación de residuos, teniendo en cuenta la cantidad a depositar por día y que la celda no exceda de un año de uso.

Se recomienda que el frente de trabajo se mantenga lo más estrecho posible y que se permita una separación mínima de 3 metros entre vehículos adyacentes para el tránsito de maquinaria pesada. El manual del Ecuador mencionado anteriormente indica 1,5 m como distancia lateral mínima entre vehículos. También es importante mantener una distancia mínima entre la parte trasera y delantera de dos vehículos. Los coordinadores tienen la responsabilidad de garantizar que se mantengan las condiciones indicadas.



Fuente: ASINORLU – El Salvador

Foto 4-2. Eliminación de residuos en el relleno sanitario de ASINORLU - El Salvador

Se pueden aplicar diferentes métodos de descarga y colocación de los residuos sólidos en el relleno sanitario, dependiendo de la forma y topografía del terreno, así como del tipo de relleno sanitario, manual o relleno sanitario con compactación mecanizada. Sin embargo, hay básicamente dos métodos para colocar los residuos: construir desde arriba / arriba o inferior.

En la construcción desde la parte inferior se empujan los residuos cuesta arriba, desde la parte inferior de la pendiente hacia la parte superior. Elimina el efecto "cascada" de los residuos, el equipo debe trabajar más y el desgaste es mayor. Sin embargo, permite capas verticales o inclinadas y esto proporciona una mayor compactación cuando se utiliza una excavadora.

Construir desde la parte superior le permite crear capas horizontales. Los residuos se empujan cuesta abajo, por lo que hay menos desgaste en las máquinas. El potencial del efecto "cascada" de los residuos aumenta. Mucho más fácil para las excavadoras, aunque proporciona menos compactación si se utiliza este equipo. Sin embargo, por este método es difícil controlar las pendientes en comparación con la construcción desde el fondo y puede crear más residuos como láminas de plástico, hojas de papel, etc.

Durante la descarga, se requiere tener un control de residuos, ya que todas las cargas tienen el potencial de crear basura. Para su control, vallas de basura sueltas, permanentes o móviles, colocadas adecuadamente, a la altura requerida y mantenidas regularmente.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-3. Verjas fijas y móviles para el control de basura pequeña

Los residuos voluminosos, incluidos los aparatos eléctricos, los muebles, los troncos de los árboles, etc., deben manipularse de la siguiente manera:

- ✓ Estar disponible en un área separada del área de trabajo principal.
- ✓ Descarga al pie de la pendiente y compacta otros escombros a su alrededor.
- ✓ Objetos voluminosos compactos en suelo firme, para aumentar la compactación.
- ✓ Recuperar y revender chatarra.

Aparte de la persona que indica el área de tiro, solo el personal responsable de la descarga debe encontrarse en dicha área y deben usar ropa de seguridad (colores vivos, botas y guantes).

4.1.6 Esparcimiento y compactación de residuos

La compactación podría considerarse como el aspecto más importante en el funcionamiento de un SDF. Compactar es simplemente aumentar la densidad de los residuos depositados, es decir, tener más, menos volumen.

Los beneficios de la compactación son:

- ✓ Optimiza el uso de SDF al permitir que se coloquen más residuos en menos espacio
- ✓ Prolonga la vida útil del SDF al aumentar el volumen que se puede recibir
- ✓ Si los residuos se compactan, se requiere menos tierra para cubrir diariamente
- ✓ Reduce la liquidación de SDF
- ✓ Previene las madrigueras de roedores
- ✓ Evita fugas de lixiviados de las laderas

Es fundamental compactar los residuos de forma óptima para alargar la vida útil del relleno y minimizar los impactos ambientales. Las siguientes medidas contribuyen a alcanzar este

objetivo:

Se recomienda dividir la celda en rayas diarias. El área de una tira se calcula considerando la cantidad de basura que se está enterrando, la densidad de los desechos compactados y el grosor de la capa deseada. Considere el siguiente ejemplo: Calcule el área de una tira diaria por una cantidad de 30 Ton / día, cuya densidad una vez compactada será de $500 \text{ kg} / \text{m}^3$, con un grosor de 30 cm.

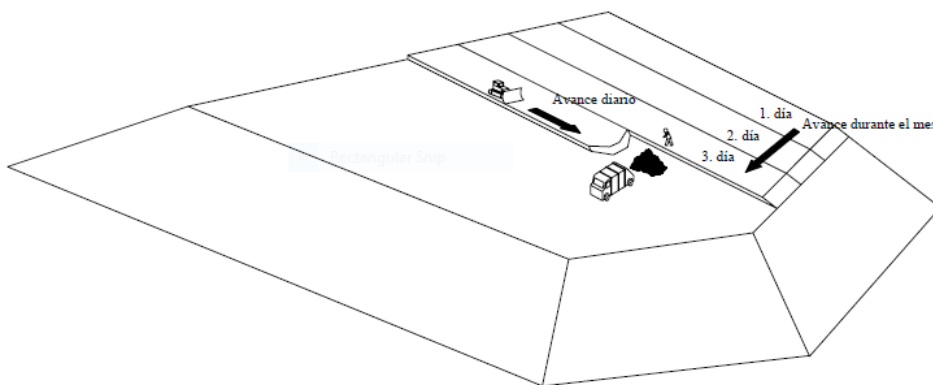
✓ Recordemos que:

- Densidad = Peso / volumen, donde
- Volumen = Peso / densidad = $30,000 \text{ kg} / 500 \text{ kg} / \text{m}^3$
- Volumen = 60 m^3

Por otro lado

- Volumen = Área x altura (en este caso el espesor), donde:
- Área = Volumen / Altura = $60 \text{ m}^3 / 0.3 \text{ m} = 200 \text{ m}^2$

La franja debe tener una superficie de 200 m^2 . Es preferible hacer tiras estrechas y largas para minimizar el número de vueltas y vueltas del tractor. En este caso, una tira de: 5m x 40m o 6m x 33m.



Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador.2002

Figura 4-1 División del frente de trabajo en franjas diarias

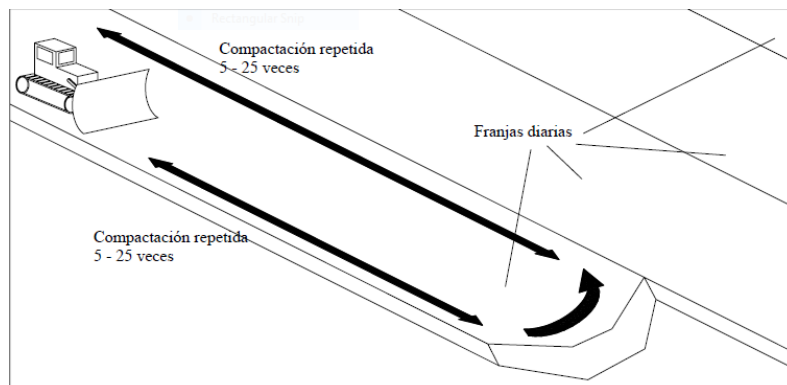
Coloque los residuos de manera uniforme. Es importante que el personal que tiene la función de indicar los lugares de descarga los organice de tal manera que los montículos de residuos vertidos se distribuyan de forma homogénea en la zona de la franja diaria. Esta precaución también minimiza el trabajo y, en consecuencia, los costos del equipo de compactación.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-4. Esparcimiento y compactación de residuos con excavadoras en el SDF de Azua

Pasar entre 5 y 25 veces sobre una capa de residuos como se ve en la Figura 4-2. Si se pasa 25 veces, la compactación alcanza una densidad 20% -30% mayor que la lograda con 5 pasadas. Se recomienda gastar 20 veces en los residuos. Las experiencias de la Municipalidad de Loja en Ecuador han demostrado que se necesitan de 2 a 3 horas para compostar 54 toneladas de residuos con 20 pasadas (con una excavadora Caterpillar D6D). En SDF con mejores equipos, se podrían compactar más residuos al mismo tiempo.¹

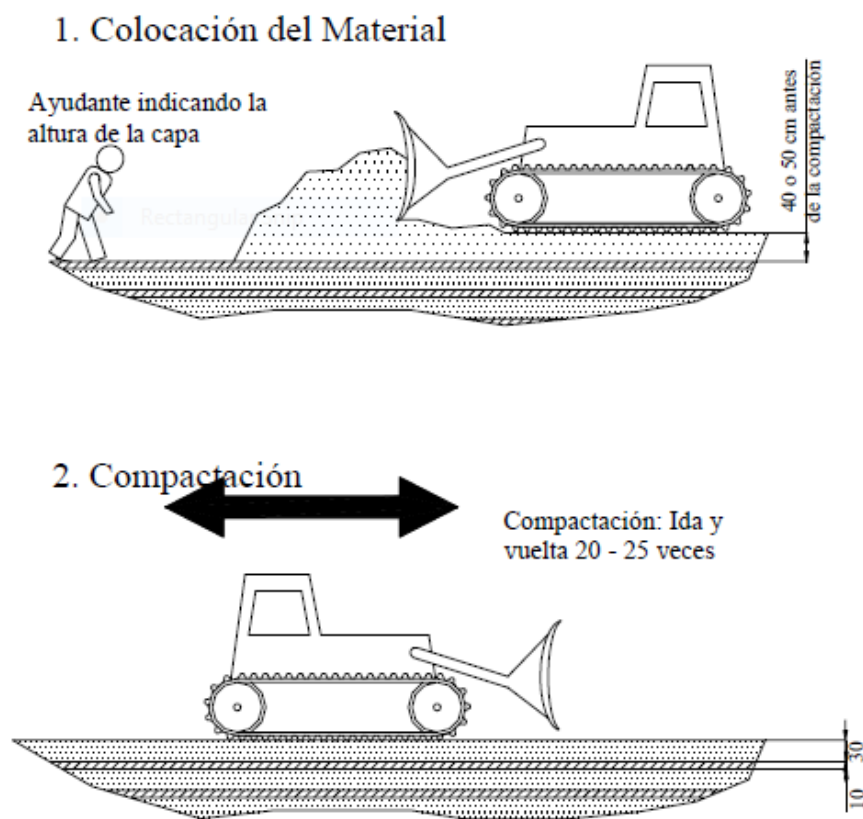


Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

Figura 4-2 Compactación repetida para el aumento de la densidad

Coloque capas delgadas de desechos, ya que se compactan más fácilmente. Si un equipo de compactación se utiliza correctamente, el espesor ideal es de entre 30 y 60 cm. En el caso de las excavadoras, la mejor compactación ($0,81 \text{ t/m}^3$) se consigue si los residuos se colocan en capas finas con un grosor inferior a 30 cm. El operador del tractor puede determinar el grosor de la capa descendiendo para hacer un control visual, o su asistente puede colocar una estaca con medidas para visualizar las mediciones actuales.

¹ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador.2002



Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

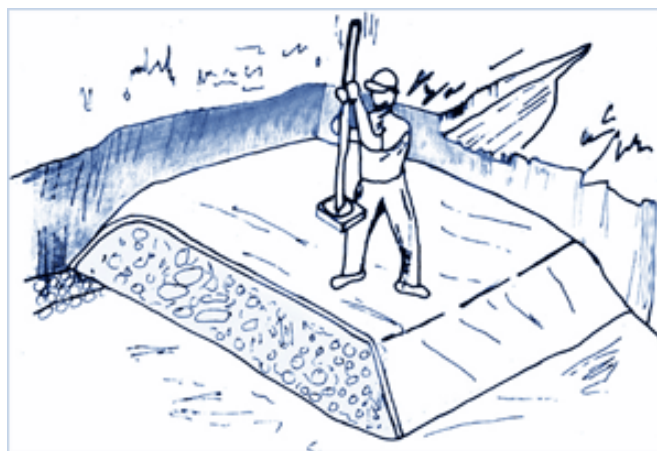
Figura 4-3 Compactación con alto número de pasadas

1) Compactación en un relleno sanitario manual

Los rellenos sanitarios manuales son la solución más adecuada para municipios y pequeñas comunidades (hasta 30,000 habitantes), cuya generación sea igual o inferior a 15 toneladas/día o para municipios ubicados en sitios aislados y/o con recursos económicos limitados. En este tipo de SDF, los trabajadores realizan las actividades de forma manual: descarga, esparcimiento, compactación y cubrimiento de residuos, así como mantenimiento de zanjas, construcción de chimeneas y desagües, excavación de nuevos módulos, etc. Hay que tener en cuenta que la compactación del material es menos eficiente y, por tanto, la inestabilidad de los residuos confinados no permite alcanzar grandes alturas (generalmente 3 metros). Esta situación se traduce en una mayor superficie y, por lo tanto, en un aumento de la producción de lixiviados.

Los residuos se vierten lo más cerca posible del lugar donde se van a depositar, que deberá indicarse al conductor del vehículo recolector. Los trabajadores colocan los residuos en capas finas, con un espesor máximo de 30 cm. Se pueden construir capas horizontales o inclinadas que están soportadas por una pendiente natural o capas previamente construidas. Si se realiza en capas inclinadas, la pendiente máxima será de 1:3. El sistema de colocación se muestra en

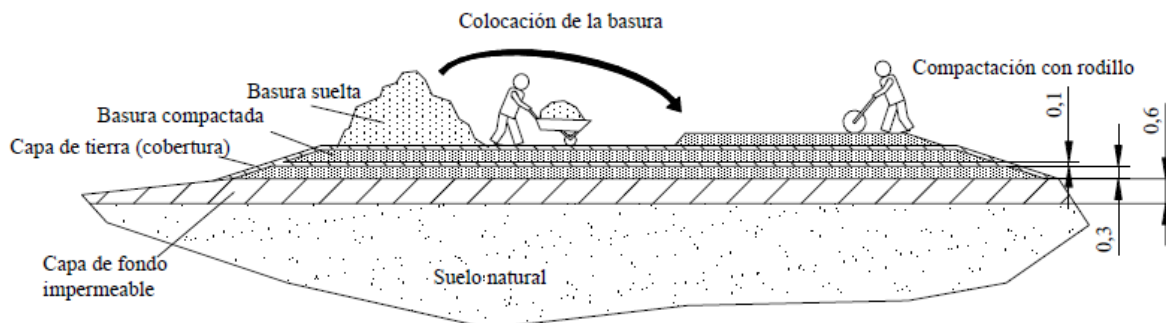
el siguiente gráfico:



Fuente: Manual para el funcionamiento de vertederos. SEDESOL, México.

Figura 4-4 Colocación y compactación manual

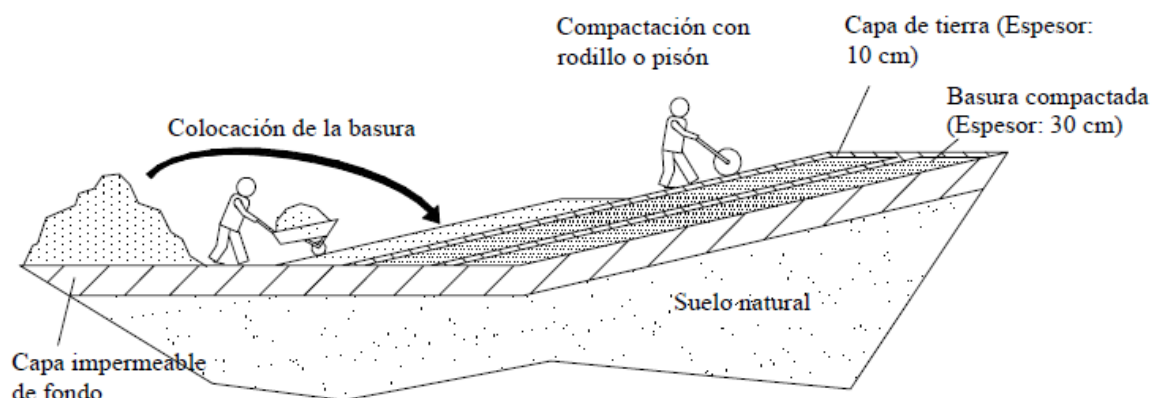
a. Capas horizontales



Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

Figura 4-5 Colocación manual y compactación de basura

b. Capas inclinadas



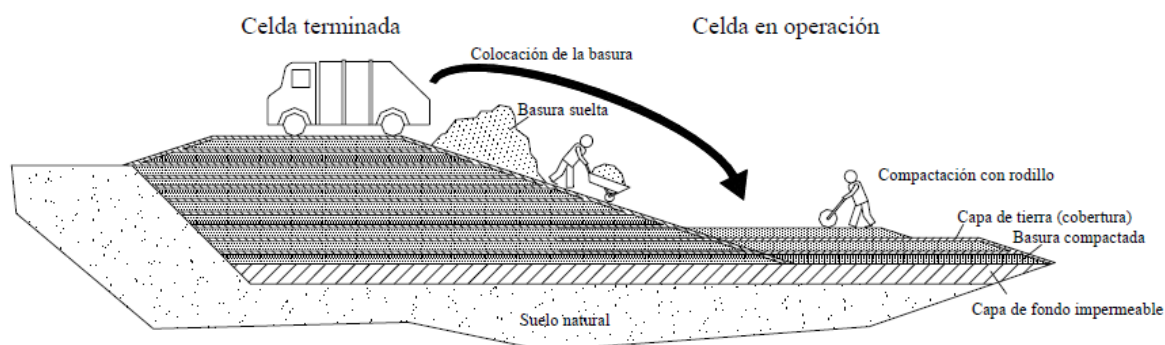
Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

Figura 4-6 Capas y compactación

Las capas deben prepararse diariamente y compactarse al final del día. Luego cubra con tierra u otro material adecuado para proteger el SDF contra roedores, insectos y otros animales (gallinas, perros callejeros, etc.) y evitar la dispersión de materiales volátiles, polvo y olores. Es muy importante que no se exponga ningún residuo.

En regiones muy precipitadas, la excavación o el transporte diario del material de cobertura puede ser problemático. A medida que la tierra se satura de humedad, pesa más y es más pegajosa que en la estación seca. En tal caso, se recomienda almacenar una cantidad suficiente de material de cobertura en el mismo SDF. Si es posible, esta tierra se almacena en una celda ya terminada. Con esto, la distancia de transporte a la celda actualmente operada sería mínima, y el peso del suelo acumulado ayudaría a compactar aún más la celda terminada, al mismo tiempo que la generación de lixiviados.

En un relleno sanitario manual, la compactación de los residuos depositados y del material de cubierta se realiza con tambores de mano y rodillos. Para compactar las pendientes, el uso del carnero es más recomendable; mientras que para superficies horizontales es mejor usar el rodillo de mano. La Figura 4-7 muestra cómo se debe realizar la compactación manual de la capa diaria. Para mejorar la compactación de las células, también es posible organizar que los vehículos recolectores pasen por encima de las células. Para eso, ya se ha hecho una buena compactación manual anteriormente. Tenga en cuenta que este trabajo no debe llevarse a cabo en la temporada de lluvias, ya que existe el peligro de que los vehículos colapsen si el terreno está demasiado suelto. El tránsito de los vehículos sobre los residuos se puede facilitar colocando placas y palos en la celda, como se muestra en la Figura 4-7.



