

Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios

Estefani Rondón Toro
Marcel Szantó Narea
Juan Francisco Pacheco
Eduardo Contreras
Alejandro Gálvez



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Ministerio de
Desarrollo
Social

Gobierno de Chile

Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios

Estefani Rondón Toro
Marcel Szantó Narea
Juan Francisco Pacheco
Eduardo Contreras
Alejandro Gálvez



Este documento fue preparado por Estefani Rondón Toro, consultora del ILPES y de la CEPAL, Marcel Szantó Narea, Catedrático de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, y Juan Francisco Pacheco, funcionario del ILPES. La elaboración del capítulo de elementos de evaluación de proyectos estuvo a cargo de Eduardo Contreras y Alejandro Gálvez, Ingenieros Industriales de la Universidad de Chile. Se agradece especial a Nicolás Pacheco, Ingeniero Civil de la Universidad de Santiago de Chile, por el apoyo brindado en la recopilación de información para el capítulo de elementos de ingeniería básica.

Esta Guía fue elaborada en el marco del Convenio de Cooperación Técnica entre el Ministerio de Desarrollo Social de Chile y la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN 2518-3923

LC/L.4198

LC/IP/L.343

Copyright © Naciones Unidas, julio 2016. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

S.15-00804

Los Estados Miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	9
Abstract	11
Presentación	13
Introducción	15
I. Elemento de gestión de residuos	17
A. Residuos sólidos.....	17
1. Residuos sólidos: salud y medio ambiente.....	18
2. Implicancias medioambientales y económicas de los residuos sólidos.....	19
3. Residuos sólidos y cambio climático	19
4. Residuos sólidos y desarrollo sostenible.....	21
B. Panorama actual de la generación de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.....	23
1. Recolección y disposición.....	25
2. Reciclaje y aprovechamiento	26
3. Marco institucional, prestación del servicio y sostenibilidad financiera.....	28
C. Gestión integral de residuos sólidos.....	30
1. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).....	31
2. Aspectos institucionales y de gestión de residuos en el ámbito nacional, regional y local.....	35
3. Alternativas de gestión de residuos sólidos.....	42
4. Participación y educación al público.....	44
II. Elementos de ingeniería básica	51
A. Introducción	51
B. Generación y recolección de residuos sólidos.....	51
1. Métodos para estimar las cantidades de residuos.....	51
C. Recolección y transporte de residuos sólidos.....	54
1. Alternativas para la pre-recolección o almacenamiento.....	56
2. Alternativas para recolección y transporte	59

D.	Barrido de calles y áreas públicas	65
E.	Estaciones de transferencia	65
1.	Tipos de estaciones de transferencia	65
F.	Tratamiento y valoración de residuos sólidos	68
1.	Incineración.....	69
2.	Reciclaje.....	71
3.	Compostaje	71
G.	Disposición final de residuos sólidos	73
1.	Rellenos sanitarios	73
2.	Consideraciones básicas en el funcionamiento del relleno sanitario.....	92
3.	Controles a practicar en un relleno sanitario.....	95
4.	Cierre y sellado de rellenos sanitarios.....	98
5.	Rehabilitación	105
III.	Elementos de formulación de proyectos.....	111
A.	El ciclo de la vida de los proyectos	112
1.	Fases de un proyecto	112
2.	Preinversión	113
3.	Inversión	114
4.	Operación.....	115
B.	Identificación del proyecto.....	116
1.	Nombre del proyecto.....	116
2.	Antecedentes.....	116
C.	Identificación del problema.....	116
1.	El árbol del problemas, causas y efectos.....	117
2.	El árbol de efectos.....	118
3.	El árbol de causas.....	119
4.	El árbol de problema	120
5.	Alternativas de solución.....	121
6.	El árbol de objetivos (medios y fines).....	121
7.	Identificación de alternativas de solución	123
8.	Identificación de acciones.....	123
9.	Selección de la alternativa de solución	127
10.	Resultados esperados	128
11.	Vinculación con políticas, planes y estrategias de desarrollo	128
12.	Optimización de la situación base.....	128
D.	Formulación o preparación de proyectos	128
1.	Diagnóstico de la situación actual.....	129
2.	Determinación del área de estudio	130
3.	Identificación de la población objetivo	130
4.	Análisis de la población	130
5.	Estimación de la demanda.....	134
6.	Estimación de la oferta.....	136
7.	Déficit o demanda insatisfecha del proyecto.....	136
E.	Análisis técnico del proyecto	137
1.	Localización del proyecto	137
2.	Tamaño	137
3.	Tecnología y procesos.....	138
4.	Ingeniería	138
5.	Criterio de la comunidad sobre la propuesta técnica del proyecto.....	139
6.	Responsabilidad social.....	139
F.	Análisis ambiental.....	139
1.	Identificación y valoración de impactos ambientales.....	140
2.	Medidas correctoras y compensatorias	140

G.	Análisis legal y administrativo	141
1.	Aspectos legales	141
2.	Organización y estructura administrativa	141
3.	Planificación y programación de la ejecución del proyecto	141
4.	Valoración de riesgos institucionales del proyecto	141
IV.	Elementos de evaluación de proyectos	143
A.	Evaluación privada	143
1.	Costos de las alternativas del proyecto	143
2.	Costos de inversión	144
3.	Costos de operación y mantenimiento	145
4.	Calculo de indicadores de rentabilidad privada	150
5.	Análisis de costos sociales	153
B.	Evaluación social costo-beneficio	156
1.	Beneficios sociales	156
	Bibliografía	157
	Anexos	161
Anexo 1	Vertedero de Haina y ambiente de alrededores	162
Anexo 2	Separación en origen, reciclaje, compostaje y recuperación de energía en la municipalidad de La Pintana, Santiago de Chile	164
Anexo 3	Tecnologías para recogida selectiva	170
Anexo 4	Formularios	176
Anexo 5	Reciclaje en el punto limpio comuna de Vitacura, Santiago de Chile	180
Anexo 6	Relleno sanitario Loma Los Colorados, Santiago de Chile	187
Anexo 7	Experiencia sobre reinserción de áreas utilizadas como sitios de disposición final de residuos sólidos: Ex vertedero La Feria, Santiago de Chile	191
Anexo 8	Experiencia sobre reinserción de áreas utilizadas como sitios de disposición final de residuos sólidos: Ex vertedero Lo Errázuriz, Santiago de Chile	194
Anexo 9	Método de asignación del nombre del proyecto	201
Anexo 10	Ejemplo: proyección de la población	203
Anexo 11	Ejemplo: estimación de la demanda actual y proyectada	204
Anexo 12	Matriz de análisis de emplazamiento de sitio a amenazas naturales y socio-naturales para un proyecto de inversión	206
	Manuales: números publicados	209
	Cuadros	
Cuadro 1	Generación PER cápita de RSD y RSU en América Latina y el Caribe	24
Cuadro 2	Generación de RSU per cápita de países de Europa, Estados Unidos y América Latina y el Caribe	25
Cuadro 3	Países de América Latina y el Caribe: modalidades de prestación del servicio de recolección por tamaño de población.	25
Cuadro 4	Países de América Latina y el Caribe: formas de disposición final por tamaño de población, disposición por población	26
Cuadro 5	Países de América Latina y el Caribe: municipios con planes de manejo de residuos sólidos por tamaño de población	29
Cuadro 6	Países de América Latina y el Caribe: costo de los servicios por tamaño de población	29
Cuadro 7	Fases de una propuesta pública	40
Cuadro 8	Ejemplo de determinación de egresos	41
Cuadro 9	Matriz de situaciones no deseadas (diagnóstico de la situación actual)	43
Cuadro 10	Matriz de situaciones deseadas (diagnóstico de la situación actual)	43

Cuadro 11	Matriz de indicadores (diagnóstico de la situación actual).....	44
Cuadro 12	Sugerencias acerca de las unidades de expresión para las cantidades de residuos sólidos	52
Cuadro 13	Matriz para cálculo de la composición de residuos sólidos.....	53
Cuadro 14	Tecnologías usadas en el tratamiento y valoración de residuos sólidos	69
Cuadro 15	Alternativas de equipos de compactación de residuos a utilizar.....	94
Cuadro 16	Medios-acciones.....	125
Cuadro 17	Acciones complementarias.....	126
Cuadro 18	Estimación de la población futura	132
Cuadro 19	Costo de operación y mantenimiento	146
Cuadro 20	Depreciación del proyecto.....	149
Cuadro 21	Resumen de ingresos y costos	149
Cuadro A.1	Cantidad de materiales reciclados en el punto limpio	185
Cuadro A.2	Charlas de reciclaje impartidas en punto limpio	186

Gráficos

Gráfico 1	Efectos de la profundidad del “suelo” en un relleno sanitario sobre el desarrollo radical	108
Gráfico 2	Porcentaje de mortalidad de diferentes especies en un relleno sanitario, cultivadas con diferentes espesores de suelo. a1 = 30 cm.; a2 = 15 cm.; a3 = sin suelo	108
Gráfico 3	Concentraciones de metano y bióxido de carbono a diferentes profundidades	109
Gráfico A.1	Caracterización de residuos de la comuna de La Pintana	168
Gráfico A.2	Total de vehículos ingresados al punto limpio	184