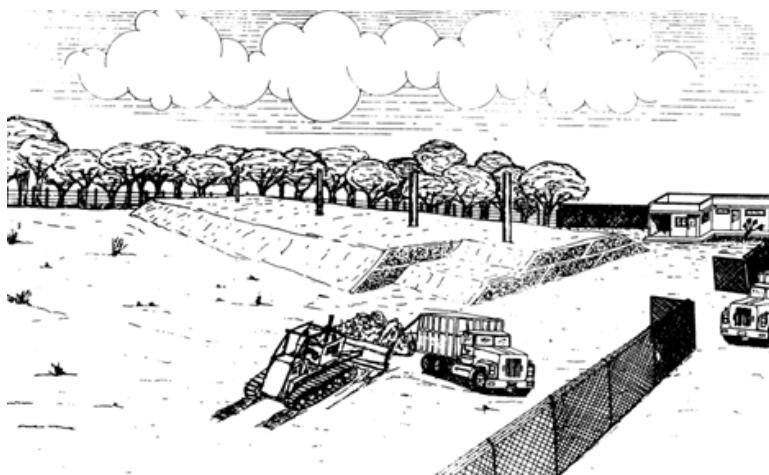
Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002.

Figura 4-7 Tránsito del vehículo en la celda terminada.

El tránsito de los vehículos recolectores sobre las celdas terminadas contribuye con su peso a aumentar significativamente la densidad de la celda y, en consecuencia, a minimizar la cantidad de lixiviados.

2) Rellenos sanitarios con compactación mecanizada

A diferencia de los rellenos sanitarios manuales, la compactación mecanizada, total o parcial, tiene su aplicación en municipios medianos y grandes que, por la cantidad generada, sus rellenos sanitarios no podrían ser manejados por completo, y por lo tanto requieren el uso de maquinaria para realizar las operaciones básicas: esparcimiento, compactación y cobertura de residuos; así como para las excavaciones y transporte necesarios para suministrar nuevo material de cobertura. Si la generación diaria es de 16-40 toneladas / día, el relleno se puede operar de manera semi-mecánica. Los SDF mecanizados se aplican a poblaciones que generan más de 40 toneladas / día. Estos municipios suelen contar con fondos más adecuados y también de personal técnico capacitado.



Fuente: Manual para el funcionamiento de vertederos. SEDESOL, México.

Figura 4-8 SDF con compactación mecanizada

3) Factores que afectan a la compactación

De lo anterior, se puede deducir que, entre los factores que influyen en la compactación:

a. Tipo y características de los equipos o maquinarias

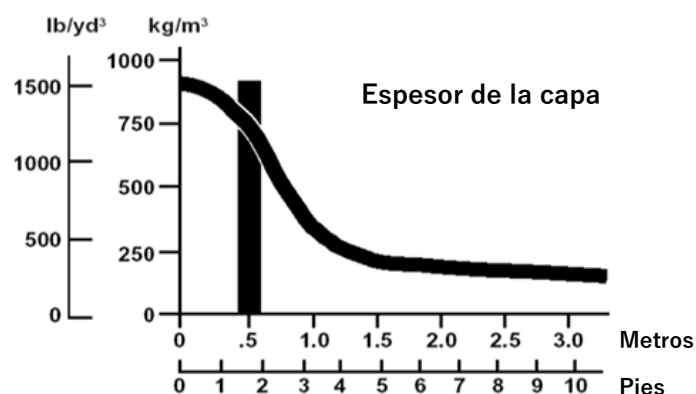
Cuanto más pesado sea el equipo, mejor será la compactación, ya que ejerce más presión sobre el suelo. Aunque la excavadora tiene la función de compactar los residuos, los compactadores, equipos especialmente diseñados para este fin, están obviamente fabricados con características específicas para lograr un mayor grado de compactación.

b. Composición y humedad de los residuos sólidos vertidos

Hay residuos más fácilmente compactados. Por ejemplo, las ramas de los árboles son difíciles de compactar, al igual que los residuos voluminosos (colchones, refrigeradores, lavadoras, etc.); No así los restos de comida.

c. El espesor de la capa de residuos

A mayor espesor/espesor, menor compactación.



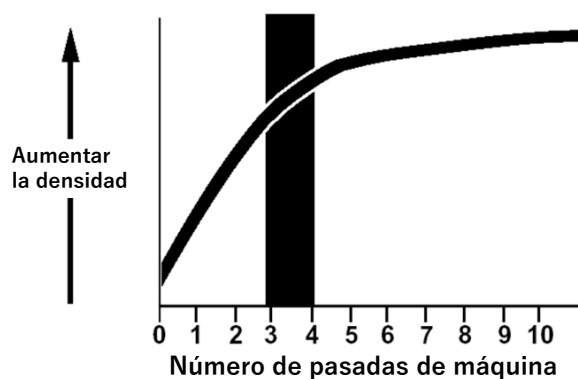
Fuente: Presentación "Biogás Básico". Ing. Marcos Elizondo, WCA Waste Corporation. Seminario "Reducción de las emisiones de metano en el sector de los residuos" Iniciativa Global de Metano. CNCCMDL. Santiago, mayo de 2014

Figura 4-9 Importancia del espesor de carga

d. El número de veces que el equipo pasa por encima de la capa de residuos

Con una excavadora, a mayor número de pasadas, mayor es la compactación (aumento de la densidad de los residuos depositados). Sin embargo, se debe lograr un equilibrio entre la compactación deseada y el consumo de combustible, porque cuanto más se compacta, mayores son los costos. La decisión final dependerá de cuál de los dos factores sea más limitante en la operación.

Cuando se utiliza un equipo de compactación como tal, debe pasar sobre el residuo al menos 3 o 4 veces para lograr una compactación adecuada, como se puede ver en la Figura 4-10. Por otro lado, a partir de cuatro (4), el aumento de la densidad no es significativo, como se puede observar.

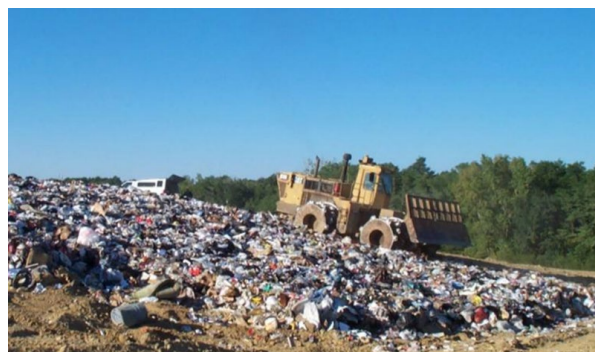


Fuente: Presentación "Biogás Basics". Ing. Marcos Elizondo, WCA Waste Corporation. Seminario "Reducción de las emisiones de metano en el sector de los residuos" Iniciativa Global de Metano. CNCCMDL. Santiago, mayo de 2014

Figura 4-10 Importancia del número de pasadas

e. Pendiente frontal / inclinación de trabajo

Hacia arriba, el factor de compactación es más bajo que en un plano horizontal y es a su vez más pequeño, que inclinado hacia abajo. Idealmente, los residuos se empujan cuesta abajo, ya que aumentan el potencial del efecto "cascada" de los residuos, formando capas más delgadas. Sin embargo, cuando se usan excavadoras, hay menos compactación.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-5. Inclinada hacia arriba



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-6. Compactación plana

4.1.7 Cobertura intermedia (diaria)

La cobertura se define como la acción de revestir los residuos sólidos con tierra u otro material adecuado, después de que hayan sido emparejados y compactados, en el área ya formada.

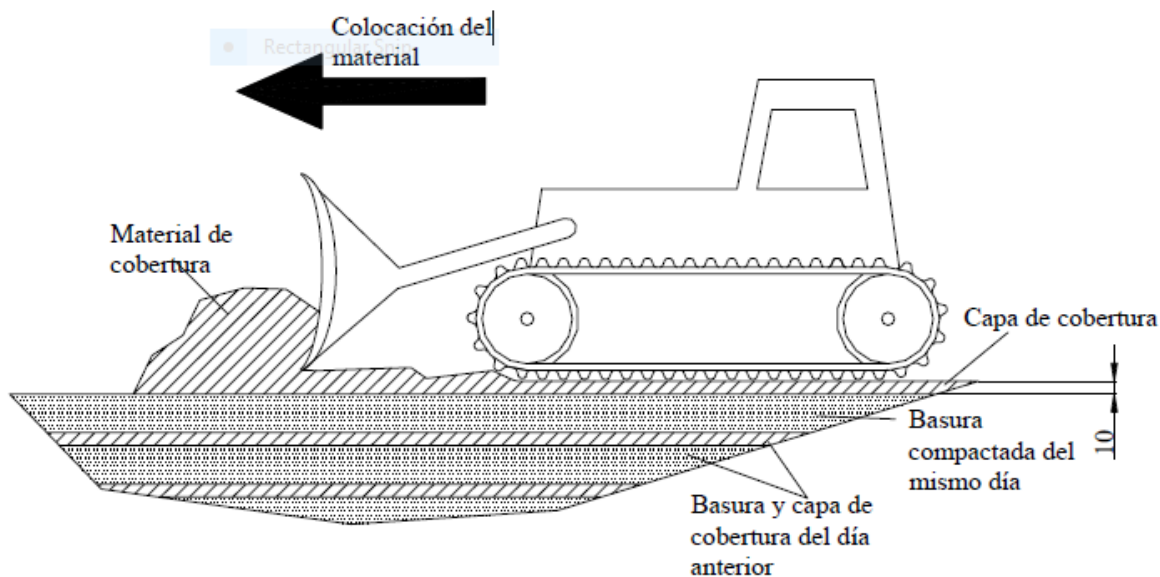
En un relleno hay dos tipos de cobertura: intermedia y final. La cobertura intermedia es la que se realiza durante la operación del SDF, mientras que la definitiva, se ejecuta en el momento de su cierre o clausura. La cubierta intermedia también se denomina diaria porque debe colocarse, como su nombre lo indica, de forma continua y antes de 24 horas después del depósito de los residuos².

Los objetivos de la cobertura son:

- ✓ Proporcionar protección contra incendios
- ✓ Promoción de la esorrentía de agua de lluvia
- ✓ Reducir la infiltración de agua de lluvia
- ✓ Mejorar la generación de biogás (crea condiciones anaeróbicas más rápido)
- ✓ Reducir los olores
- ✓ Proporcionar control vectorial
- ✓ Controlar el acceso a los recicladores
- ✓ Comprobar los residuos sueltos
- ✓ Proporcionar beneficios inmediatos esenciales para el correcto funcionamiento del sitio

Los materiales recomendados para servir como cobertura diaria son, dependiendo de su disponibilidad en la zona: tierra, caliche, arcilla, granzote fino, compost, entre otros. Es muy importante que la fuente del material esté cerca del sitio.

² Sin embargo, dadas las limitaciones financieras de la mayoría de los municipios del país, y considerando que el ciclo de la mosca es de 72 horas, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha establecido al menos aceptable que la cobertura intermedia se realice al menos 3 veces por semana.



Fuente: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador. 2002

Figura 4-11 Aplicación de la cobertura intermedia

La aplicación sucesiva de una capa de tierra sobre una capa de residuos se denomina "método sándwich", donde el pan representaría el suelo.

La disponibilidad del material de cobertura en el sitio donde se encuentra el SDF es un aspecto clave en la selección del sitio para reducir los costos durante la operación.

El material para la cobertura del día se vaciará girando en el punto más cercano a la celda del día correspondiente, al que puedan acceder los vehículos de transporte. El cargador o tractor se encargará de empujarlo y extenderlo por toda la superficie a cubrir.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-7. Vaciado del material de cobertura



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-8. Cobertura

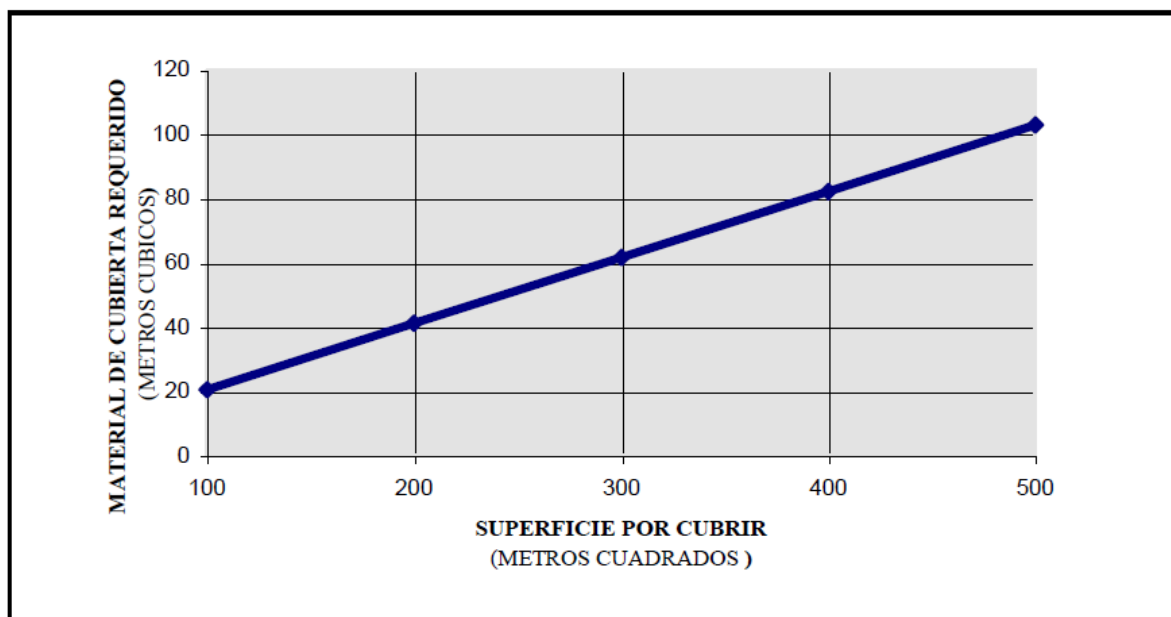
1) Método y material de cobertura

Los residuos depositados se cubrirán formando una capa continua y uniforme. Idealmente, el grosor de la cubierta diaria del material debe ser de al menos 30 cm con el material ya compactado, equivalente a un espesor de aproximadamente 35 centímetros de material suelto. Sin embargo, experimentos realizados en países similares a la RD, como El Salvador, muestran que se puede aplicar un mínimo de 15 cm, así como en pendientes. Un espesor ya compactado de 15-20 cm es adecuado.

Por otro lado, se encuentra en la literatura que la cantidad requerida de material de cobertura debe estar entre $1/4$ y $1/3$ (25 a 33%) de la capa de desechos enterrados. Teniendo en cuenta los porcentajes indicados, si se entierran 50 m^3 / día de residuos, se utilizarían $13 - 15 \text{ m}^3$ de suelo para la cobertura diaria, en cuyo caso el valor más bajo del rango es inferior a 15 cm.

Vale la pena señalar que el grosor también dependerá del tipo de suelo del que provenga el material de cobertura. Por otro lado, cabe destacar que independientemente del grosor de la capa aplicada, se debe verificar visualmente el estado final de la cubierta intermedia para confirmar que el espesor de la capa de cubierta obtenida cumple su función: control de olores, presencia de insectos, roedores y aves, de residuos no expuestos y una superficie suficientemente homogénea para permitir un fácil drenaje del agua de lluvia.

El siguiente gráfico muestra la relación entre la superficie a cubrir y el volumen requerido de material de cubierta.



Fuente: MT Operación de rellenos sanitarios. SEDESOL - Página 75

Figura 4-12 Área a cubrir Vs. Volumen de material de cobertura

El material del techo en las laderas aún puede tener un espesor menor, siempre que cumpla con los criterios indicados anteriormente.

La superficie de la celda se formará con una pendiente del 2 al 3%, preferiblemente, para facilitar el drenaje en caso de lluvia. Sin embargo, también es aceptable para 1 a 2%.³

4.1.8 Cobertura final

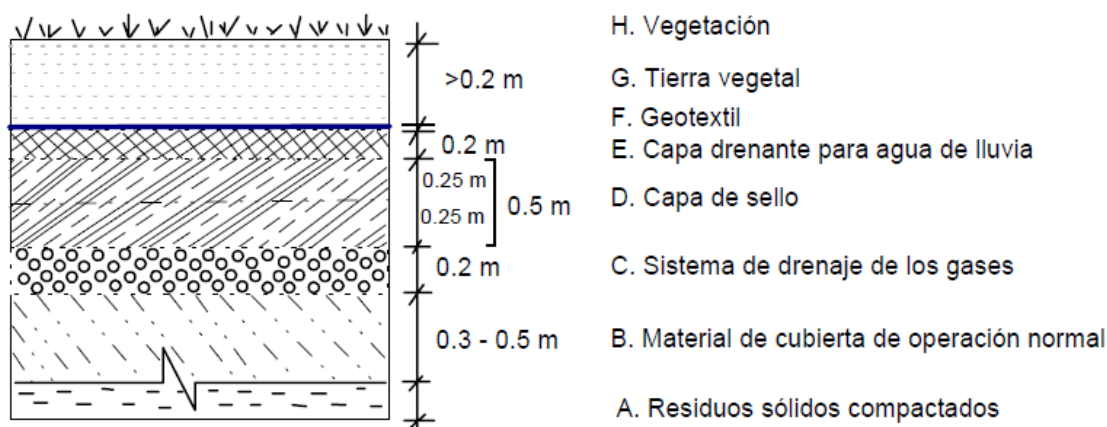
El propósito del suelo de cobertura final es aislar los residuos más cercanos a la superficie del vertedero. Se instala en la parte superior de la capa de residuos y cubre los residuos del exterior. Reduce la generación de lixiviados, evita la difusión de olores y mejora el paisaje.

El material utilizado para el suelo de cobertura final debe cumplir con:

- ✓ Coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-5} a 1×10^{-7} cm/s
- ✓ Hasta un 10% de suelo fino
- ✓ Hasta 90 – 100% de arena o grava
- ✓ Que se pueda compactar
- ✓ Porosidad de 25 – 50%
- ✓ Ubicado cerca del SDF

La siguiente figura muestra un esquema del suelo de cobertura final para un vertedero.

³ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Ecuador.2002.



Fuente: Manual para la rehabilitación, el cierre y la remediación de vertederos a cielo abierto. Secretaría de Ecología, México.

Figura 4-13 Esquema de un suelo de cobertura final

4.2 Prácticas operativas recomendadas⁴

La siguiente es una serie de recomendaciones para lograr una operación efectiva de relleno sanitario:

- ✓ No se debe tomar ninguna disposición cuando un supervisor no está presente. El sitio debe estar cerrado cuando no hay suficiente personal para proporcionar el servicio.
- ✓ Mantenga el menor ancho posible en el frente de trabajo.
- ✓ Mantener una separación de **2.5 a 3.0 m** entre los equipos de compactación y los vehículos pick-up o transfer.
- ✓ Todos los residuos recibidos en el SDF deben ser desechados sanitariamente y no deben exceder un período de 48 horas después de la entrada.
- ✓ Los residuos deben ser trabajados inmediatamente después de ser depositados en el frente de trabajo y no se debe permitir que se acumulen en montículos o que solo los residuos se formen una o dos veces al día.
- ✓ Para garantizar la máxima utilización de la capacidad del vertedero, los residuos deben vaciarse en la base de la celda o rampa de eliminación y trabajarse al mismo nivel. Este "fondo de descarga" reduce las posibilidades de esparcimiento de papeles debido al viento, permite la máxima compactación y mejora el control de los residuos. Otra ventaja es que cuando los escombros se depositan en un área pequeña, la cantidad de material de cobertura utilizado también es menor.
- ✓ Los residuos deben esparcirse en la superficie del frente de trabajo en capas de entre 30 y 90 cm.

⁴ Tomado de MT Operación de rellenos sanitarios - SEDESOL, México.