Recuadros

Recuadro 1	Buenas prácticas para la inclusión social, el caso de Santiago de Surco, Perú.....	27
Recuadro 2	Las corporaciones de recicladores en Cuenca, el caso de Cuenca, Ecuador	28
Recuadro 3	Instrumentos económicos para la gestión de los residuos sólidos	33
Recuadro 4	Ejemplo de asociatividad público-privada Emeres, Santiago de Chile	39
Recuadro 5	Modelo de balance hídrico	103

Diagramas

Diagrama 1	La gestión de los residuos sólidos como integrante de un ciclo de materiales racional y sustentable	21
Diagrama 2	Las cuatro áreas del programa del capítulo 21	23
Diagrama 3	Jerarquía en el manejo de residuos sólidos.....	31
Diagrama 4	Etapas de la gestión de residuos	35
Diagrama 5	Esquema básico para el desarrollo de un PGIRS	36
Diagrama 6	Dinámica de la participación comunitaria	45
Diagrama 7	Fases del ciclo del proyecto.....	113
Diagrama 8	Ordenamiento lógico de causas, problema y efectos	117
Diagrama 9	Árbol de efectos	118
Diagrama 10	Árbol de efectos	119
Diagrama 11	Árbol de causas	119
Diagrama 12	Árbol de causas	120
Diagrama 13	Árbol del problema (integración entre árbol de causas y efectos).....	120
Diagrama 14	Árbol de causas-efectos.....	121
Diagrama 15	Árbol de medios y fines	122
Diagrama 16	Árbol de medios y fines	123
Diagrama 17	Relación entre acción y problema	124
Diagrama 18	Formulación de acciones	124
Diagrama 19	Acciones posibles para la resolución del problema	125
Diagrama 20	Resultado de postulación de acciones	126
Diagrama 21	Diferentes tipos de población.....	131

Imágenes

Imagen 1	Tipos de contenedores con ruedas.....	58
Imagen 2	Recolector compactador de carga trasera 15 y 19m ³	63
Imagen 3	Camión recolector de contenedores, carga trasera.....	64
Imagen 4	Estación con trasbordo directo.....	66
Imagen 5	Estación con acopio y compactación.....	66
Imagen 6	Estación con acopio y sin compactación.....	67
Imagen 7	Relleno sanitario operado con equipo pesado.....	74
Imagen 8	Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario.....	75
Imagen 9	Método de trinchera o zanja.....	81
Imagen 10	Método de trinchera o zanja.....	87
Imagen 11	Método de trinchera o zanja.....	88
Imagen 12	Método de área.....	89
Imagen 13	Método de vaguada/depresión.....	90
Imagen 14	Sistema típico de cobertura final.....	99
Imagen 15	Drenaje superficial.....	100
Imagen 16	Uso futuro: recuperación de un relleno sanitario.....	105
Imagen A.1	Relleno sanitario.....	162
Imagen A.2	Vertedero de Haina, generación de gases.....	162
Imagen A.3	Segregadores o buzos.....	163
Imagen A.4	Planta de compostaje en la dirección de gestión ambiental de la municipalidad de la La Pintana.....	164
Imagen A.5	Lombricultura en la dirección de gestión ambiental de la municipalidad de La Pintana.....	165
Imagen A.6	Programa de huerta ecológica.....	165
Imagen A.7	Digap La Pintana.....	166
Imagen A.8	Proceso del “Programa comunal de separación de residuos en origen”.....	167
Imagen A.9	Iniciativa de separación de residuos orgánicos.....	169
Imagen A.10	Contenedores de baja capacidad (recogida manual).....	170
Imagen A.11	Contenedores de gran capacidad (recogida automatizada).....	171
Imagen A.12	Opciones para la satisfacción de las necesidades de los usuarios.....	171
Imagen A.13	Contenedores soterrados (foto montaje).....	172
Imagen A.14	Contenedores soterrados.....	172
Imagen A.15	Contenedores con compactación (versiones eléctrica y solar).....	174
Imagen A.16	Contenedores soterrados con compactación.....	174
Imagen A.17	Ubicación de la comuna de Vitacura en la Región Metropolitana de Santiago de Chile.....	180
Imagen A.18	Ingreso al punto limpio.....	182
Imagen A.19	Contenedores subterráneos en punto limpio.....	182
Imagen A.20	Contenedores de superficie en punto limpio.....	183
Imagen A.21	Contenedores de superficie pequeños.....	183
Imagen A.22	Edificio administrativo del punto limpio.....	184
Imagen A.23	Actividades de charla para instituciones educativas en el punto limpio.....	185
Imagen A.24	Relleno sanitario Loma Los Colorados.....	187
Imagen A.25	Estación de transferencia del relleno sanitario Loma Los Colorados.....	188
Imagen A.26	Transporte ferroviario de residuos sólidos desde la estación de transferencia al relleno sanitario.....	189
Imagen A.27	Motores de generación eléctrica.....	190
Imagen A.28	Pozo extracción de áridos La Feria, 1971.....	191
Imagen A.29	Relleno sanitario La Feria, 1980.....	192
Imagen A.30	Sellado del ex relleno sanitario La Feria, y 1993.....	192
Imagen A.31	Rehabilitación del actual Parque André Jarlán, 1995.....	193
Imagen A.32	Principales áreas intervenidas relacionadas con el plan de cierre del ex vertedero Lo Errázuriz.....	195
Imagen A.33	Ex vertedero Lo Errázuriz: obras etapa I.....	196
Imagen A.34	Ex vertedero Lo Errázuriz: plano general de intervención.....	196