- ✓ Los residuos nunca deben depositarse en la parte delantera de aquellas zonas donde se están realizando maniobras de excavación.
- ✓ Los residuos esparcidos en el frente de trabajo deben compactarse de acuerdo con los requisitos de compactación establecidos en el proyecto ejecutivo y de acuerdo con el plan de operación (generalmente con un mínimo de cuatro pasadas es suficiente si la compactación se realiza con tractores de ruedas de metal o cadena).
- ✓ Los residuos se gestionan eficientemente si se dispersan en una pendiente 3: 1, utilizando maquinaria de orugas; pero se pueden obtener excelentes resultados en superficies planas, si se trabaja con equipos con piñones. Utilizando una pendiente con una pendiente determinada, se favorece el ahorro de material de cobertura, así como un menor tiempo en la extensión y compactación de los residuos. Sin embargo, las pendientes de pendiente excesivas (pendientes superiores a 3: 1), dan como resultado una menor compactación.
- ✓ Una vez que el equipo de movimiento de tierras ha cargado una cantidad de material de cubierta, no debe descargarse en ningún lugar hasta que se defina el lugar donde se coloca.
- ✓ El material de recubrimiento debe humedecerse lo suficiente para lograr una compactación adecuada, además de controlar el arrastre del material por el efecto del viento. Sin embargo, se debe tener cuidado de medir el agua necesaria para lograr el objetivo propuesto; pero se debe tener mucho cuidado de no agregar exceso de agua debido a problemas de obstrucción y / o escorrentía que afectan las propiedades de la cubierta del material resultando en problemas operativos.
- ✓ Es recomendable eliminar cualquier acumulación de agua de lluvia en las superficies llenas, dentro de un período de 72 horas, después de identificar ese problema.
- ✓ Cuando las lluvias de alta intensidad están presentes en el frente de trabajo, el agua acumulada debe bombearse al agua de lluvia o a los canales de agua fuera del sitio antes de proceder a descargar los desechos sólidos.
- ✓ Todas las depresiones que aparecen en las superficies ya trabajadas, deben rellenarse lo antes posible, para evitar la acumulación de agua y de esta manera minimizar la posibilidad de infiltración de agua hacia los estratos inferiores.
- ✓ La aceleración de la degradación de los residuos depositados en el SDF, mediante la adición de microorganismos o enzimas con acción específica, solo tiene sentido, si existe un plan bien definido que establezca la ubicación del área designada para este programa, composición de los Aditivos, método, cantidad y frecuencia de aplicación, así como las medidas de seguridad requeridas.

- ✓ Si se reciben residuos especiales o industriales por cualquier motivo (incluso si no son peligrosos), los residuos de origen municipal deben eliminarse por separado. No debe haber un acuerdo conjunto.

4.3 Precauciones para la temporada de lluvias⁵

Durante la temporada de lluvias, existen problemas importantes en el funcionamiento del SDF, especialmente manuales, tales como:

- ✓ Es difícil pasar los vehículos colectores por encima de las células ya formadas y puede presentar obstrucciones, debido a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.
- ✓ Difícil de extraer y transportar el material de cobertura y el arduo trabajo de dar forma a las células. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operadores.
- ✓ Solo es posible descargar la basura y el material de cobertura en la terraza, retrasando así la formación y compactación de las celdas. Si no se toman las medidas adecuadas a tiempo, los residuos dispersos y la presencia de aves carroñeras deteriorarán el aspecto del SDF.
- ✓ Mayor producción de lixiviados.

Por lo tanto, es necesario tomar las siguientes previsiones:

- ✓ Cubrir parcial o totalmente la superficie del vertedero con un techo de palma, plástico u otro material de la zona.
- ✓ Reservar algunas zonas en lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones (zonas de emergencia).
- ✓ Construir una carretera o camino artificial utilizando troncos o pequeños escombros de construcción (escombros).
- ✓ Programar el movimiento de tierras para los períodos secos, tanto para la extracción del material de cobertura como para la apertura de zanjas, dejando solo el enterramiento de los residuos para la temporada de lluvias.
- ✓ Por supuesto, las células deben cubrirse con material plástico para evitar que el agua de lluvia se filtre a través de los desechos.
- ✓ Reserva de áreas y construcción en altura de las celdas para la operación durante períodos de lluvias.
- ✓ Mantener áreas de trabajo estrechas, soportando las celdas en la pendiente del

⁵ Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales - OPS. 2002

terreno y superponiendo tres o más celdas cerca de la carretera interna para que el avance sea más vertical que horizontal.

Durante uno o más días a la semana, refuerce la mano de obra con una tripulación adicional de dos o tres trabajadores, con el fin de mantener el SDF en buenas condiciones mientras persistan los factores adversos.

4.4 Pasos y recomendaciones para la construcción de la celda⁶

Una celda se construye compactando residuos en una pendiente en capas sucesivas del mismo espesor. Los residuos se depositan a los pies del frente de obra y se empujan en la pendiente. Los pasos apropiados para construir la celda se describen a continuación:

- ✓ Descargue los residuos sólidos sobre el área que formará el frente de trabajo correspondiente del día.
- ✓ Utilice pilotes de nivelación para controlar la altura de la celda y dar la pendiente adecuada para facilitar el drenaje por gravedad. El nivel de la superficie superior de la célula debe estar entre el 2 y el 5 por ciento, mientras que la altura de la celda es comúnmente de aproximadamente 2.4 a 3.5 m.
- ✓ Esparcir los residuos sólidos en el frente de trabajo en capas de 0.30 a 0.60 m de espesor.
- ✓ Compactar los residuos sólidos con entre 3 y 5 pasadas en la pendiente.
- ✓ Una vez compactados los residuos del día, se descarga sobre ellos el material para la cubierta diaria.
- ✓ Extender y compactar el material de recubrimiento, manteniendo un espesor mínimo de 15 cm. Dependiendo del tipo de piso de donde proviene el material del techo, puede requerir un mayor grosor.

Normalmente, las dimensiones de la celda se encuentran en los planos de diseño del relleno. Sin embargo, si por alguna razón las dimensiones de la celda no se conocen o necesitan ser modificadas en una ventana emergente, algunas recomendaciones útiles son las siguientes:

- ✓ El ancho del frente de trabajo depende del número de vehículos que transportan residuos al área de operación y la cantidad de equipos disponibles para la dispersión y compactación. Por razones de seguridad, el ancho del frente de trabajo no debe reducirse a menos de tres veces el ancho de la cuchilla de la topadora del equipo utilizado y no debe exceder los 45 m, ya que con dimensiones más grandes se vuelve

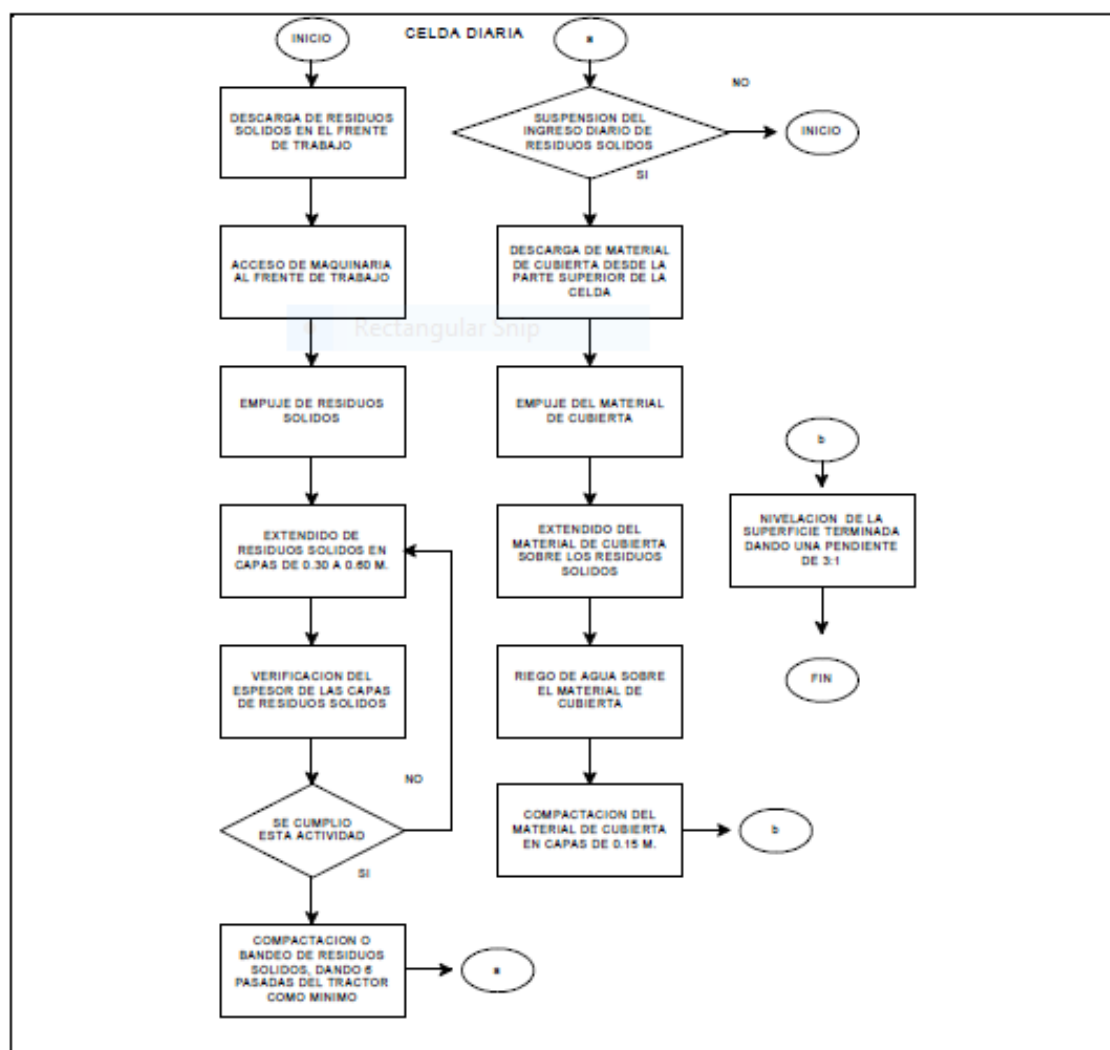
⁶ Tomado de MT Operación de rellenos sanitarios- SEDESOL, México.

muy difícil de manejar, a menos que haya una gran cantidad de equipo disponible y su funcionamiento esté estrictamente supervisado.

- ✓ En cuanto a la altura adecuada para las celdas no hay regla, sin embargo, algunos diseñadores prefieren 2.5m. O menos, presumiblemente porque esta altura no causará problemas graves de asentamiento.
- ✓ La densidad recomendada para los residuos sólidos de una celda terminada es superior a 600 kg / m³.

1) Flujo de operación diaria en un SDF

La siguiente figura resume el funcionamiento diario de un relleno. El término célula diaria se refiere a la tira donde se colocan los desechos diarios dentro de la propia célula. En alguna otra literatura hablamos de célula diaria para referirnos a lo que en otra se indica como la tira diaria.



Fuente: Operación MT Operación de rellenos sanitarios. SEDESOL - Página 77.

Figura 4-14 Diagrama de flujo de la operación diaria en un vertedero

4.5 Operaciones complementarias o de apoyo

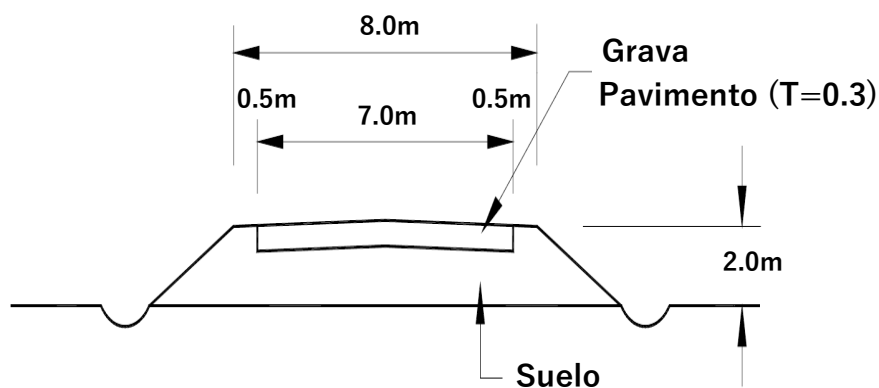
Las funciones de soporte durante la fase de operación incluyen:

- ✓ Ampliación y mantenimiento de los caminos al frente de obras del vertedero.
- ✓ Prevención y control de incendios.
- ✓ Supervisión e inspección.

4.5.1 Ampliación y mantenimiento de carreteras

Durante la operación del sitio, las carreteras se deterioran por el tránsito de las camionetas, por lo que es necesario su acondicionamiento regular. Generalmente, la ampliación y el mantenimiento de las carreteras se puede realizar durante la fase de operación mediante el equipo utilizado para la propagación y compactación (excavadora, por ejemplo).

Una sección transversal típica de una carretera de mantenimiento se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Norma de diseño (Japón)

Figura 4-15 Esquema de una sección transversal de la carretera de mantenimiento

Los principales aspectos a tener en cuenta durante la inspección de las carreteras de mantenimiento son

- Inspeccionar si hay grietas o baches en el pavimento
- Inspeccionar si hay alguna zona erosionada debido al agua de escorrentía

Para la reparación de la carretera debido al ahuecamiento, delimitar la zona dañada, colocar y compactar material de suelo nativo para fijarla.

Para las zonas erosionadas, inspeccione si las instalaciones de aguas pluviales funcionan correctamente. A continuación, reconstruya la zona a su estado normal.

Por lo tanto, si es necesario según la inspección anterior, se recomiendan las siguientes acciones:

- Regar periódicamente las carreteras con agua tratada, preferiblemente durante las horas de mayor actividad, para evitar la generación de polvo.
- Rellenar los baches y luego compactar con un aplanador manual.
- Las cunetas de la carretera deben estar siempre libres de rocas, arena o residuos para evitar su obstrucción.
- Mantenimiento de las condiciones de rodamiento de las carreteras, preferiblemente en horas no laborables, para aprovechar el equipo pesado disponible.

4.5.2 Prevención y control de incendios

Los incendios generan problemas de seguridad, reducen la calidad del aire (salud), causan molestias y daños a la propiedad. En los SDF, los incendios pueden ser difíciles de localizar porque a veces se generan dentro de las celdas y el humo toma la ruta que le permite salir más fácilmente y no a la superficie directa sobre su ubicación.

1) Tipos de incendios

Los incendios en un SDF son de 2 tipos: superficiales y subterráneos.



(1) Superficial



(2) Subterráneo

Foto 4-9. Tipos de incendios

Los incendios superficiales pueden ser causados por fuentes fuera del sitio (por ejemplo, desechos que llegan con altas temperaturas en el interior o ya iluminados) o por fuentes del sitio (maquinaria, alguien fumando en la masa de desechos, recicladores, recicladores).

Los incendios subterráneos se producen por la infiltración de aire en la masa residual y la presencia de fuego debajo de la superficie. Son difíciles de extinguir, por lo que se hace necesario saber identificar los signos de un incendio subterráneo.

2) Identificación de incendios subterráneos

La presencia en el sitio de las siguientes condiciones indica la existencia de incendios subterráneos.

- ✓ Cavidades repentinas y hundimiento
- ✓ Grietas
- ✓ Orificios de ventilación



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 4-10. Identificación de incendios subterráneos.

3) Medidas de prevención y control de incendios

Los incendios se pueden controlar de la siguiente manera:

- ✓ Compactación efectiva de residuos para reducir espacios y restringir el acceso de aire.
- ✓ Cobertura diaria de residuos.
- ✓ Compactación adecuada del material de recubrimiento.
- ✓ Si aparece el fuego, trate de sofocar la combustión impidiendo el acceso del aire (oxígeno) a la zona quemada, lo que generalmente se puede lograr cubriendo el área con suficiente tierra. No se recomienda el agua.

Entre las medidas de prevención se encuentran:

Monitoreo de la temperatura interna del vertedero: La temperatura normal de un vertedero es inferior a 55 grados centígrados. Las temperaturas más altas son signos de una situación anormal.

Monitoreo de la composición del biogás: Si la concentración de oxígeno es superior al 1%, indica que el aire no se está deteniendo. Mejor cubierta y compacta.

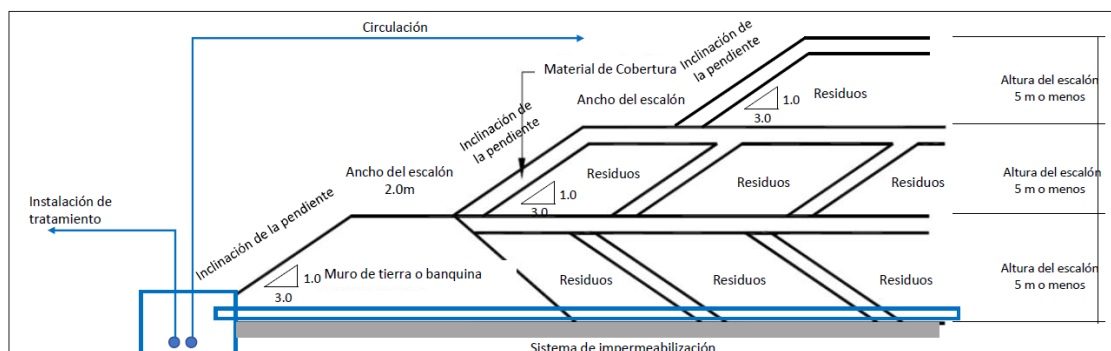
Se debe formar y capacitar a un equipo de prevención de incendios y contingencia. El equipo será designado dentro de la plantilla, que en su totalidad deberá estar capacitada en la materia.

4.5.3 Dique y pendiente de la capa de residuos acumulados

El material del suelo para el dique debe compactarse adecuadamente para evitar un posible asentamiento debido al aumento de la altura durante la acumulación de residuos.

El dique debe ser inspeccionado para verificar si su integridad se ha visto afectada debido a: erosión de la escorrentía de agua, asentamiento del suelo.

Para la capa de residuos acumulados, la pendiente no debe ser más pronunciada que 2:1 H: V



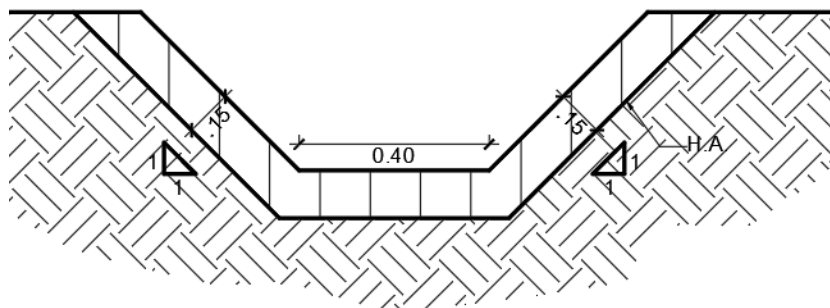
Fuente: Norma de diseño (Japón)

Figura 4-16 Esquema de un dique pequeño

4.5.4 Drenaje

El sistema de drenaje consiste en las instalaciones (zanjas, generalmente) para la gestión adecuada de la escorrentía de aguas pluviales. Se instala alrededor de las carreteras de mantenimiento y los vertederos para reducir la cantidad de generación de lixiviados.

Las dimensiones de las zanjales deben ser según los cálculos hidráulicos, con un ancho mínimo de fondo de 0,40 m para facilitar la construcción.



Fuente: Equipo de Expertos de JICA

Figura 4-17 Diseño típico de la sección de la zanja de drenaje

Las obras de drenaje como zanjas, alcantarillas y tuberías colectoras, deben inspeccionarse y limpiarse con frecuencia para evitar obstrucciones en el caso de un evento de lluvia que podría producir obstrucción y, por lo tanto, incapacidad de transportar la escorrentía.

Todas las obras de drenaje importantes deben inspeccionarse al menos una vez a la semana, así como después de cada evento de lluvia para eliminar sedimentos y escombros.

4.5.5 Verja perimetral

Consiste en un elemento de barrera física que delimita el área del SDF. Se instala a lo largo del límite del sitio para mantener alejadas a las personas no relacionadas.

Su altura es de aproximadamente 1.80 m sobre el suelo, y está hecho con una cerca de eslabones de cadena galvanizada sobre un corto muro de mampostería (0.20 – 0.40 m).

La verja perimetral es la estructura que delimita el área del predio correspondiente al SDF, generalmente estos consisten en una cerca de malla de eslabones, la cual debe ser constantemente revisada, y reparada si es necesario, para que cumpla con su función de impedir el paso de mascotas y personas no autorizadas al SDF.

Generalmente, los problemas que tendrán que ser observados y reparados (si aplican) son:

- ✓ Los agujeros generados por las personas al cortar los alambres de la malla. Entonces esa sección tendrá que ser reemplazada por la malla.
- ✓ Enderezar los postes y secciones de malla que podrían ser tirados o deformados, porque las personas o los animales se apoyan en ellos
- ✓ Rellena los agujeros que hacen los animales en el suelo para pasar por debajo de la malla.

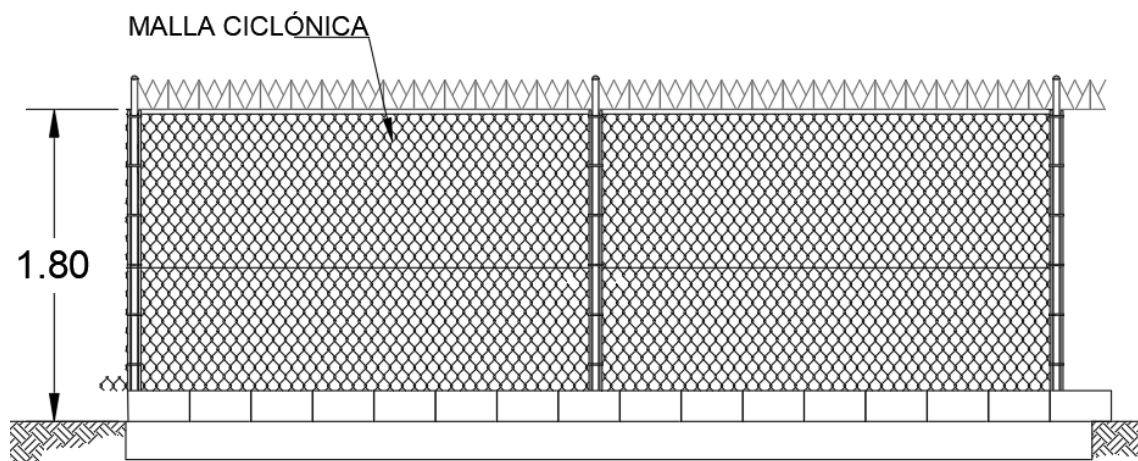


Figura 4-18 Esquema de la cerca de eslabones de cadena típica

4.5.6 Supervisión e inspección

La supervisión e inspección en un SDF son actividades para garantizar que la operación se realice de manera óptima y en consecuencia evitar problemas económicos, sociales, técnicos y/o ambientales. Si el SDF no lleva a cabo una buena supervisión y un mantenimiento adecuado, existe el riesgo de que este se convierta en un vertedero a cielo abierto.

La supervisión debe entenderse como la acción de observar un trabajo en particular, con el fin de que se realice correctamente. Por otro lado, la inspección es la acción de observación para confirmar que un determinado trabajo se realizó correctamente, una vez finalizado.

Las actividades dentro de la supervisión son:

- ✓ Comprobar que se respetan los horarios de funcionamiento. Si no se respeta, determine las áreas de descarga para evitar que se haga en lugares inapropiados.
- ✓ Realizar visitas aleatorias al lugar donde se realiza el control de acceso, verificando que se realice correctamente, a fin de asegurar que solo tengan acceso camiones y personas autorizadas.
- ✓ Compruebe que los datos requeridos y definidos en el formato se introduzcan en el registro de entrada y salida.
- ✓ Supervisar el control de los residuos sólidos que ingresan al sitio, para asegurar que no se reciban residuos industriales o peligrosos, realizando visitas aleatorias al área de acceso y observando los registros de entrada y salida.
- ✓ Verifique el funcionamiento y la operación de la báscula de camión de manera aleatoria, verificando el ajuste correcto de la báscula en un peso de referencia conocido.
- ✓ Preste especial atención al procedimiento de pesaje de los vehículos de recogida y al material de la cubierta para detectar posibles errores.

- ✓ Verifique que los vehículos, al llegar al patio de maniobras, estén orientados a descargar lo más cerca posible del frente de trabajo; y que el patio esté organizado y limpio.
- ✓ Verificar que la orientación del tráfico y descarga, en el patio de operaciones, sea la más adecuada para evitar pérdidas de tiempo.
- ✓ Verificar que las herramientas, equipos y equipos para la protección de los trabajadores estén bien mantenidos.
- ✓ Verifique que el frente de trabajo esté en condiciones operativas en todo momento, incluso cuando se produzcan fuertes lluvias.
- ✓ Asegúrese de que el drenaje en el frente de trabajo sea inmediato y se conduzca al sistema de drenaje.
- ✓ En caso de operación nocturna, observe que el frente está iluminado.
- ✓ Comprobar que las celdas a construir cada día, están identificadas por estacas que marcarán los límites de las mismas. Estos límites se indicarán a los operadores de los tractores.
- ✓ Asegúrese de que los escombros y el material de la cubierta estén correctamente compactados.
- ✓ Si se requiere, para el pago del equipo, para ver que se realiza un registro de horas efectivas de máquina.
- ✓ Observe que los camiones no arrojan residuos en su tránsito por el relleno sanitario, sino en el frente de trabajo.
- ✓ Vigilar que los operarios realicen la limpieza de sus unidades en la zona designada, dentro de la misma celda, para no retrasar el vertido.
- ✓ Verificar la ejecución del programa de uso de la maquinaria, el relleno sanitario de celdas y el diseño de frentes operativos, en base al número de vehículos en un tiempo determinado.
- ✓ Vea que la zona de tránsito se riegue continuamente con agua tratada, para reducir los peajes.
- ✓ Observa los baches.
- ✓ Presentar un informe completo, con conclusiones, de todas las observaciones realizadas durante un período de tiempo determinado.
- ✓ Las actividades de inspección son:
- ✓ Vigilar constantemente que no haya incendios en el SDF, en caso de que se produzcan, la zona debe considerarse como una emergencia y el incendio tendrá que ser controlado y eliminado inmediatamente por arena o material de cobertura.

- ✓ Verificar que la zona de paso de los vehículos sea lo más firme posible para evitar que se obstruyan y obstruyan el acceso al frente de trabajo.
- ✓ Observar el buen estado de los caminos internos y de acceso al SDF, verificando que se realice la limpieza y el mantenimiento.
- ✓ Verificar que el tamaño, distribución, forma de las celdas y material del techo correspondan a lo indicado en el proyecto y las especificaciones, realizando nivelación en los caminos de acceso, el piso natural, y las celdas terminadas.
- ✓ Tenga en cuenta que no hay grietas en las células.
- ✓ Comprobar que los caminos de acceso, patio de maniobras, redes de drenaje pluvial y superficie terminada del SDF se mantengan en buenas condiciones de funcionamiento.
- ✓ Compruebe que la báscula adquirida sea lo más adecuada posible a las condiciones del sitio y que su instalación se ajuste a las recomendaciones del fabricante y los ingenieros.

5 Operaciones de monitoreo y control ambiental

En la primera parte de este Manual se explicaron los conceptos básicos asociados a la Disposición Final de residuos sólidos, entre los que se abordaron los impactos ambientales de una disposición a cielo abierto y los productos resultantes de la descomposición de los residuos: biogás y lixiviados.

5.1 Monitoreo ambiental

5.1.1 Gestión y control del biogás

Como se indica en la Parte I, el metano es un combustible de gases de efecto invernadero altamente explosivo, que junto con el CO_2 es el componente principal del biogás.

Se pueden utilizar varios tipos de sistemas para controlar las emisiones y la migración de biogás (sistemas activos y pasivos), dependiendo de la cantidad que se genere. Dicho control podrá consistir en:

- ✓ Su ventilación en la atmósfera
- ✓ Combustión en quemadores o quemadores
- ✓ Incineración
- ✓ La recuperación como fuente alternativa de energía

Estas opciones permiten:

- ✓ Minimizar los posibles impactos ambientales

- ✓ Realice un seguimiento de su migración fuera del sitio
- ✓ Controlar los olores
- ✓ Cumplir con la legislación

La migración de biogás a áreas no controladas durante la operación del SDF se puede detectar de la siguiente manera:

- ✓ Percibiendo su olor característico.
- ✓ Comprobación de grietas o grietas en la cobertura mediante un medidor de exposición.
- ✓ Observar incendios o vapores entre las celdas, así como en las áreas circundantes.
- ✓ Sitio de muestreo donde se sospecha la migración de biogás

Los quemadores y respiraderos son instalaciones de tubos simples colocadas dentro de la capa de residuos sólidos para permitir que el biogás se ventile a la atmósfera.

1) Sistemas de captura de biogás

Se instalan sistemas de captura para capturar biogás en un relleno sanitario.

Los elementos de un sistema de captura de biogás son:

- ✓ Puntos de captura de biogás
- ✓ Pozos de extracción vertical
- ✓ Colectores horizontales
- ✓ Conexiones a pozos de ventilación existentes, sistema de lixiviados de limpieza de tuberías, etc.
- ✓ Pozos y equipos de monitoreo
- ✓ Red de tuberías interconectadas
- ✓ Gestión de condensados
- ✓ Estación de succión / combustión de biogás (antorcha, motor, etc.)

El método más común utilizado para capturar biogás es la instalación de pozos de extracción vertical. Se instalan en áreas de eliminación existentes u operativas. La profundidad ideal de los residuos es > 10 metros. Se instalan a 2 metros sobre la base del vertedero. También hay pozos horizontales.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-1. Pozos verticales de extracción



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-2. horizontales de extracción

Los pozos de monitoreo de biogás son estructuras que se construyen principalmente en las áreas aledañas al sitio, con el fin de evaluar y detectar el biogás acumulado en tres capas del suelo.

El uso de biogás como combustible depende de la concentración de metano. Las opciones de uso del biogás son:

Combustible calorífico medio: Utilizado directamente o con poco tratamiento para uso comercial, institucional e industrial para suministrar calentadores de agua, hornos, secadores de agregados, incineradores de residuos e invernaderos. Por lo general, contiene 50% de metano. También se utiliza como combustible en la evaporación de lixiviados, reduciendo los costos de tratamiento.

Combustible de alto poder calorífico. El biogás se purifica a niveles de 92 a 99 por ciento de metano, eliminando el dióxido de carbono. Uso final como Gas Natural o Gas Natural Comprimido.

Generación de energía eléctrica: Se utiliza como combustible para generadores de combustión

interna y turbinas para la generación de energía y luego se suministra a la red. Cada megavatio generado requiere 615 m³/h de biogás. Lo que equivale anualmente a: sembrar 4,900 hectáreas de árboles o eliminar las emisiones de CO₂ de 9,000 automóviles; impedir el uso de 99,000 barriles de petróleo, o impedir el uso de 200 vagones de carbón; proporcionar electricidad a 650 hogares.

También se utiliza como combustible para uso doméstico, combustible para vehículos y en la producción de metanol.

En todos los casos, se requiere un cierto grado de procesamiento antes de que se pueda utilizar el biogás. Las empresas que instalan sistemas de recuperación de biogás indican que para que un proyecto sea económicamente viable a gran escala, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ El SDF debe contener al menos 1,000,000 de toneladas. Cuanto mayor sea el contenido orgánico, mejor.
- ✓ El sitio debe estar en funcionamiento o haber estado cerrado durante cinco años.
- ✓ El espesor de las capas de residuos sólidos debe ser de al menos 12 m.
- ✓ El material de recubrimiento debe ser impermeable para reducir el movimiento del biogás.

2) Calidad del biogás para uso

Las concentraciones de biogás fluctúan entre el 50-55% para el metano y el 45-50% para el dióxido de carbono. Esto equivale a un valor energético del biogás entre 4.5 y 5.0 kilocalorías por m³. Los gases con este valor energético se denominan gases de calidad media. Los contaminantes que contiene el biogás pueden causar corrosión, abrasión y desgaste excesivo de las cámaras de combustión.

El biogás se puede tratar para eliminar las impurezas y mejorarlo hasta obtener 9 kilocalorías por m³.

5.1.2 Manejo de lixiviados

Cuando el agua pasa a través de la masa de desechos, elimina algunos de los sólidos. Esta agua y lo que contiene se llama lixiviado. El lixiviado es desagradable en apariencia, generalmente tiene un mal olor y puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Contiene materia orgánica e inorgánica. Algunos de estos materiales son tóxicos para los seres humanos y los animales. Esto significa que el lixiviado debe mantenerse alejado de lagos y arroyos, así como del agua subterránea que las personas pueden consumir.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-3. Fuga de lixiviados

La cantidad de producción de lixiviados se puede prevenir:

- ✓ Mantener los fluidos fuera de la masa residual
- ✓ Mantener el agua de lluvia fuera del relleno

El costo de prevenir la generación de lixiviados es menor que el costo de tratar los lixiviados. Para evitar / minimizar la infiltración de agua de lluvia en la masa residual y convertirse en lixiviado, se pueden aplicar las siguientes medidas:

- ✓ Mejorar los controles de escorrentía de agua en áreas alrededor del frente de trabajo.
- ✓ Mantenga la cubierta intermedia y final
- ✓ Evite anegarse a los residuos
- ✓ Mantenga la cubierta vegetal (celda terminada)
- ✓ Reparar la erosión

La legislación (en los países desarrollados) requiere que los lixiviados que se han generado se recolecten y procesen para su eliminación. Este requisito resultó en el requisito de dos o más capas de impermeabilización en la parte inferior de los rellenos. Un sistema de doble capa impermeable también requiere un sistema de detección de fugas. Un relleno diseñado y construido con una doble capa impermeable tiene una probabilidad muy baja de que el lixiviado pueda escapar, pero siempre existe el riesgo.

Las tecnologías para el tratamiento de lixiviados se pueden clasificar ampliamente en dos categorías: biológicas y fisicoquímicas. El costo del tratamiento es alto. La selección del proceso de tratamiento depende de la caracterización final del lixiviado y de los requisitos de la normativa ambiental. Hay varias opciones de tratamiento de lixiviados. Las opciones de

eliminación se clasifican en cualquiera de las siguientes cuatro categorías:

- ✓ Descarga directa a un cuerpo receptor de agua.
- ✓ Vertido a una planta de tratamiento pública.
- ✓ Recirculación al vertedero.
- ✓ Aplicación o tratamiento en suelo.

1) Recirculación de lixiviados

El tratamiento de los lixiviados se puede complementar con la recirculación de los lixiviados de nuevo en las celdas del vertedero. Esta técnica también tiene el beneficio de acelerar la estabilización de los materiales orgánicos presentes. El uso de la recirculación no elimina la necesidad final de tratamiento. Eventualmente, el exceso de lixiviado tendrá que ser eliminado y tratado.

Se pueden utilizar tres tipos diferentes de sistemas de recirculación de lixiviados: riego por pulverización, flujo superficial y riego por inyección. En la mayoría de nuestros países, el método de tratamiento-eliminación es la acumulación en un estanque y su recirculación en la masa del vertedero.



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-4. Recirculación de lixiviados en la masa de residuos

5.1.3 Gestión y control de aguas de lluvia

El agua de lluvia:

- ✓ Puede convertirse en lixiviado.
- ✓ Causa dificultades en el funcionamiento del equipo
- ✓ Aumenta los costos de operación del SDF.

El objetivo de la gestión y el control de las aguas pluviales es evitar el flujo de agua de lluvia al sitio desde las áreas circundantes y reducir la cantidad de lixiviados generados dentro del SDF. Se requiere drenaje de aguas superficiales / escorrentía. Se utilizan diferentes medidas para el control del agua de lluvia.

- ✓ Trincheras
- ✓ Paredes de tierra
- ✓ Pendientes / Nivelación
- ✓ Alcantarillas
- ✓ Control de la erosión
- ✓ Cubierta vegetal



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-5. Drenaje de aguas de Lluvia en un SDF



Fuente: Manual Fase I FOCIMIRS

Foto 5-6. Retención de aguas de Lluvia en un SDF

5.1.4 Control de impactos ambientales visibles

El control de impacto visible inmediato se refiere al control del polvo, olores, ruido, insectos, roedores y aves.

1) Polvo

Dentro de las medidas de control del polvo:

- ✓ Carreteras: En carreteras transitables durante todo el año (asfaltadas) solo se da mantenimiento permanente. En caminos sin pavimentar, humedezca el suelo. El cloruro de calcio en la proporción de 220 a 450 gramos por metro cuadrado también se puede aplicar al suelo previamente humedecido con agua (más del 30% de humedad).
- ✓ Actividades de deslizamientos de tierra: no existen controles específicos para regular esta actividad para reducir los posibles impactos fuera del sitio.
- ✓ Almacenamiento, esparcimiento, compactación y cobertura de residuos: Áreas de trabajo húmedas para reducir el impacto en el exterior del sitio durante remolinos o vientos fuertes
- ✓ Viento: Actúa en la cubierta final y en zonas aparentemente terminadas. Para su control se recomienda plantar árboles que sirvan de barrera, con el fin de reducir su velocidad (también reduce la visibilidad del sitio).

2) Olores

Los olores suelen ser de naturaleza estacional y se pueden controlar a través de:

- ✓ La colocación de una cubierta sobre aquellos residuos que hayan alcanzado un avanzado estado de descomposición; si requieren un manejo especial, se recomienda descargarlos y cubrirlos de inmediato. El plan de control en las áreas de trabajo dependerá de la dirección del viento. Finalmente, es posible usar productos químicos para enmascarar los olores en casos especiales. Sin embargo, este método es muy caro y no siempre el más efectivo.
- ✓ Ventilación adecuada del biogás.
- ✓ Recolección, minimización y tratamiento de lixiviados.

3) Ruidos

El ruido se puede controlar a través de:

- ✓ Manejo adecuado de las fases de operación para crear una zona de amortiguamiento o barrera entre la fuente y el receptor.
- ✓ Mantenimiento adecuado de los equipos.
- ✓ Regular las horas de operación de tal manera que sea compatible con los usos del suelo

adyacentes.

- ✓ Distancias adecuadas.

4) Insectos y roedores

Los insectos básicamente incluyen moscas y mosquitos, pero no solo estos. Los posibles problemas de insectos son principalmente la transmisión de enfermedades, mala imagen e incomodidad a los residentes cercanos. El control de insectos se puede realizar mediante:

- ✓ La cobertura oportuna de los residuos, para poner fuera de alcance los alimentos, refugio y áreas para la reproducción.
- ✓ Aplicación de soluciones insecticidas, sobre los residuos vertidos en el frente de trabajo.
- ✓ En cuanto a los roedores:
- ✓ La cobertura oportuna de los residuos, para poner fuera de alcance los alimentos, refugio y áreas para la reproducción.
- ✓ Aplicación de plaguicidas sobre los residuos vertidos en el frente de trabajo.