Imagen A.35	Ex vertedero Lo Errázuriz: impermeabilización de taludes.....	197
Imagen A.36	Ex vertedero Lo Errázuriz: geomanta (malla de fibra de coco) instalada.....	197
Imagen A.37	Ex vertedero Lo Errázuriz: planta y sistemas para quema de biogás	197
Imagen A.38	Ex vertedero Lo Errázuriz: habilitación de zonas de estar y equipamiento urbano.....	198
Imagen A.39	Ex vertedero Lo Errázuriz: recuperación paisajística y sistema de riego por goteo	198
Imagen A.40	Ex vertedero Lo Errázuriz: introducción de especies vegetales a través de “hidrosiembra”	199
Imagen A.41	Objetivo del proyecto de recuperación de áreas	200

Resumen

El documento tiene como objetivo presentar diferentes aspectos sobre la gestión de residuos sólidos domiciliarios en una forma comprensible para quienes estén desarrollando labores relacionadas con los residuos sólidos especialmente en el ámbito público, el trabajo se divide en tres partes; la primera sobre elementos generales de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios, en la que se explican conceptos y se abarca temáticas relacionadas con el plan de manejo. En la segunda parte se abordan temas relacionados con la ingeniería básica, se puede encontrar alternativas tecnológicas, métodos de cálculo y de disposición. Finalmente se presentan dos capítulos de formulación y evaluación de proyectos, los que muestran desde el ciclo de vida de los proyectos hasta la evaluación social.

Abstract

The document aims to present different aspects on the management of solid waste in a form understandable to those who are developing work related to solid waste especially in the public sphere, the work is divided into three parts; the first is about general elements of integral management of solid waste, in which concepts are explained, covering topics related to the management plan. The second part deals with issues related to the basic engineering, technological alternatives, methods of calculation and waste final disposal. Finally the document presents two chapters of formulation and evaluation of projects that show the designed process from the life cycle of the projects to the social assessment.

Presentación

La Gestión Integral de los residuos sólidos (GIRS), es la interacción dinámica entre actores que se desempeñan en los planos institucional, sectorial y regional, en busca de una solución eficiente y equitativa sobre el manejo de los residuos.

En el marco de la sustentabilidad ambiental y de los procesos de urbanización, privatización y descentralización, la gestión integral de los residuos sólidos urbanos constituye hoy una preocupación de singular importancia por sus impactos directos e indirectos, algunos de ellos irreversibles y permanentes, tanto sobre el medio ambiente (aire, agua, tierra, paisaje) como sobre la salud de la población.

Desde diversos ángulos, la gestión de los residuos sólidos urbanos tiene una nueva connotación, por tratarse de una actividad que produce impactos negativos en ambientes físicos y sociales y donde la complementariedad entre mercado e intervención estatal puede lograr soluciones eficientes y equitativas.

Los aspectos institucionales y de gestión de los residuos sólidos tienen la máxima importancia en la ejecución de cualquier plan, programa o proyecto. Por muy bien diseñado que esté un programa o proyecto de manejo integral de residuos, si no cuenta con los elementos necesarios de gestión, no podrá ser llevado a cabo de manera satisfactoria. La mayoría de los especialistas y técnicos concuerdan que, el apropiado diseño de la gestión del proyecto tiene la misma importancia o más, que los aspectos técnicos.