5) Aves

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

El control de aves es muy difícil. Algunos de estos podrían pertenecer a especies protegidas o en peligro de extinción y, por lo tanto, requerir permisos especiales si se quiere establecer un programa de eliminación.

Un método exitoso en el control de aves es el uso de cuerdas elevadas sobre el SDF, que causan interferencias en el sistema de radar de gaviotas y otras aves. A continuación, se enumeran otros métodos para el control de aves que se han utilizado con diversos grados de éxito:

- ✓ Cobertura oportuna de residuos.
- ✓ Sistemas de emisión de ruido.
- ✓ Uso de venenos y cebos.
- ✓ Emisión de grabaciones con sonidos de aves en situación de peligro.

5.1.5 Monitoreo ambiental

Los sistemas de monitoreo se utilizan para identificar posibles impactos del SDF en el medio ambiente. Por esta razón es muy importante darle el mantenimiento necesario.

1) Monitoreo de aguas subterráneas

Uno de los peligros potenciales de mayor magnitud que pueden derivarse de un sitio de

disposición final es la fuga y migración de lixiviados a cuerpos de agua subterránea.

En cada SDF es necesario controlar la contaminación del agua lixiviada y el impacto en la calidad de las aguas subterráneas. Se recomienda realizar el análisis en tres lugares diferentes, perforando con un agujero al nivel del primer nivel freático. También es posible abrir pozos de monitoreo durante la construcción del SDF. Dependiendo del carácter del SDF, este tipo de análisis debe realizarse entre 1 y 4 veces al año durante la operación del SDF y 1 vez al año durante los primeros 5 años después del cierre del SDF. El muestreo debe realizarse al menos 2V por año, de acuerdo con las regulaciones dominicanas. La norma de referencia es "Calidad de las aguas subterráneas y descargas subterráneas".

El propósito del monitoreo de las aguas subterráneas es:

- ✓ Verifique que el sistema de recubrimiento y / o la capa de impermeabilización del sitio de eliminación esté funcionando correctamente (no hay fugas de lixiviados).
- ✓ Verificar el grado de propagación de las sustancias nocivas contenidas en el flujo de lixiviados hacia las aguas subterráneas.
- ✓ Comprobar el grado de contaminación del ambiente en caso de fallo en el sistema de recubrimiento y/o capa impermeabilizante.

Hay algunos casos en los que el análisis de aguas subterráneas no es necesario:⁷

- ✓ Sitios donde el primer nivel freático es muy bajo (más de 40 m debajo de la capa inferior del relleno).
- ✓ Sitios con una barrera geológica impermeable
- ✓ Regiones áridas con menos de 300 mm de precipitación anual
- ✓ Pequeños y muy pequeños vertederos donde no se eliminan residuos peligrosos de origen industrial.

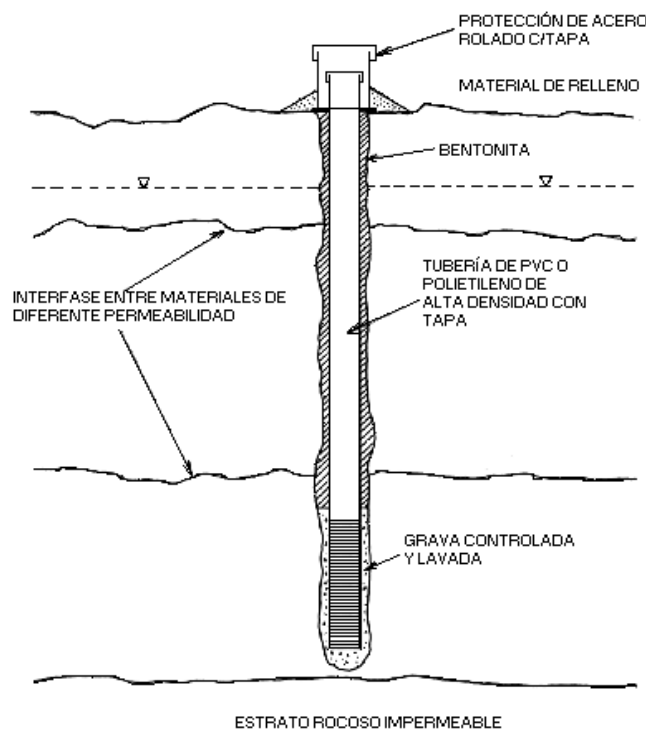
Se recomienda que el análisis de las aguas subterráneas se analice a fondo en las siguientes situaciones:⁸

- ✓ Se llena con un nivel freático muy alto (3 m o menos debajo de la capa inferior del vertedero).
- ✓ Si hay una captación de agua (para riego o suministro de agua potable) en la misma cuenca del vertedero y en el nivel más bajo del vertedero.
- ✓ SDF grandes y muy grandes

⁷ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios manuales. Ecuador, 2002. Página 105

⁸ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios manuales. Ecuador, 2002. Página 105

- ✓ SDF cerca de distritos donde el agua es suministrada por pozos (aquí puede tomar pruebas de los pozos más cercanos, con el fin de reducir los costos)
- ✓ SDF medianos y grandes con capa inferior impermeable mal construida.
- ✓ SDF contruidos sobre suelo arenoso u otro suelo altamente permeable



Fuente: Mt Operación de rellenos sanitarios. SEDESOL, México.

Figura 5-1 Esquema de un pozo para el monitoreo de aguas subterráneas

De acuerdo con los estándares del Ministerio del Medio Ambiente, los siguientes parámetros ambientales para la calidad del agua (Estándar A) y los estándares ambientales para las descargas a las aguas subterráneas y al suelo (Estándar B) se resumen a continuación y deben cumplirse para una operación de relleno sanitario:

Tabla 5-1. Norma Ambiental para la calidad del agua

Parámetro	Standard A	Standard B
* Coliformes Totales (NMP/100mL)	1,000	1,000
* Coliformes Fecales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Color Aparente (Pt-Co)	50	50
*pH	6.5-8.5	6.0-8.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5	100
Demanda Química de Oxígeno (DBQ)	-	400
Sólidos Suspendidos Totales	-	50
Sólidos Totales Disueltos	1,000	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₄)	0.5	20
Nitrógeno Total	-	30

Parámetro	Standard A	Standard B
Aceites y Grasas	1	10
Fósforo Total	0.025	3
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	> 70	-
Nitrógeno de Nitrato + Nitrógeno de Nitrito	10	15
Cianuro Total	0.1	0.2

Fuente: Norma Ambiental sobre calidad de aguas y descargas al subsuelo. Ministerio de Medio Ambiente Rep. Dom.

2) Monitoreo de aguas superficiales

Las aguas superficiales circundantes también podrían verse afectadas por los lixiviados, por lo que el monitoreo de la calidad del agua superficial debe ser un componente de rutina cuando se sabe o se sospecha que los lixiviados están afectando las aguas superficiales circundantes o cuando existe cierta preocupación por la calidad del agua subterránea. El costo podría ser muy alto para los municipios pequeños y medianos. Se recomienda realizar análisis a pesar del costo, en los siguientes casos:

- ✓ El SDF se encuentra en un área protegida. Cabe mencionar que en RD está prohibida la instalación de rellenos sanitarios en áreas protegidas.
- ✓ Las aguas tratadas se vierten en un medio muy susceptible (río con caudal muy bajo, río habitado por especies acuáticas endémicas, ecosistemas acuáticos susceptibles, etc.)
- ✓ El receptor medio sirve para el suministro de agua potable o para riego
- ✓ El SDF también recibe residuos peligrosos de origen industrial.

Tabla 5-2. Valores máximos permitidos para descarga en cuerpos de agua superficiales.

Parámetro	Límite
*pH	6.5-8.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), (mg/L)	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO), (mg/L)	160
Sólidos suspendidos totales, (mg/L)	50
Nitrógenos Amoniacal (N-NH ₄), (mg/L)	10
Nitrógeno de Nitrato + Nitrógeno de Nitrito	18
Fósforo Total, (mg/L)	3
Cloro Residual, (mg/L)	0.05
*Coliformes Totales, (NMP/100mL)	1,000

Fuente: Norma Ambiental sobre control de descargas a aguas superficiales, alcantarillado sanitario y aguas costeras. Ministerio de Medio Ambiente Rep. Dom.

3) Monitoreo del aire

Es importante evaluar la calidad del aire durante las mediciones semestrales durante los dos primeros años de desmantelamiento y luego con una medición anual será suficiente. Durante el transporte de los residuos al SDF, en caminos sin pavimentar, se tomarán las medidas necesarias para minimizar la generación de polvo y los impactos negativos derivados de las poblaciones cercanas. La operación del SDF debe cumplir las siguientes normas de calidad del aire.

Tabla 5-3. Parámetros calidad de aire

Contaminante	Tiempo estimado	LÍMITE PERMISIBLE ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Partículas suspendidas totales (PST) * ¹	Anual	80
	24horas	230
Fracciones de Partículas (PM-10)	Anual	50
	24h	150
Fracciones de Partículas (PM-2.5)	Anual	15
	24h	65
Dióxido de Sulfura (SO_2)	Anual	100
	24h	150
	1h	450
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Anual	100
	24h	300
	1h	400
Ozono(O_3)	8h	160
	1h	250
Monóxido de Carbono (CO)	8h	10,000
	1h	40,000
Hidrocarburo (no-metano) (CH)	3h	160
Plomo	Trimestral	1.5
	Anual	2.0

Fuente: Norma ambiental de calidad del aire (NA-AI-001-03)

*¹ Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro va de 0.3 a 10 μm) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen.

4) Monitoreo de asentamientos y deslizamientos

Con el paso del tiempo los residuos sólidos sufren transformaciones debido a la actividad microbiana, descomponiéndose en gases y lixiviados. Este proceso favorece los asentamientos diferenciales y el hundimiento, provocando la desestabilización del terreno.

Los asentamientos diferenciales provocan depresiones en la superficie del terreno, donde se acumula el agua, dando lugar a la entrada del mismo y a la generación de lixiviados. Por esta razón, el monitoreo es necesario. Esta situación debe evitarse, nivelando el suelo para un buen drenaje.

5.2 Administración y control de costos

Por último, no debe olvidarse que todas las operaciones que impliquen el buen funcionamiento de las SDF no podrían realizarse de manera eficiente y eficaz sin una buena gestión y control de los costes implicados. La coordinación eficaz de todas las actividades y del personal que las realiza es una tarea sumamente importante. Por otro lado, controlar los costes de la gestión de SDF es una tarea que requiere un seguimiento cuidadoso para garantizar la sostenibilidad financiera de la operación en el tiempo.

A modo de ejemplo, aspectos de la gestión administrativa de la Asociación Municipal de ASINORLU en El Salvador⁹.

⁹ Tomado de la presentación realizada por Hugo Guerrero, gerente de ASINORLU, miembros del equipo de FOCIMIRS, durante la visita de junio de 2014.

Tabla 5-4 Aspectos de la gestión administrativa de ASINORLU

EL RELLENO SANITARIO DE ASINORLU Aspectos Financieros	
Costo por Tonelada dispuestas	• \$28 - \$ 35 dólares a no socios (fracción de ton) • \$23 dólares a municipalidades ASINORLU • \$ 17 dólares a Santa Rosa de Lima (CM)
Costo Ton/tratada para ASINORLU	• \$ 18.75 cada tonelada (Dic. 2013)
Legalidad de Cobro	• Contrato anual con municipalidades no socias • Acuerdo de Junta Directiva por pago de servicios y sostenibilidad
Custodia de Fondos	• Depósitos y remesas a cuentas de ASINORLU en sistema financiero local
Manejo de fondos	• Chequeras con firmas A, B, y C autorizadas , manejadas por el Presidente, el tesorero y eventualmente un director de la JD respectivamente
Auditorias Financieras	• Corte de Cuentas de la República • Auditorias Interna Municipal • Auditoria de cooperación externa

Fuente: ASINORLU – El Salvador

Tabla 5-5 Control del monitoreo ambiental

EL RELLENO SANITARIO DE ASINORLU	
MANEJO DE LIXIVIADOS	• 2304 M³ (Máximos en invierno , hasta 904 m³ en época seca), aplicando recirculación para captura de sólidos suspendidos , laguna de lixiviación y evaporación natural
COBERTURA	• 60 cm aproximados de espesor de desechos en celdas diarias • 15 cm de material de cobertura diario**
PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS	• 6 Puntos ubicados en el sitio y registrados en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
INSPETORIA AMBIENTAL	• 2 veces al mes por el MARN
INSPECTORIA SANITARIA	• 1 vez al mes MSPAS
INFORME DE OPERACIONES	• 1 Informe anual al MARN por el titular del proyecto; elaborado por la UTI

Fuente: ASINORLU – El Salvador



**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional para la Gestión de
Residuos Sólidos en la República Dominicana a Nivel Nacional- Fase 2**

Borrador
**Manual de cierre y rehabilitación de sitios de
disposición final existentes**

Abril de 2022

NIPPON KOEI  TAMANO

Tabla de Contenido

1	Generalidades	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Alcance del manual de cierre y rehabilitación	1
1.3	Situación actual de los sitios de disposición final existentes	1
1.4	Marco legal.....	2
1.4.1	Base legal para la gestión de residuos sólidos	2
1.4.2	Otras leyes relevantes	3
2	Guía para el cierre y rehabilitación de sitios de disposición final.....	7
2.1	Vida útil de un SDF.....	7
2.1.1	Cierre Técnico y terminación de un SDF	7
2.1.2	Rehabilitación de un SDF	7
2.2	Detección de SDF inadecuado para su cierre	8
2.3	Procedimiento administrativo para el cierre y rehabilitación	11
2.4	Plan de uso de suelo luego del cierre	12
3	Cierre Técnico del sitio de disposición final.....	13
3.1	Aspectos técnicos	13
3.1.1	Conceptos básicos del plan de cierre.....	13
3.1.2	Problemas previstos y contramedidas técnicas	13
3.1.3	Nivel de cierre	15
3.1.4	Instalaciones principales.....	17
3.2	Monitoreo	23
3.2.1	Conceptos básicos del monitoreo.....	23
4	Rehabilitación del sitio de disposición final existente	28
4.1	Aspectos técnicos	28
4.1.1	Conceptos básicos de la rehabilitación	28
4.1.2	Plan de rehabilitación.....	29
4.1.3	Instalaciones principales.....	30

1 Generalidades

1.1 Antecedentes

En la República Dominicana, la mayoría de los sitios de disposición final (SDF) son vertederos a cielo abierto y son operados de manera inadecuada. Esta situación provoca problemas ambientales y sociales. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MA) ha comenzado a establecer los instrumentos regulatorios relacionados directamente con la gestión de los residuos sólidos, luego de promulgada, en el año 2020, la Ley 225-20, primera ley específica en gestión de residuos sólidos. En el año 2021 se promulgó el Reglamento 320-21, Reglamento General para la gestión de residuos sólidos según la Ley 255-20. Además, también en el 2021 MA emitió la Resolución 0036-2021 sobre el plan de regularización de SDF Existentes.

Bajo el escenario anterior, es necesaria la inclusión de manuales técnicos que especifiquen los requerimientos bajo los cuales los operadores de los SDF, ya sea el gobierno local y/o una empresa privada, puedan llevar a cabo la construcción, operación, rehabilitación o cierre adecuados para los SDF.

1.2 Alcance del manual de cierre y rehabilitación

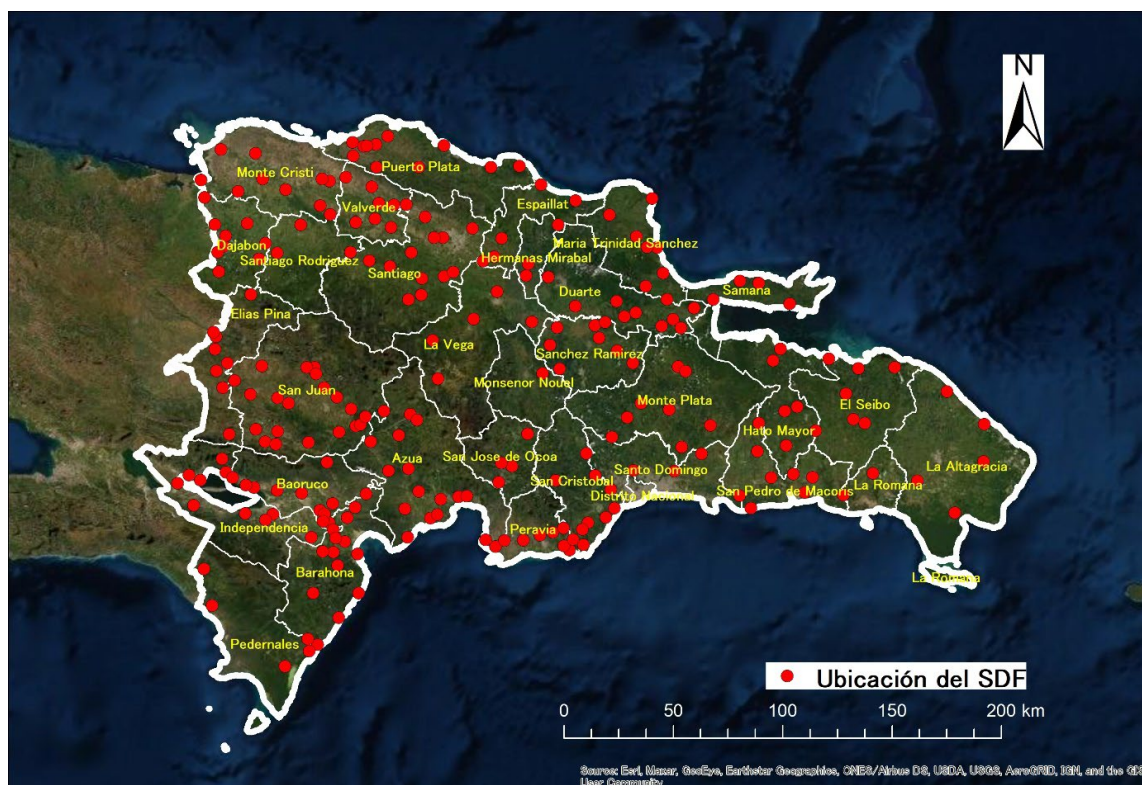
El presente manual de cierre y rehabilitación será aplicable a los proyectos de cierre y rehabilitación que MA apruebe siguiendo el procedimiento necesario indicado por este. El cierre y/o rehabilitación se refiere:

- El cierre es una actividad destinada a reducir la contaminación ambiental de un SDF que ha terminado su período de vertido de residuos o de un SDF que no se gestiona adecuadamente y que ya no está en operación.
- La rehabilitación es una actividad para optimizar la condición inadecuada de un SDF y continuar la operación.

1.3 Situación actual de los sitios de disposición final existentes

En el año 2021, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MA) realizó el levantamiento nacional sobre la situación actual de los sitios de disposición final existentes (SDF) en la República Dominicana a nivel nacional. Según los resultados de la encuesta, se confirmaron 240 SDF en 158 municipios (incluido el Distrito Nacional) y 235 Distritos Municipales (DM). De los cuales 226 SDF son vertederos a cielo abierto, la mayoría de los SDF existentes en la República

Dominicana requieren un cierre o rehabilitación para cumplir con la legislación.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 1-1. Mapa de ubicación de los SDF existentes

A través de este levantamiento, se identificaron muchas deficiencias en la gestión de los SDF existentes.

- A nivel nacional, existen 240 sitios de disposición final. Alrededor del 85% de los SDF son gestionados de forma independiente o conjunta por menos de 2 Municipios/DM.
- Por citar algunos de los problemas encontrados, hay pocos SDF implementando medidas contra los gases generados por los residuos y los lixiviados. Muchos sitios confirmaron que reciben quejas por la existencia de humo y malos olores.

1.4 Marco legal

La República Dominicana no ha creado ningún reglamento o normativa relacionada con la construcción, operación o cierre de sitios de disposición final específicamente, sin embargo, nos debemos referir al marco legal relacionado con la gestión de los residuos sólidos cuando se considere el desarrollo de este tipo de instalaciones.

1.4.1 Base legal para la gestión de residuos sólidos

- Ley 64-00: Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Ley 225-20: Ley General de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Coprocesamiento.

- Reglamento de la Ley General 225-20 de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Coprocesamiento Número 320-21
- Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, 2007
- Reglamento del sistema de permisos y licencias ambientales con su procedimiento para la EIA de nuevos proyectos.

1.4.2 Otras leyes relevantes

- Ley 42-01: Ley General de Salud
- Norma/Reglamento para la gestión ambiental de los residuos no peligrosos, 2003
- Reglamento y procedimiento de consulta pública en el proceso de evaluación ambiental Resolución Número 014-2014
- Normas ambientales para la protección contra ruidos NA-RU-001-03 (sustituye a RU-CA-010), 2003
- Normas ambientales de calidad del aire y control de emisiones NA-AI-001-03 (sustituye a AR-CA-01), 2003
- Norma ambiental sobre calidad de aguas superficiales y costeras, septiembre de 2012
- Norma ambiental sobre calidad del agua y control de descargas
- Norma ambiental sobre calidad de aguas subterráneas y descargas al subsuelo, 2012.
- Reglamento de Etiquetado e Información de Riesgo y Seguridad de Materiales Peligrosos, 2009
- Reglamento para la gestión de sustancias y residuos químicos peligrosos, 2009

La siguiente tabla describe el contenido específico de las normativas pertinentes con el fin de apoyar las especificaciones técnicas de los futuros proyectos de SDF:

Tabla 1-1. Principales artículos de la Ley 225-20 de Gestión de Residuos Sólidos relativos a los SDF.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
<u>Ley</u> (225-20)	127	No. 1	Los residuos peligrosos no pueden disponerse en un SDF.	Se debe utilizar otro tipo de instalación para otros tipos de residuos
		No. 2	En el caso de los SDF irregulares, el propietario y el operador privado presentarán un plan de regularización ante el MA. En caso contrario, el SDF irregular será clausurado.	Se debe presentar un plan de regularización.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
	128	N/A	Los residuos especiales podrían disponerse en un SDF sólo en casos especiales en una celda designada.	
	130	N/A	Deben exigirse unas especificaciones mínimas para la selección del sitio, la construcción, la operación y el cierre de los SDF nuevos	Los SDF Nuevos deben cumplir la normativa en materia de descarga de aguas, emisiones de aire y protección de la salud.
		No.01	La distancia mínima de los SDF, relativa a los centros de población iguales o superiores a dos mil (2000) habitantes, según el último censo, así como a las industrias, no debe ser inferior a 1 km.	Los SDF Nuevos deben cumplir la normativa en materia de descarga de aguas, emisiones de aire y protección de la salud.
	131	N/A	La operación incontrolada, insegura y sin medidas, debe ser regularizada.	Se debe presentar un plan de regularización.
	133	N/A	Se permitirá solamente la construcción de un relleno sanitario para tres o más municipios o distritos municipales que estén agrupados por cualquier instrumento legal.	Promover la conformación de una mancomunidad
	161- No. 11	N/A	No se permiten SDF nuevos que viertan a cielo abierto	Construcción de un SDF Nuevo adecuado

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Tabla 1-2. Artículos principales del Reglamento 320-21 relativos a los SDF.

Decreto	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
<u>320-21</u>	30	N/A	Los operadores deben informar al MA con un año de antelación sobre sus intenciones de cierre.	
		No.01	30 días antes del cierre, los operadores deben proporcionar especificaciones sobre las condiciones de cierre, incluyendo la medición periódica de diferentes	El MA debe proporcionar las especificaciones mínimas para el cierre.

Decreto	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
			parámetros durante los próximos 20 años.	
	31	N/A	El MA puede proceder a cualquier inspección de la instalación.	Crear un procedimiento para las inspecciones.
	103	N/A	Se encarga de crear especificaciones para celdas especiales.	

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Antes de planificar un SDF Nuevo, hay que consultar otros documentos legales para garantizar la ubicación adecuada y el éxito del proyecto propuesto:

Tabla 1-3. Documentos legales a consultar para la planificación de un SDF Nuevo.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
Ley 64-00 y Reglamento para la gestión de residuos no peligrosos (Na-Rs-001-03)	01, 41 de la Ley	N/A	Instrucciones generales para la ubicación de un SDF: 6.1.9. Las instalaciones de disposición final no pueden estar situadas en áreas protegidas de origen natural, parques nacionales, monumentos naturales y zonas de alta biodiversidad o condiciones ecológicas especiales. Del mismo modo, en lugares o patrimonios históricos, religiosos o culturales. 6.3.2. Todo vertedero controlado o relleno sanitario debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla geológica activa que incluya un desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años. 6.3.3. Todos los vertederos controlados o rellenos sanitarios deben estar ubicados fuera de las zonas donde los taludes son inestables, es decir, que puedan producir movimientos de tierra o rocas, debido a procesos estáticos o dinámicos. 6.3.4. Deben evitarse las zonas en las que existan o puedan generarse asentamientos diferenciales que provoquen fallas o fracturas en el	1) En las áreas protegidas de origen natural: No se permite la construcción de un SDF. 2) En las áreas protegidas de origen cultural: No se permite la construcción de un SDF. 3) En áreas protegidas hidrogeológicas: - Los SDF deben estar situados a una distancia mínima de 60 metros de una línea de falla activa. - El SDF debe construirse fuera de las áreas protegidas hidrogeológicas.

Ley	Artículo	Párrafo	Descripción	Acción
			suelo, ya que aumentan el riesgo de contaminación del acuífero. 6.3.5. Todo vertedero controlado o relleno sanitario debe estar ubicado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para evitar la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recolección de lixiviados. La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales se conseguirá mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento inferior durante la fase activa o de operación y mediante la combinación de una barrera geológica y un revestimiento superior durante la fase pasiva o de post-cierre. 6.3.6. Cuando, debido a las condiciones geológicas e hidrológicas o subyacentes, sea necesario garantizar y prevenir un riesgo potencial de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, se utilizará una capa inicial de revestimiento o material compuesto o geo sintético con una conductividad hidráulica adecuada y se utilizará un sistema de recolección de lixiviados diseñado de forma que discorra sobre el revestimiento.	

Nota: Se espera que se desarrollen requerimientos más específicos a través de esta guía, incluidos los requerimientos mínimos para el desarrollo de las instalaciones.

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

2 Guía para el cierre y rehabilitación de sitios de disposición final

2.1 Vida útil de un SDF

2.1.1 Cierre Técnico y terminación de un SDF

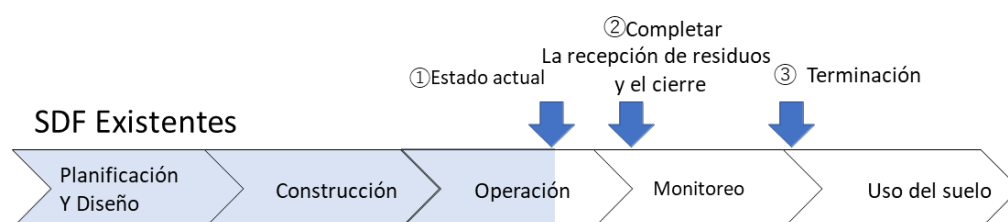
1) Cierre Técnico

El cierre técnico de un SDF es una actividad llevada a cabo para reducir la contaminación ambiental de un SDF después que ha terminado su período de vertido residuos o de un SDF que no se gestiona adecuadamente y que ya no está en operación para la disposición de residuos.

Las obras de construcción para el cierre técnico de un SDF requieren contramedidas para reducir la contaminación ambiental, como la cobertura de suelo final, la instalación de un sistema de ventilación de gases, etc. Además de los trabajos de construcción mencionados, un SDF clausurado también requiere un monitoreo ambiental, esto debido a que incluso si la operación del SDF ha concluido, la estabilización de los residuos está en curso y los lixiviados y gases del vertedero todavía deben ser gestionados como parte del proceso de mantenimiento y operación post-cierre de un SDF.

2) Terminación

La terminación de un SDF es un estado en el que se puede prescindir del mantenimiento y operación para un SDF clausurado. Como los residuos acumulados ya están estabilizados, aunque se generen lixiviados o gases de vertedero, estos no afectarán al medio ambiente, por lo que no es necesario llevar a cabo el monitoreo ambiental. Además, un SDF terminado puede ser utilizado para otros fines que no sea la disposición de residuos.

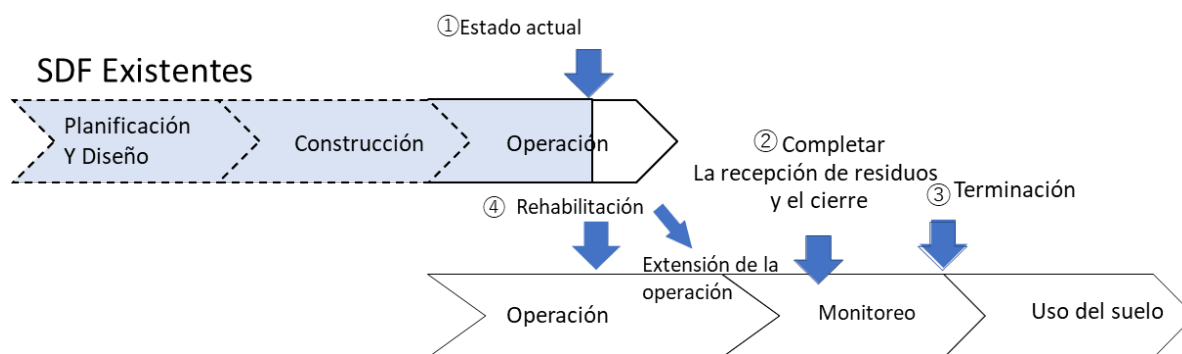


Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 2-1. Vida útil del SDF sin rehabilitación

2.1.2 Rehabilitación de un SDF

La rehabilitación es una actividad llevada a cabo para optimizar el estado inadecuado de un SDF y continuar la operación. Básicamente, un SDF inadecuado se cerrará de acuerdo con la ley y sus normativas. Sin embargo, MA permitiría continuar con la operación si el operador del sitio alcanza las condiciones especificadas como lo es el mejoramiento de la operación.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 2-2. Vida útil del SDF con rehabilitación

Una operación controlada es la condición de operación y funcionamiento de un SDF en la que se cumplen los siguientes requisitos:

- Vertido de residuos en la zona indicada
- Cobertura de suelo diaria o al menos 3 veces por semana
- Implementación de instalaciones para ventilación de gases
- Mantenimiento de los caminos o vías internas
- Instalación de un sistema de drenaje para las aguas pluviales
- Instalación de un sistema de control de lixiviados
- Instalación de una verja perimetral y una puerta de acceso.

2.2 Detección de SDF inadecuado para su cierre

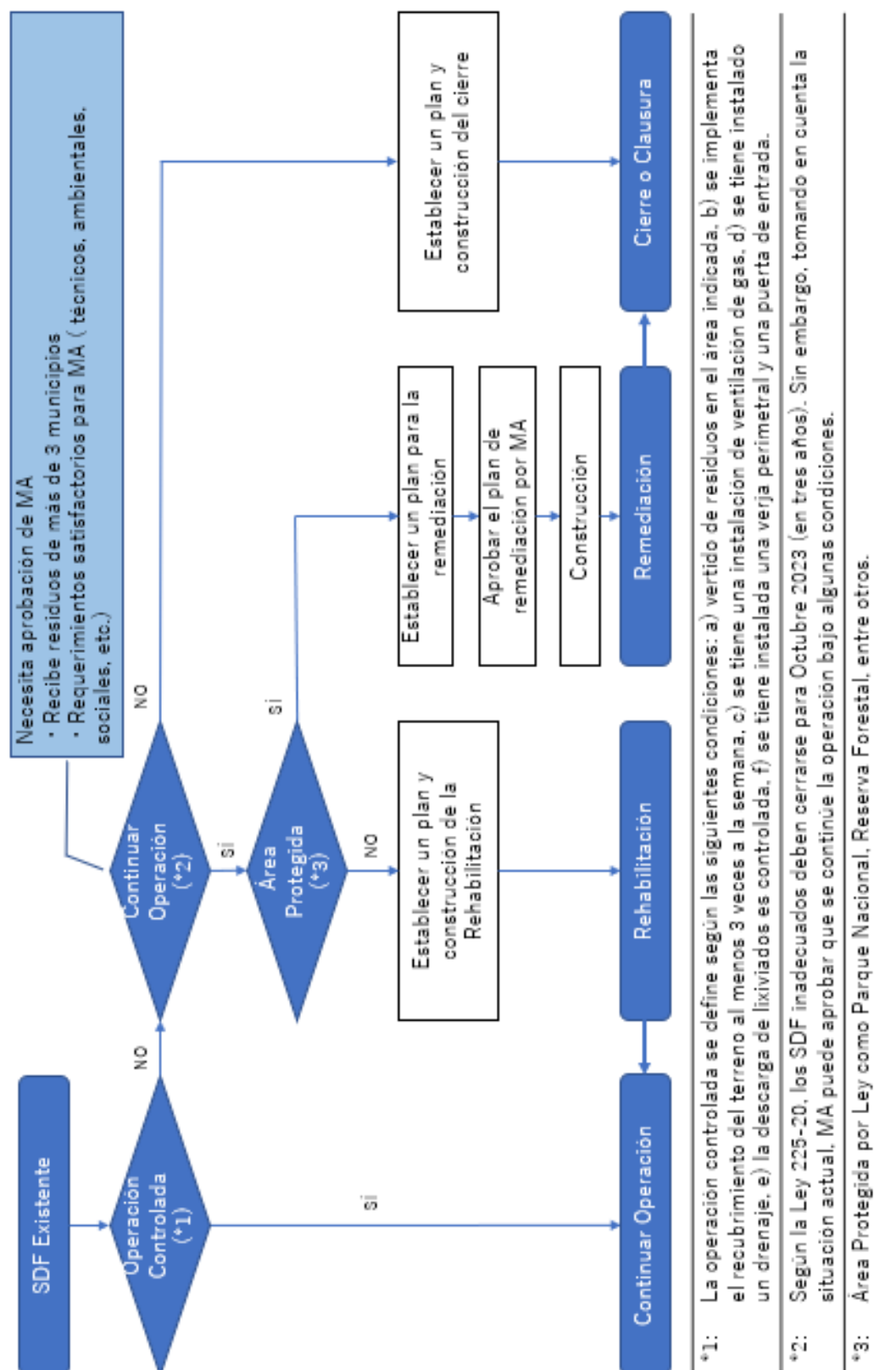
Un SDF inadecuado debe ser evaluado para determinar la posibilidad de mejorar su condición a vertedero controlado. Si no se puede mejorar a vertedero controlado, este debe cerrarse.

Para un SDF existente, se puede determinar la acción correspondiente que debe llevarse a cabo, es decir, si la operación continúa, la rehabilitación, la remediación o el cierre, basándose en el proceso de toma de decisiones que se muestra a continuación en la Figura 2-3.

- El primer criterio es definir si el SDF está operando de manera controlada o no controlada. Si la operación es controlada, el SDF existente puede continuar con su operación.
- Si la operación no es controlada, según la Ley 225-20, el SDF debe cerrarse en un plazo de 3 años, no obstante, bajo ciertas condiciones, MA puede aprobar la continuidad operativa del SDF.
- Si el MA no aprueba la continuidad operativa, no hay razón para que el SDF continúe operando, por lo que se debe establecer un plan y una construcción para el cierre posterior. Si MA aprueba la continuidad operativa y el SDF se encuentra en un área

no protegida, se debe establecer un plan y una construcción para la rehabilitación del SDF y la continuidad operativa posterior.

- Si el SDF se encuentra dentro de un área protegida, se debe establecer un plan de remediación, que debe ser aprobado por MA, para dicha remediación y posterior cierre del SDF. Según la Ley, está prohibido tener un SDF en un área protegida.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 2-3. Diagrama de flujo para la definición de un SDF existente

2.3 Procedimiento administrativo para el cierre y rehabilitación

Previo al procedimiento administrativo de cierre y rehabilitación de SDF existentes, MA organizó los trámites necesarios para el plan de regularización estipulado en la Resolución 0036-2021. MA ha estado preparando el procedimiento administrativo para la aplicación del cierre y la rehabilitación de los SDF existentes refiriéndose a dichos precedentes.

Según la Resolución 0036-2021, se requieren los siguientes procedimientos administrativos.

- El interesado (Municipio o Concesionario) presenta el estudio de factibilidad (E/F) ante MA para que el equipo técnico evalúe las condiciones del SDF y defina lo que es técnicamente adecuado.
- El Programa para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de MA agendará la visita de análisis preliminar para evaluar el SDF existente y realizar el levantamiento formal de la información pertinente.
- Después de la visita de análisis preliminar, se evalúa la información recopilada para identificar si el E/F procede y establecer si el SDF existente cumple con la rehabilitación, o las condiciones obligan al cierre definitivo.
- Si la evaluación tiene un resultado positivo, indicando que procede la rehabilitación del SDF, el interesado (Municipio o Concesionario) elabora un plan de regularización del SDF existente, cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos por la Resolución 0036-2021, y lo presenta como plan de regularización al MA para su posterior evaluación.

Los requerimientos mínimos exigidos por la Resolución 0036-2021 se muestran en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Requerimientos de la resolución 0036-2021

1. Ubicación del SDF, coordenadas UTM y cartografía.
2. Estudio topográfico e hidrogeológico del sitio.
3. Los responsables y las partes implicadas en la formulación y ejecución.
4. Identificación de los tipos de residuos sólidos y de las cantidades gestionadas en el sitio de disposición final.
5. Identificación de las fuentes de material de cobertura con una cantidad suficiente equivalente a la vida útil del terreno.
6. Cronograma de actividades para la regularización.
7. Estimación de costos y programa de implementación
8. Acciones de recuperación de materiales para su reutilización.
9. Programa para la inclusión de recicladores de base.
10. Plan de formación para el personal que opera el SDF.
11. Cantidad y tipo de maquinaria y equipos pesados en el SDF.
12. Programa de mantenimiento de equipos pesados en el SDF.
13. Manual de seguridad e higiene en el trabajo, tanto para el personal administrativo como para el

operativo.

14. El Manual de operación del SDF incluirá al menos:

- a) Métodos de control de recepción de residuos sólidos
- b) Operación de los frentes de trabajo y de los terraplenes de material
- c) Sistema de recolección y gestión de lixiviados
- d) Sistema de recolección y gestión de biogás
- e) Sistema de canalización de aguas pluviales
- f) Control del progreso del SDF, según el cronograma de operación
- g) Registro en bitácoras donde se anoten todos los detalles del trabajo diario.

15. Señalización interna, informativa, preventiva y restrictiva.

16. Planes de contingencia en caso de incendios, explosiones, terremotos, fenómenos meteorológicos graves y derrames accidentales de combustible.