Teniendo en cuenta las características y necesidades de la población, las instituciones responsables pueden optar por distintas modalidades de operación, esto implica, por ejemplo, hacer una licitación pública, procurando que la gestión sea transparente, eficiente y equitativa. Esto permite, para quien administra los recursos, seleccionar la mejor alternativa de operación del sistema.

Otro aspecto a considerar es el tarifado, que puede convertirse en un tema complejo en términos de la política local, sin embargo, por ejemplo, está la posibilidad de prorratear costos y eximir de pagos a las familias de menores recursos.

En algunos casos, resulta difícil decidir si usar un nuevo plan de gestión o mantener el existente. Antes de aplicar acciones, es conveniente buscar sistemas de comparación, que permitan optar por la alternativa más adecuada. Para ello, es posible utilizar matrices e indicadores que permitan comparar estas situaciones, lo cual entregará mayor confianza en las decisiones que se tomen.

La planificación integral de la gestión de los residuos sólidos es un proceso que se cumple en fases iterativas y dinámicas, y está relacionada además, con la cadena de eliminación de ellos. Este plan debe ser participativo, ya que el problema de los residuos sólidos está ligado con cuestiones ambientales que afectan directamente a la economía, a los hogares y a la comunidad en su conjunto. Por ello, preparar un buen programa de educación y participación del público permite mejorar la gestión al facilitar la aceptación por parte de la comunidad.

La presente guía metodológica tiene por finalidad apoyar a los municipios de pequeñas y medianas localidades¹ en la preparación y evaluación de proyectos de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, incluyendo también, según corresponda, las etapas de transporte, tratamiento, reciclaje y transferencia. Además, este documento pretende ayudar a la toma de decisiones mediante la determinación del costo para la sociedad y para el municipio, de la disposición final de los RSD, así como entregar una pauta para la estimación de la tarifa requerida por el privado para cubrir los costos de operación y mantención del servicio.

¹ Localidades de más de 80.000 habitantes, haciendo las debidas correcciones y teniendo presente que para proyectos de mayor envergadura debe exigirse una mejor calidad de la información utilizada en la preinversión.

Introducción

Los residuos sólidos municipales (RSM), conocidos comúnmente como basura, desecho o residuo, están compuestos por residuos orgánicos (alimentos, excedentes de comida, etc.), cartón, papel, madera y en general materiales inorgánicos como vidrio, plástico y metales. Estos residuos provienen generalmente de actividades domésticas, servicios públicos, construcciones y establecimientos comerciales, así como de residuos industriales que no se deriven de sus procesos.

El efecto ambiental más evidente del manejo inadecuado de los RSM lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural, con la consecuente devaluación, tanto de los predios donde se localizan los vertederos como de las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de la basura, siendo uno de los efectos fácilmente observados por la población; sin embargo, entre los efectos ambientales más serios están la contaminación del suelo, del aire y los cuerpos de agua, ocasionada por el vertimiento directo de los residuos.

Un elemento clave en la vida urbana, considerando las funciones de las entidades responsables desarrolla en relación al manejo a manejar los RS como un “sistema esencial”, vendría a ser el buen funcionamiento de un sistema de gestión de residuos sólidos municipales. La protección del medio ambiente, la mejora de la salud pública, la estética y la mejora de las finanzas de la ciudad son producto de un buen diseñado y operación de un sistema de gestión de residuos, objetivo al que este documento pretende contribuir.

La gestión integral de los residuos sólidos, como enfoque, busca “transformar la cultura actual de eliminación de desechos a una que evite los residuos mediante prácticas de producción y consumo sostenibles”.

Así, el primer propósito de la gestión integral es evitar la generación; si no es posible evitar, se debe procurar la minimización utilizando el concepto de las 3R’s (reducir, reutilizar, reciclar), si esta minimización no es posible, entonces se debe plantear el tratamiento, y sólo cuando el tratamiento no sea factible, se debe recién pensar en la disposición final.

Así mismo, la gestión de los residuos sólidos presenta complejidades, debido a que sus dimensiones cruzan todos los ámbitos del desarrollo, es decir, primeramente, se requiere la responsabilidad compartida en la participación conjunta de todos los generadores, productores, importadores, distribuidores, consumidores y gestores, tanto públicos como privados. Por lo tanto, a los

generadores (sean éstos agrícolas, industriales, o turísticos) les correspondería contar con un plan de manejo de residuos y así garantizar que se les dé una gestión apropiada.

En forma complementaria a lo anteriormente planteado, introducir el principio de responsabilidad extendida del productor (el cual ya opera en algunos países), donde, los productores, importadores o distribuidores deben hacerse responsables de los productos que ponen en el mercado hasta el final de su vida útil. Teniendo estas dos medidas dentro de los cuerpos legales, es posible reducir significativamente la cantidad de residuos de los cuales deberían hacerse cargo las municipalidades, disminuyendo así los costos de operación y alargando la vida útil de los sitios de disposición final.

Si a esto se le agrega que también se busca mejorar la recaudación y la planificación que hacen los municipios para estos servicios, se debería tener como resultado una gestión integral de los residuos a nivel urbano y rural.

El rol de la participación ciudadana es también de relevante importancia, ya que el Estado debería desarrollar los mecanismos apropiados para garantizar la participación activa de las comunidades y del sector privado en la gestión integral de residuos. Orientando todos los esfuerzos en esta dirección, con acciones educacionales orientadas a crear conciencia ambiental en los hogares, se modificaría así el comportamiento de la población (ya sea urbana o rural) sobre este tema.

Enfatizando todo lo que se ha propuesto, se requiere toda la voluntad y el empeño del sector estatal, del sector municipal, del sector privado, la academia, las ONGs y la sociedad civil para impulsar e implementar la gestión integral de residuos sólidos, en la que sin duda, rendirá frutos positivos y colaborará en mejorar considerablemente la salud, el ambiente y por consiguiente la calidad de vida en las ciudades y poblaciones.

Reducir la generación de residuos sólidos es un objetivo posible. Es cada vez más evidente la necesidad de avanzar en esta dirección mediante instrumentos que impulsen conductas ambientalmente sustentables y transfieran capacidades preventivas.

Hallándonos ahora en pleno siglo XXI, es posible decir que las ciudades presentan enormes oportunidades para cambiar tendencias y ser generadoras de mejoramiento ambiental, equidad social y promoción del crecimiento económico. Por lo tanto, es ahora o nunca, el querer hacer el cambio de “pasar del manejo tradicional de la basura hacia la verdadera Gestión Integral de los residuos para el desarrollo de ciudades verdaderamente sostenibles”.

En la primera parte el documento presenta los elementos para confeccionar un plan integral, el cual aborda la gestión integral de residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) entendida como la necesidad de considerar todas las acciones de diversa índole, en forma coherente, articulada y participativa en cuatro aspectos básicos: los aspectos centrales de un plan de manejo integral; los elementos de la participación y educación del público como una manera de ayudar a la gestión; los tipos de operación de los sistemas de manejo de los RSD, sus ventajas y desventajas. Finalmente, se entregan pautas metodológicas que permiten fijar tarifas para el cobro de servicios de aseo y una proposición para analizar los efectos de aplicar un tipo de acción sobre un sistema de manejo de RSD en una localidad específica.

En la segunda, se hace una revisión de la ingeniería básica donde el lector puede encontrar; métodos de estimación de generación de residuos, alternativas técnicas para el manejo de los residuos en las diferentes fases del ciclo, así como barrido de calles, estaciones de transferencias, tratamiento y valoración de residuos y las opciones de manejo y finalmente se presentan opciones de ingeniería básica para la disposición final.

Finalmente, la tercera y cuarta parte, entrega elementos de formulación y evaluación de proyectos tales como: En la formulación de proyectos, se verá; el ciclo de vida de los proyectos, identificación del problema, diagnóstico de la situación actual, análisis técnico del proyecto, análisis ambiental, análisis legal y administrativo. En evaluación de proyectos, se muestra ; evaluación privada, aspectos presupuestarios del proyecto, cálculo de indicadores de rentabilidad privada, análisis de costos sociales, cálculo de indicadores, evaluación social costo-beneficio.

I. Elemento de gestión de residuos

A. Residuos sólidos²

Dos términos que son ampliamente utilizados en las bibliografías consultadas, son el término “desecho” y el término “residuo”. Para establecer si es posible o no su uso como sinónimos, se realizará una comparación de sus definiciones de acuerdo al diccionario de la Real Academia Española:

Desecho

- Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo.
- Cosa que, por usada o por cualquier otra razón, no sirve a la persona para quien se hizo.
- Residuo, basura.

Residuo

- Parte o porción que queda de un todo.
- Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

De acuerdo a estas definiciones, resulta claro que es posible utilizar ambos términos indistintamente. En el idioma inglés, el término ampliamente utilizado para referirse tanto a desecho como a residuo es “waste”.