Fuente: MA

Por otro lado, el procedimiento administrativo para la aplicación de las CAS no es necesario para el cierre y rehabilitación de un SDF existente.

2.4 Plan de uso de suelo luego del cierre

Si los residuos depositados en el vertedero se estabilizan varios años después del cierre de un SDF, no habrá problemas con el entorno circundante, aunque no se mantenga como instalación de tratamiento de residuos. Después de esa condición, un SDF puede ser utilizado para otros propósitos. A continuación, se muestran ejemplos de uso de suelo de los SDF después del cierre.

- Integración paisajística (jardines botánicos)
- Uso recreativo (campos deportivos, parques, campos de golf)
- Uso comercial (aparcamiento, vía de comunicación, polígono industrial)
- Parque energético (solar, eólico)

3 Cierre Técnico del sitio de disposición final

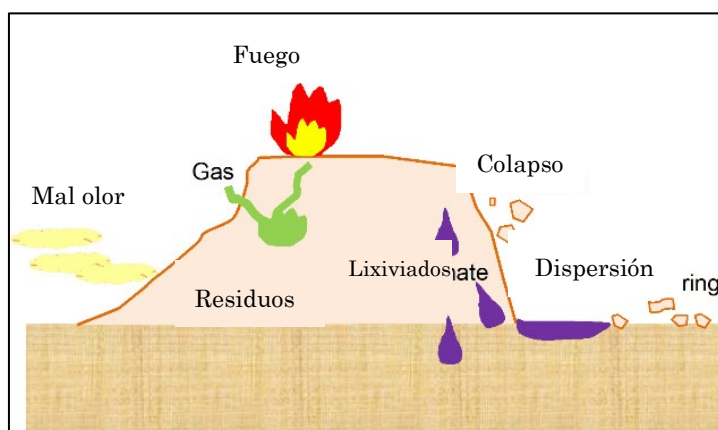
3.1 Aspectos técnicos

3.1.1 Conceptos básicos del plan de cierre

La mayoría de los SDF han generado contaminación ambiental y han causado daños durante mucho tiempo después de que finalizan sus operaciones. Dado que se tarda mucho tiempo en estabilizar los residuos acumulados, las causas de la contaminación ambiental, como los lixiviados y los gases de vertedero, se generan continuamente en la zona de vertido. El cierre físico consiste en las contramedidas o instalaciones necesarias para el almacenamiento seguro de los residuos, la pronta estabilización de los mismos y la prevención de la contaminación ambiental. Los requerimientos técnicos para un cierre seguro pueden incluir la construcción de instalaciones, como la cobertura de suelo final o la instalación de ventilación de gases, en función del nivel de cierre definido. Además, el mantenimiento de las instalaciones y la gestión del SDF deben continuar incluso después de finalizar las operaciones de disposición de residuos.

3.1.2 Problemas previstos y contramedidas técnicas

En general, en la mayoría de los SDF inadecuados existentes, hay problemas como el mal olor, el fuego, los gases de vertedero, los lixiviados, el colapso de la capa de residuos y la dispersión de los residuos, como se muestra en la Figura 3-1. Estos problemas también se confirmaron en el levantamiento nacional sobre la situación actual de las SDF existentes realizado por MA.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 3-1. Problemas comunes en los SDF inadecuados

	
Fuego y humo	Residuos
	
Colapso	Lixiviados

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Foto 3-1. Problemas típicos de los SDF inadecuados

Las contramedidas técnicas deben reducir la contaminación ambiental causada por los problemas en los SDF existentes. Por lo tanto, es necesario estudiar y aplicar contramedidas eficaces para cada problema. La Tabla 3-1 muestra los principales problemas en los SDF y las contramedidas para cada uno de ellos.

Tabla 3-1. Problemas y contramedidas

Problema	Contramedida
Deslizamiento de tierra/colapso	• El deslizamiento y el colapso de la capa de residuos acumulados pueden ser causados por un apilamiento inadecuado y una compactación insuficiente de los residuos vertidos • La contramedida de lo anterior es hacer un talud estable con la compactación adecuada
Contaminación del agua	• La contaminación de las aguas superficiales o subterráneas puede ser causada por sistemas de recolección/control de lixiviados inadecuados o inexistentes, así como por instalaciones de gestión de la escorrentía inadecuadas. • Como contramedida, se puede instalar un sistema de drenaje de escorrentía adecuado, así como una instalación correcta de cobertura de suelo y de los elementos de recolección y control de lixiviados.
Contaminación del suelo	• La contaminación del suelo se debe a un sistema de recolección y control de lixiviados inadecuado o inexistente, ya que los lixiviados migran a través de los residuos alcanzando el suelo circundante. • La medida para contrarrestar lo anterior es la instalación de un sistema adecuado de recolección y control de lixiviados.
Fuego	• Los incendios pueden ser causados por la reacción del biogás, el oxígeno (aire) con una alta temperatura en el interior de los residuos. • Una contramedida es la compactación efectiva de los residuos para reducir los huecos y limitar la entrada de aire; la cobertura diaria de los residuos y la compactación adecuada del material de cobertura.
Dispersión	• La dispersión puede ser causada por daños en la cubierta superior de los residuos y debido a los fuertes vientos. • Una medida para contrarrestar la dispersión es el mantenimiento adecuado de la cubierta superior y los diques, así como la compactación rápida y la cobertura diaria de los residuos.
Malos olores	• El mal olor puede deberse a la presencia de residuos frescos en la zona de trabajo antes de ser cubiertos. • Una medida para combatir el mal olor es proporcionar una cobertura diaria de tierra y una cobertura final de tierra sobre los residuos en la zona de trabajo.

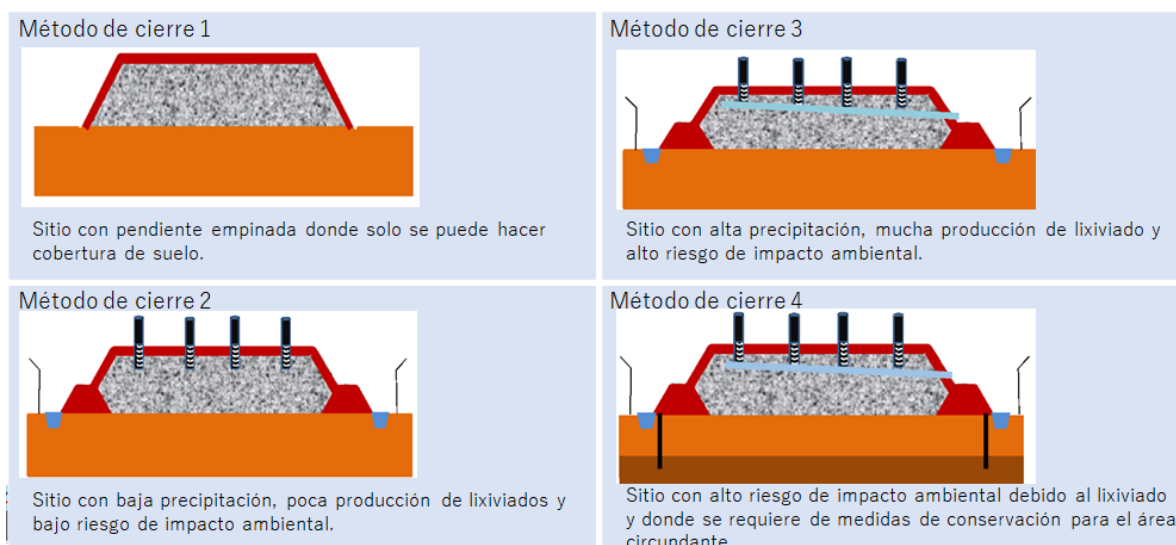
Fuente: Equipo de expertos de la JICA

3.1.3 Nivel de cierre

1) Introducción del nivel de cierre

Una vez que el SDF ha agotado su vida útil, se debe iniciar el proceso de cierre o clausura. Se han introducido cuatro niveles de cierre diferentes, según determinados requerimientos

técnicos.



Fuente: "Guías para la Formulación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) para municipios de El Salvador". Febrero 2009, modificado por el equipo de expertos de JICA.

Figura 3-2. Nivel de cierre seguro para SDF

Se debe asignar el nivel de cierre adecuado y aplicarlo para la prevención de la contaminación ambiental. El nivel de cierre es una combinación de contramedidas para cada problema del SDF existente. La descripción de cada nivel de cierre es la siguiente:

- Un nivel de cierre 1 considera sólo la instalación de un material de cobertura del suelo sobre los residuos sólidos. Se aplica a sitios con pendientes más pronunciadas.
- Un nivel de cierre 2 se aplica a un sitio con bajas precipitaciones, baja producción de lixiviados y bajo impacto ambiental. Se considera:
 - Instalar material de cobertura sobre los residuos sólidos, así como diques;
 - Implementar instalaciones para ventilación de gases de vertedero;
 - Implementar instalaciones para drenaje de aguas pluviales;
 - Instalar una verja perimetral.
- Un nivel de cierre 3 se aplica a un sitio con altas precipitaciones, alta producción de lixiviados y alto impacto ambiental. Se considera:
 - Instalar material de cobertura sobre los residuos sólidos, así como diques;
 - Implementar instalaciones para ventilación de gases de vertedero;
 - Implementar instalaciones para drenaje de aguas pluviales;
 - Instalar una verja perimetral,
 - Además, instalar un sistema de recolección de lixiviados.

- Un nivel de cierre 4 se aplica a un sitio con un alto impacto ambiental debido a los lixiviados, donde se requieren medidas de conservación. Se considera:
 - Instalar material de cobertura sobre los residuos sólidos, así como diques;
 - Implementar instalaciones para ventilación de gases de vertedero;
 - Implementar instalaciones para drenaje de aguas pluviales
 - Instalar una verja perimetral,
 - Instalar un sistema de recolección de lixiviados,
 - Además, instalar capas metálicas bajo tierra alrededor de los residuos.

La Tabla 3-2 muestra la matriz para la combinación entre el nivel de cierre y los elementos de la medida.

Tabla 3-2. Niveles de cierre y parámetros necesarios

Elementos de medida	Nivel de cierre seguro			
	C1	C2	C3	C4
Cobertura de suelo	++	+++	+++	+++
Drenaje de aguas pluviales	+	++	+++	+++
Almacenamiento seguro	+	++	+++	+++
Ventilación de gases		++	+++	+++
Lixiviados		+	+++	+++
Aguas subterráneas			++	+++
Estabilización temprana		+	+++	+++
Medidas posteriores al cierre		+	+++	+++
Monitoreo	+	++	+++	+++
Sistema de vertedero			Sistema semi-aeróbico	

Notas: (1) +: Equipo/operación mínima, ++: regular, +++: totalmente equipado/operado

Notas: (2): Mientras que para el C3 y el C4, de acuerdo con el concepto de vertedero semi-aeróbico, zonas de vertido aeróbico.

Fuente: "Guías para la Formulación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) para municipios de El Salvador". Febrero de 2009.

2) Recomendaciones

Para el cierre de un SDF, este manual recomienda un nivel de cierre 2 como requisito mínimo. También se recomienda un nivel de cierre 3 para un caso en el que existan problemas ambientales y sociales especiales en torno a la zona del SDF.

3.1.4 Instalaciones principales

El cuadro siguiente muestra los criterios de selección de las instalaciones principales para el cierre de un SDF existente.

1) Cobertura de suelo final

a. Material de cobertura

El material de cobertura puede ser limo o arcilla, o limo con suficiente materia orgánica para estabilizar la vegetación, o un suelo con suficientes nutrientes y pH. Debe ser capaz de soportar la vegetación y con suficiente inclinación para evitar que el agua de lluvia entre en el vertedero".¹

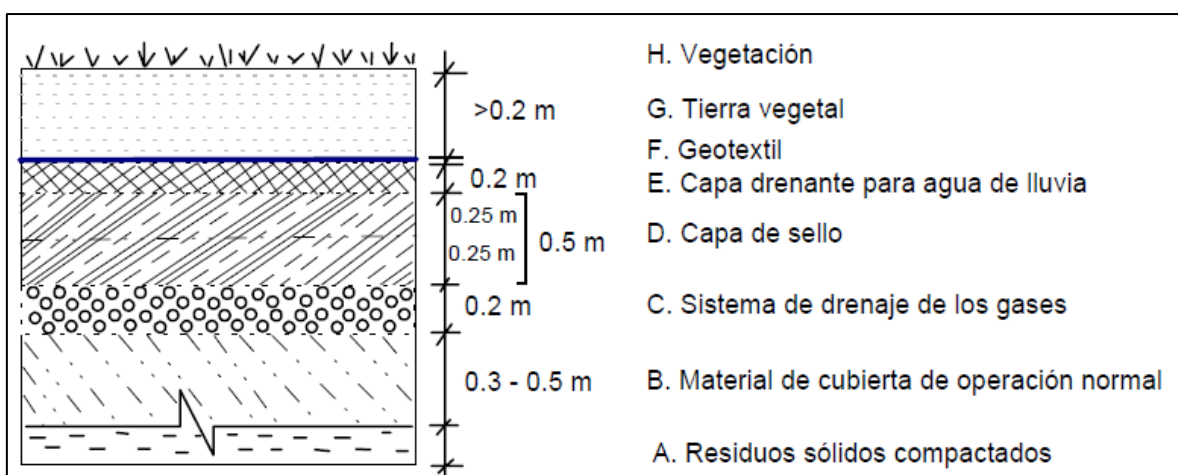
Tanto la superficie como los taludes del vertedero deberán estar nivelados antes de descargar el material de cobertura.

b. Material de cobertura con material impermeable

La finalidad de la cobertura de suelo final es aislar los residuos más cercanos a la superficie del vertedero. Se instala encima de la capa de residuos, y cubre los residuos desde el exterior. Reduce la generación de lixiviados, evita la difusión de olores y mejora el paisaje.

El material utilizado para la cobertura de suelo final debe cumplir con:

- Coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-5} a 1×10^{-7} cm/s
- Hasta un 10% de tierra fina
- Hasta el 90 - 100% de arena o grava
- Que se pueda compactar fácilmente
- Porosidad del 25 al 50%
- Que provenga de un lugar situado cerca del SDF



Fuente: Manual para la rehabilitación, clausura y remediación de tiraderos a cielo abierto. Secretaría de Ecología, México.

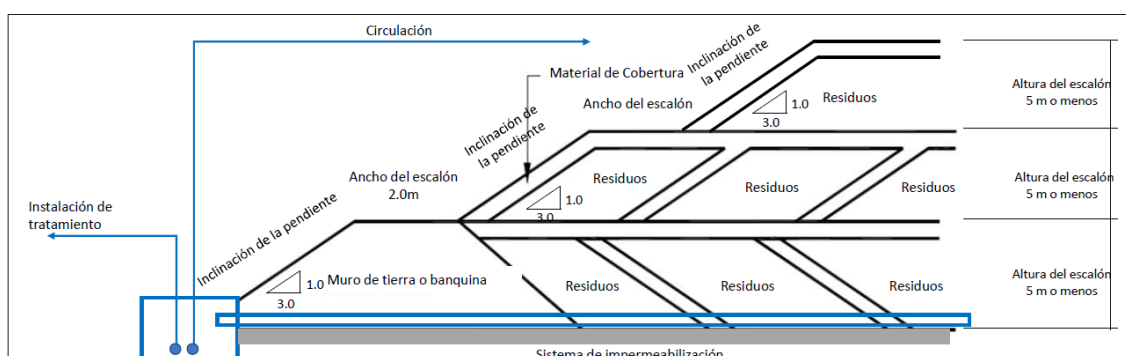
Figura 3-3. Esquema de una cobertura de suelo final

¹Guías para la Formulación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) para municipios de El Salvador". Febrero de 2009.

2) Dique

Un dique es una estructura formada por suelo nativo compactado. Se coloca alrededor de una capa de residuos muy acumulada para mejorar la estabilidad estructural y la identificación de la celda de vertido. Sus dimensiones deben ser las siguientes:

- Ancho superior: Un mínimo de 2 m o según lo requiera el equipo de compactación para permitir el paso durante la actividad de compactación.
- Pendientes laterales: 3:1 H: V o más plana, según lo requiera el suelo utilizado para conformarla.
- Altura: 2 m como máximo.



Fuente: Norma de diseño (Japón)

Figura 3-4. Esquema de un dique pequeño

3) Instalación para ventilación de gases

Consiste en la instalación de una red de tuberías y sus accesorios para la recolección y disposición del biogás. Se instala en la capa de residuos para liberar el gas de vertedero generado en las capas para reducir la contaminación del aire y los incendios provocados por el gas. En los casos en los que no exista un sistema para recolección o liberación de gases, se equipará con tubos perforados para la liberación de los mismos.

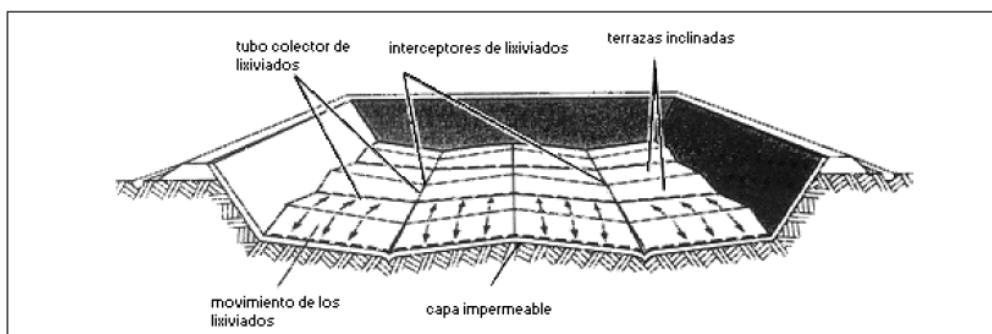


Fuente: Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México, Secretaría de Ecología, México.

Figura 3-5. Ejemplo de una instalación sencilla para ventilación de gases

4) Instalaciones para recolección y descarga de lixiviados

Consiste en la disposición de tuberías perforadas e instalaciones para recolectar y tratar los lixiviados. Se instala en la capa de residuos para recolectar los lixiviados generados y reducir la contaminación del agua. Si se adopta, se puede reducir el impacto ambiental negativo. Las dimensiones del sistema de recolección deben ser las indicadas en los cálculos hidráulicos.

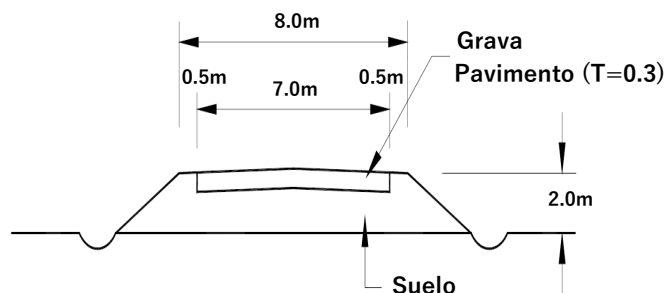


Fuente: Manual para la Operación de Rellenos Sanitarios - SEDESOL, México.