Al momento de establecer que se considera “residuo”, de la propia definición surge claramente que se trata de un término intrínsecamente subjetivo, pues depende de los actores involucrados. Uno de los ejemplos más claros de que se está frente a un término subjetivo es que, quien decide si un determinado objeto continúa siendo útil o no es su propietario.

Otro ejemplo es cuando existe posibilidad de reciclaje y por lo tanto el residuo deja de serlo, transformándose en materia prima de otro proceso.

² Apartado realizado en base a Martínez J., et al, 2005.

Se han hecho diversos intentos a efectos de adoptar una definición objetiva de "residuo", sin embargo aún hoy persiste cierto grado de incertidumbre. Por esta razón muchas legislaciones incluyen en su texto la definición de "residuo" por la que han optado.

A continuación se presentan las definiciones adoptadas para el término "residuo" en distintos ámbitos y con diferentes alcances.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

Aquellas materias que, generadas en las actividades de producción y consumo, no alcanzan en el contexto en el que se producen ningún valor económico, bien porque no existe una tecnología adecuada para su aprovechamiento o bien porque no existe un mercado para los productos recuperados.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)

Todo material (sólido, semisólido, líquido o contenedor de gases) descartado, es decir que ha sido abandonado, es reciclado o considerado inherentemente residual.

Organización de las Naciones Unidas

Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Incluye cualquier material descrito como tal en la legislación nacional, cualquier material que figura como residuo en las listas o tablas apropiadas, y en general cualquier material excedente o de desecho que ya no es útil ni necesario y que se destina al abandono.

Convenio de Basilea

Las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.

Comunidad Europea, Directiva 75/442/CEE, 91/156/CEE, 94/3/CE y 2000/532/CE.

Cualquier sustancia u objeto perteneciente a una de las categorías listadas en el Anexo 1³ de la "Directiva 91/156/CEE" y del cual su poseedor se desprenda o del cual tenga la intención u obligación de desprenderse. A partir de esas categorías se elaboró el "Catálogo Europeo de residuos", el cual constituye una lista armonizada y no exhaustiva de residuos, independientemente de que se destinen a operaciones de eliminación o recuperación.

Programa Regional de Manejo de residuos Peligrosos del CEPIS

Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario.

Como comentarios a las definiciones descritas, es evidente que el residuo, cuando se genera por parte del consumidor, bien sea en domicilios particulares, en industrias o en cualquier actividad, aun puede quedarle un largo camino hasta ser considerado definitivamente como tal. Por otra parte, el concepto legal de residuo va evolucionando con el tiempo, la tecnología, la economía y las exigencias sociales de acuerdo al nivel de vida, el cual va en crecimiento (Avanzini de Rojas, J., 2003).

1. Residuos sólidos: salud y medio ambiente

El manejo inadecuado de los residuos sólidos produce múltiples impactos negativos sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Por un lado, una inadecuada gestión de los residuos, particularmente cuando son dispuestos en botaderos a cielo abierto, puede redundar en serios impactos en la salud de la población, en especial debido a enfermedades entéricas, como tifus, cólera y hepatitis, y también cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia, salmonelosis y otras, dependiendo de las condiciones locales (CEPAL/ONU, 2010).

Entre los efectos ambientales, hay que destacar el deterioro de la calidad de las aguas superficiales por escurrimiento de los lixiviados, que resulta del contenido líquido de los residuos más el arrastre de aguas lluvias, y por la acción de los líquidos percolados en las napas freáticas. También hay repercusiones en la calidad del aire, por emisiones gaseosas, en particular de biogás (compuesto

³ Versión en español en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0156:ES:HTML>.

básicamente de metano), con sus consiguientes efectos en el cambio climático. Los riesgos de incendio, los fuertes olores por procesos de descomposición de materia orgánica en forma incontrolada, la proliferación de vectores sanitarios, el uso inadecuado y la desvalorización del suelo, son consecuencias ambientales típicas de la inadecuada gestión de los residuos sólidos domésticos (CEPAL/ONU, 2010).

En general, los impactos de la mala gestión de los residuos sobre la salud pueden observarse en toda la población, pero especialmente se reflejan, de menor a mayor, en: a) trabajadores formales del sector; b) población urbana sin servicio de recolección domiciliaria; c) población adyacente, o dentro de un radio cercano, a sitios de disposición final no adecuados; d) personas dedicadas a la selección y recuperación de materiales reciclables en la calle, lugares de almacenamiento y sitios de disposición final, llamados comúnmente segregadores o trabajadores informales de los residuos⁴, quienes realizan su trabajo en condiciones antihigiénicas y entre los que se destaca un porcentaje significativo de mujeres y niños; y e) niños y adolescentes de la calle, e indigentes sin techo o vivienda, quienes se alimentan directamente de residuos domésticos encontrados en bolsas y contenedores de recolección (OPS/OMS-AIDIS-BID, 2011).