Figura 3-6. Esquema del sistema de recolección de lixiviados

5) Vías de mantenimiento

Se trata de una vía o camino que sirve para la movilidad de vehículos y equipos pesados durante las actividades regulares de operación del vertedero. Se instala alrededor del vertedero para mejorar su mantenimiento. En la figura siguiente se muestra una sección transversal típica de una carretera de mantenimiento:

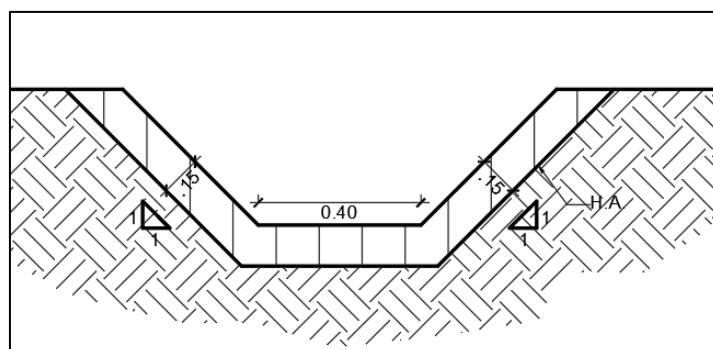


Fuente: Norma de diseño (Japón)

Figura 3-7. Esquema de una sección transversal de la carretera de mantenimiento

6) Drenaje

Un sistema de drenaje consiste en las instalaciones (zanjas, generalmente) para la correcta gestión de la escorrentía del agua de lluvia. Se instala alrededor de las vías de mantenimiento y de los vertederos para reducir la generación de lixiviados. Las dimensiones de las zanjales deben ajustarse a los cálculos hidráulicos, con un ancho mínimo del fondo de 0.40 m para facilitar la construcción.



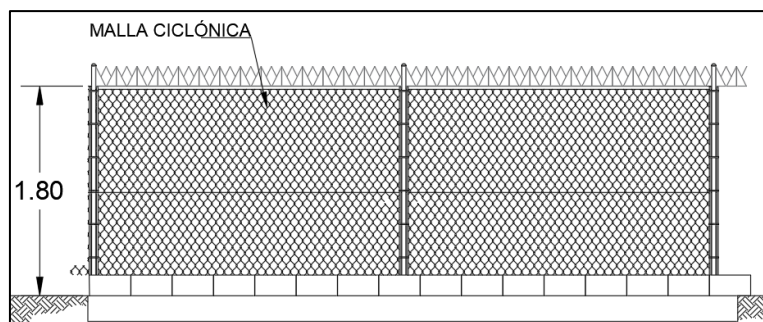
Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 3-8. Detalle de la sección típica de la zanja de drenaje

7) Verja perimetral

Consiste en un elemento de barrera física que delimita la zona del vertedero. Se instala a lo largo del límite del sitio para impedir el paso de personas ajenas al mismo. Su altura es de aproximadamente 1.80 m sobre el suelo, y está hecha con una verja de eslabones galvanizados sobre un muro de mampostería corto (0.20 – 0.40 m).

Levantar una verja perimetral ayuda a limitar el acceso de extraños a que lleven sus residuos sólidos urbanos de manera ilegal y evitar la entrada de animales. Además, es adecuado instalar una verja biológica de árboles de gran altura y gran consumo de agua para evitar los malos olores.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 3-9. Esquema de una verja de eslabones típica

8) Estaca límite del vertedero

Consiste en una pieza de madera corriente, tallada para ser enterrada en el suelo. Se instala alrededor del vertedero para indicar la ubicación de la capa de residuos. Las dimensiones de la pieza de madera deben ser de 2.5 cm (1") de grosor, 10 cm (4") de ancho y al menos 1 m de altura.

9) Carteles de señalización

Los carteles de señalización son dispositivos de información que se instalan cerca de las entradas y otros lugares en los que es probable que la gente se detenga y que permiten saber que el lugar en cuestión es un sitio de disposición final cerrado.



Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 3-10. Cartel de señalización típico de un SDF

3.2 Monitoreo

Los sistemas de monitoreo se utilizan para identificar los posibles impactos del SDF en el medio ambiente. Por ello, es muy importante darles el mantenimiento necesario.

3.2.1 Conceptos básicos del monitoreo

1) Monitoreo de las aguas subterráneas

Uno de los peligros potenciales de mayor magnitud que pueden derivarse de un sitio de disposición final es la fuga y la migración de lixiviados a las masas de agua subterránea.

En cada SDF es necesario controlar la contaminación del agua lixiviada y el impacto en la calidad de las aguas subterráneas. Se recomienda realizar el análisis en tres lugares diferentes, perforando con un agujero hasta el nivel de la primera capa freática. El muestreo debe realizarse al menos 2 veces al año, según la normativa dominicana. La norma de referencia es "Calidad de las aguas subterráneas y descargas al subsuelo".

El objetivo del monitoreo de las aguas subterráneas es:

- Comprobar que el sistema de revestimiento y/o la capa de impermeabilización del vertedero funcionan correctamente (no hay fugas de lixiviados).
- Verificar el grado de propagación de las sustancias nocivas contenidas en el flujo de lixiviados hacia las aguas subterráneas.
- Comprobar el grado de contaminación del entorno en caso de fallo del sistema de revestimiento y/o de la capa de impermeabilización.

Hay algunos casos en los que el análisis de las aguas subterráneas no es necesario:²

- Sitios donde el primer nivel freático es muy bajo (más de 40 m por debajo de la capa inferior del relleno).
- Sitios con una barrera geológica impermeable.
- Regiones áridas con menos de 300 mm de precipitación anual.
- SDF pequeños y muy pequeños en los que no se eliminan residuos peligrosos de origen industrial.

Se recomienda analizar a fondo las aguas subterráneas en las siguientes situaciones:³

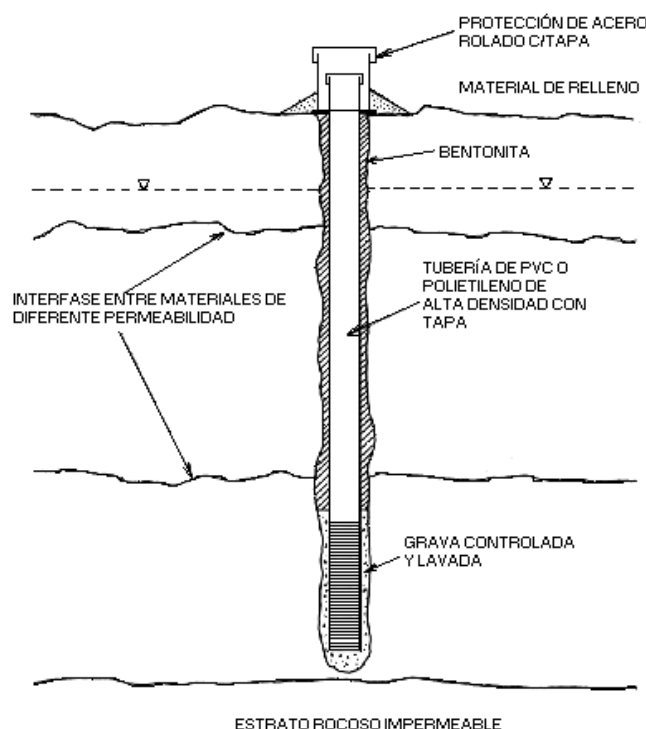
- Rellenos con un nivel freático muy alto (3 m o menos por debajo de la capa inferior del vertedero).
- Si existe una captación de agua (para riego o suministro de agua potable) en la misma

² Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios manuales. Ecuador, 2002. Página 105

³ Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios manuales. Ecuador, 2002. Página 105

cuenca del vertedero y en el nivel más bajo del mismo.

- SDF grandes y muy grandes.
- SDF cercanos a distritos en los que el agua se suministra mediante pozos (aquí se pueden tomar pruebas de los pozos más cercanos para abaratar los costos).
- SDF medianos y grandes con una capa inferior impermeable mal construida.
- SDF contruidos en suelos arenosos u otros suelos altamente permeables.



Fuente: Operación del Relleno Sanitario MT. SEDESOL, México.

Figura 3-11. Esquema de un pozo para el monitoreo de las aguas subterráneas

De acuerdo con las normas del Ministerio de Medio Ambiente, a continuación, se resumen las siguientes normas ambientales sobre la calidad del agua (Norma A) y las normas ambientales sobre descargas a las aguas subterráneas y al suelo (Norma B), que deben cumplirse para la operación del SDF.

Tabla 3-3. Normas ambientales para la calidad del agua

Parámetros	Norma A	Norma B
*Coliformes totales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Coliformes fecales (NMP/100mL)	1,000	1,000
*Color aparente (Pt-Co)	50	50
*pH	6.5-8.5	6.0-8.5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	5	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	-	400
Sólidos suspendidos totales	-	50
Sólidos totales disueltos	1,000	-
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄)	0.5	20

Parámetros	Norma A	Norma B
Nitrógeno total	-	30
Aceites y grasas	1	10
Fósforo total	0.025	3
Oxígeno disuelto (% de saturación)	> 70	-
Nitrato de nitrógeno + nitrito de nitrógeno	10	15
Cianuro total	0.1	0.2

Fuente: Norma Ambiental sobre calidad de aguas y descargas al subsuelo. Ministerio de Medio Ambiente de la República Dominicana.

2) Monitoreo de las aguas superficiales

Las aguas superficiales circundantes también podrían verse afectadas por los lixiviados, por lo que el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales debe ser un componente rutinario cuando se sepa o se sospeche que los lixiviados están afectando a las aguas superficiales circundantes o cuando exista alguna preocupación por la calidad de estas. El costo podría ser muy elevado para los municipios pequeños y medianos. Se recomienda realizar análisis a pesar del costo, en los siguientes casos:

- El SDF está en un área protegida. Cabe destacar que en la República Dominicana está prohibida la instalación de SDF en áreas protegidas.
- Las aguas tratadas se descargan en un medio muy susceptible (río con muy poco caudal, río habitado por especies acuáticas endémicas, ecosistemas acuáticos susceptibles, etc.)
- El receptor central sirve para el suministro de agua potable o para el riego
- El SDF también recibe residuos peligrosos de origen industrial.

No existe una normativa local sobre los límites máximos permisibles para la descarga de aguas superficiales desde los SDF. Como referencia, la siguiente tabla muestra los límites permisibles para las descargas en aguas superficiales de las instalaciones de aguas residuales:

Tabla 3-4. Límites máximos permisibles para la descarga de aguas residuales en masas de agua superficiales

Parámetros	Límite
*pH	6.5-8.5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), (mg/L)	50
Demanda química de oxígeno (DQO), (mg/L)	160
Sólidos suspendidos totales, (mg/L)	50
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄), (mg/L)	10
Nitrógeno amoniacal + nitrógeno nítrico, (mg/L)	18
Fósforo total, (mg/L)	3
Cloro residual, (mg/L)	0.05
*Coliformes totales, (NMP/100mL)	1,000

Fuente: Norma Ambiental sobre control de descargas a aguas superficiales, alcantarillado sanitario y aguas costeras. Ministerio de Medio Ambiente de la República Dominicana.

3) Monitoreo del aire

Es importante evaluar la calidad del aire en mediciones semestrales durante los dos primeros años de desmantelamiento y luego con una medición anual será suficiente. Durante el transporte de los residuos al SDF, en caminos no pavimentados, se tomarán las medidas necesarias para minimizar la generación de polvo y los impactos negativos derivados de las poblaciones cercanas. La operación del SDF debe cumplir las siguientes normas de calidad del aire.

Tabla 3-5. Normas de calidad del aire

Contaminante	Tiempo medio	LÍMITE PERMISIBLE ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Total de partículas en suspensión (TSP) *1	Anual	80
	24 horas	230
Fracción de partículas (PM-10)	Anual	50
	24 horas	150
Fracción de partículas (PM-2,5)	Anual	15
	24 horas	65
Dióxido de azufre (SO_2)	Anual	100
	24 horas	150
	1 hora	450
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Anual	100
	24 horas	300
	1 hora	400
Ozono (O_3)	8 horas	160
	1 hora	250
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10,000
	1 hora	40,000
Hidrocarburos (no metano) (CH)	3 horas	160
Plomo	Trimestral	1.5
	Anual	2.0

Fuente: Norma ambiental de calidad del aire (NA-AI-001-03)

*1Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro va de 0.3 a 10 μm) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen.

4) Monitoreo de los asentamientos y deslizamientos

Con el tiempo, los residuos sólidos sufren transformaciones debido a la actividad microbiana, descomponiéndose en gases y lixiviados. Este proceso favorece los asentamientos diferenciales y el hundimiento, provocando la desestabilización del terreno.

Los asentamientos diferenciales provocan depresiones en la superficie del terreno, donde se acumula el agua, dando lugar a la entrada de la misma y a la generación de lixiviados. Por esta razón, es necesario el monitoreo. Esta situación debe evitarse, nivelando el terreno para un buen drenaje.

5) Monitoreo de las instalaciones principales

a. Caminos internos

Los caminos internos deben ser inspeccionados y mantenidos permanentemente, ya que generalmente hay serios problemas de atascamiento de las unidades vehiculares y de interrupción de las operaciones diarias. Además, es imprescindible mantener, siempre que sea posible, los caminos húmedos para minimizar los problemas de generación de polvo, que resulta muy negativo para la estética del lugar y provoca la queja permanente de la población cercana.

Por lo tanto, si es necesario según la inspección anterior, se recomiendan las siguientes acciones:

- Regar periódicamente las carreteras con agua tratada, preferiblemente durante las horas de mayor actividad, para evitar la generación de polvo.
- Rellenar los baches y luego compactar con un aplanador manual.
- Las cunetas de la carretera deben estar siempre libres de rocas, arena o residuos para evitar su obstrucción.
- Mantenimiento de las condiciones de rodamiento de las carreteras, preferiblemente en horas no laborables, para aprovechar el equipo pesado disponible.

b. Verja perimetral

La verja perimetral es la estructura que delimita el área de la propiedad correspondiente al SDF, generalmente, éstas consisten en una valla de eslabones de cadena, la cual debe ser revisada constantemente, y reparada en caso de ser necesario, para que cumpla con su función de impedir el paso de animales y personas no autorizadas al SDF.

Por lo general, los problemas que habrá que observar y reparar (si procede) son:

- Los agujeros generados por las personas al cortar los alambres de la malla. Entonces esa sección tendrá que ser sustituida por una malla.
- Enderezar los postes y secciones de malla que puedan ser arrancados o deformados, porque las personas o los animales se apoyan en ellos
- Rellenar los agujeros que los animales hacen en el suelo para pasar por debajo de la malla.

c. Obras de drenaje

Las obras de drenaje, como las zanjias, las alcantarillas y las tuberías recolectoras, deben inspeccionarse y limpiarse con frecuencia para evitar que, en caso de precipitaciones, se

produzcan obstrucciones y, por tanto, la incapacidad de transportar la esorrentía.

Todas las obras de drenaje importantes deben ser inspeccionadas al menos una vez a la semana, así como después de cada evento de lluvia para eliminar los sedimentos y los residuos.

d. Oficinas generales y áreas de servicio

El aspecto general y visual de estas zonas es importante para la mejor aceptación del SDF por parte de la opinión pública. Los principales componentes son: limpieza general, necesidades de pintura de la fachada y las paredes, así como el buen funcionamiento de la plomería y la instalación eléctrica.

e. Báscula de puente

Es muy importante mantenerla en buen estado para no perder el control sobre las cantidades de residuos sólidos depositados en el SDF, por lo que se deben tener los siguientes cuidados:

- Calibrar constantemente la báscula (al menos una vez al mes).
- Proporcionar un servicio de engrase regular.
- Procure mantener el entorno de la báscula limpio de polvo, escombros y lodo, así como revisar el interior para comprobar que no se han introducido residuos, y si es así, eliminarlos.
- Pintarla al menos una o dos veces al año, para mantenerla en buen estado.

4 Rehabilitación del sitio de disposición final existente

4.1 Aspectos técnicos

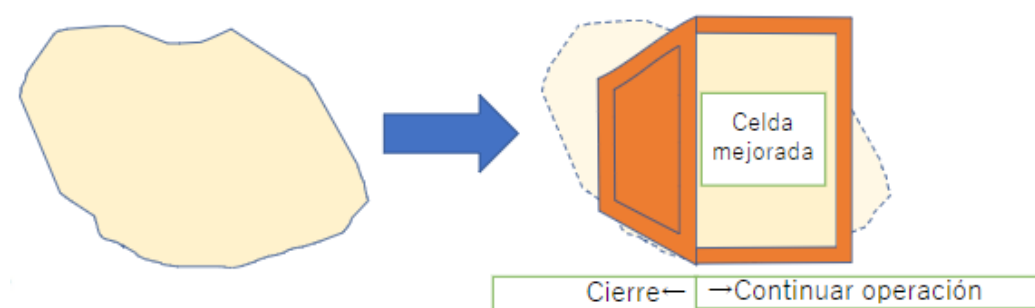
4.1.1 Conceptos básicos de la rehabilitación

Según la ley, un SDF inadecuado debe ser cerrado, sin embargo, si existen condiciones especiales que MA pueda aprobar, la rehabilitación es una de las posibilidades. Las condiciones especiales indicadas son al menos:

- La operación es controlada tal y como se menciona en el capítulo 2, Guías para el cierre y la rehabilitación de un sitio de disposición final,
- El sitio no está dentro de un área protegida.

La rehabilitación consiste en continuar la operación de los SDF existentes mejorando a su vez las condiciones inadecuadas, como la zona sin rellenar, el suelo sin cubrir, etc. Se han cerrado algunas zonas del SDF inadecuado y otras están en operación.

La Figura 4-1 muestra una imagen de la rehabilitación de un SDF Existente



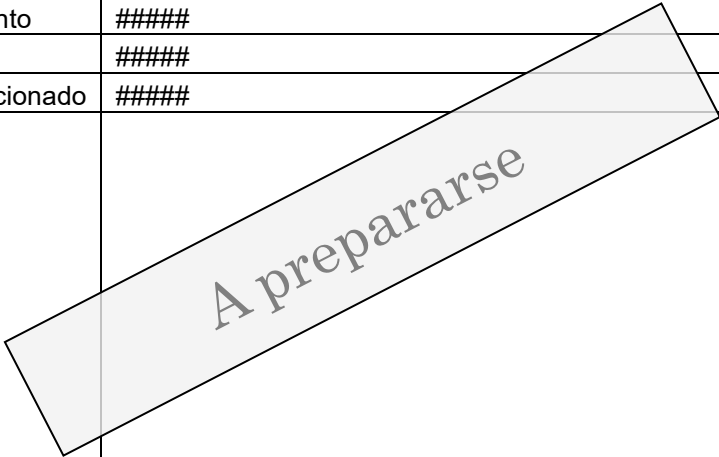
Fuente: Equipo de expertos de la JICA

Figura 4-1 Imagen del plan de rehabilitación

4.1.2 Plan de rehabilitación

Hay casos avanzados de proyectos que están implementando la rehabilitación de SDF en la República Dominicana. Las siguientes tablas muestran un resumen de los proyectos.

Tabla 4-1. Ficha resumen de los proyectos de rehabilitación

Provincia	#####
Municipio/DM	#####
Actividades principales	• XXX • YYY • ZZZ
Fuente de financiamiento	#####
Presupuesto estimado	#####
Proyecto nacional relacionado	#####
Fotos	

Fuente: Equipo de expertos de la JICA

4.1.3 Instalaciones principales**1) Celda de vertido**

A la hora de planificar una rehabilitación, se debe identificar claramente el área de vertido de residuos y planificar la construcción de la celda mediante un dique. Se debe investigar si el área de vertido que se va a planificar está fuera de un área protegida.

2) Otras instalaciones principales

Las instalaciones principales para la rehabilitación, como el dique y la instalación para ventilación de gases, aplicarán las especificaciones técnicas mencionadas en el apartado 3.1.4 del capítulo 3, Cierre de los sitios de disposición final.