2. Implicancias medioambientales y económicas de los residuos sólidos⁵

Durante las últimas décadas, la población rural ha venido emigrando en número creciente a los centros urbanos, sumándose a esa migración el incremento vegetativo de la población urbana en sí, lo que ha dado como resultado una concentración demográfica en áreas relativamente reducidas y, en consecuencia, una sobreproducción de residuos. Tanto debido a la cantidad, como a la manera en que los desechos han sido depositados en el medio ambiente de las áreas urbanas, éste no ha podido absorber el impacto de la sobrecarga, generándose un deterioro paulatino, irreversible en algunos casos.

Los daños sociales y económicos a consecuencia de esta producción y eliminación indiscriminada de desechos han llegado a tener tal magnitud, que actualmente son considerados como problemas de primer orden que requieren atención y medidas inmediatas para su control y su solución a corto, mediano y largo plazo.

En áreas de desarrollo económico, los centros urbanos han debido enfrentar los problemas derivados del crecimiento acelerado de la población, agudizado particularmente por una desproporcionada afluencia de la población rural hacia las ciudades.

La generación de residuos sólidos está relacionada con el ingreso per cápita, lo que refleja el impacto neto de varias relaciones implícitas, tales como los efectos del ingreso sobre el consumo, sobre la distribución de consumo entre bienes y servicios, y sobre la demanda por calidad ambiental.

En relación a lo planteado, es así como en las grandes urbes, los problemas relativos a la contaminación y deterioro generalizado del medio ambiente son ya considerados, tanto o más apremiantes que los del aprovisionamiento de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, transporte y vías de comunicación, ya que la ausencia de un medio ambiente adecuado conduce a que los servicios mencionados se conviertan en actividades irrelevantes para una comunidad con problemas de supervivencia.

3. Residuos sólidos y cambio climático

“El cambio de clima atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC, 2007).

⁴ Un ejemplo es el de La Chureca, en Managua, Nicaragua, reputado como el mayor vertedero habitado de la región. En sus 40 hectáreas viven 1.200 personas y 3.000 más trabajan allí en condiciones infrahumanas, por un ingreso de dos dólares diarios. En el marco de la cooperación internacional (España) se está implementando un proyecto de rehabilitación que contemplará creación de empleos y mejora de las condiciones de vida de estas personas (Díaz, 2009). Otro caso, es el vertedero de Haina, en República Dominicana, más detalle, véase ANEXO A.

⁵ En base a Szantó, M., 1998.

En 1827, el matemático francés Jean Baptiste Fourier observó que ciertos gases que componían la atmósfera, en particular el dióxido de carbono (CO_2), retenían el calor en ella. En su opinión, este fenómeno era similar al que ocurría en los invernaderos, de manera que para referirse a él utilizó el término *effet de serre* (efecto invernadero). Más tarde, en 1860, el físico irlandés J. Tyndall vinculó la variación de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera a los cambios en el sistema climático. Este marcó un importante rumbo en las investigaciones sobre el tema, que condujo a que en el año 1896 el físico sueco Svante Arrhenius, nobel de química en 1903, llamara la atención sobre las consecuencias climáticas de la actividad humana, demostrando mediante un cálculo sencillo que, de duplicarse la carga atmosférica de gas carbónico (o dióxido de carbono) en la Tierra debido al desarrollo acelerado de la industria, se produciría un recalentamiento global del orden de los 6°C (CEPAL/GTZ, 2009).

Tuvieron que transcurrir 80 años antes que la comunidad científica reuniera datos suficientes para corroborar estas predicciones y se realizara, en ocasión de la primera Conferencia Mundial sobre el Clima celebrada en 1979, en Ginebra, un llamado urgente a la comunidad internacional sobre la necesidad de adoptar drásticas medidas correctivas ante los hechos siguientes: i) la temperatura media del planeta ha venido aumentando aceleradamente; ii) la información disponible indica que ello obedecerá a las actividades humanas que liberan en la atmósfera gases de efecto invernadero, principalmente CO_2 , metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), y iii) de acuerdo con los modelos utilizados para explicar este incremento de la temperatura, es posible que también se produzcan alteraciones del sistema climático que afectarán considerablemente el bienestar mundial, en un lapso no superior a 100 años (CEPAL/GTZ, 2009).

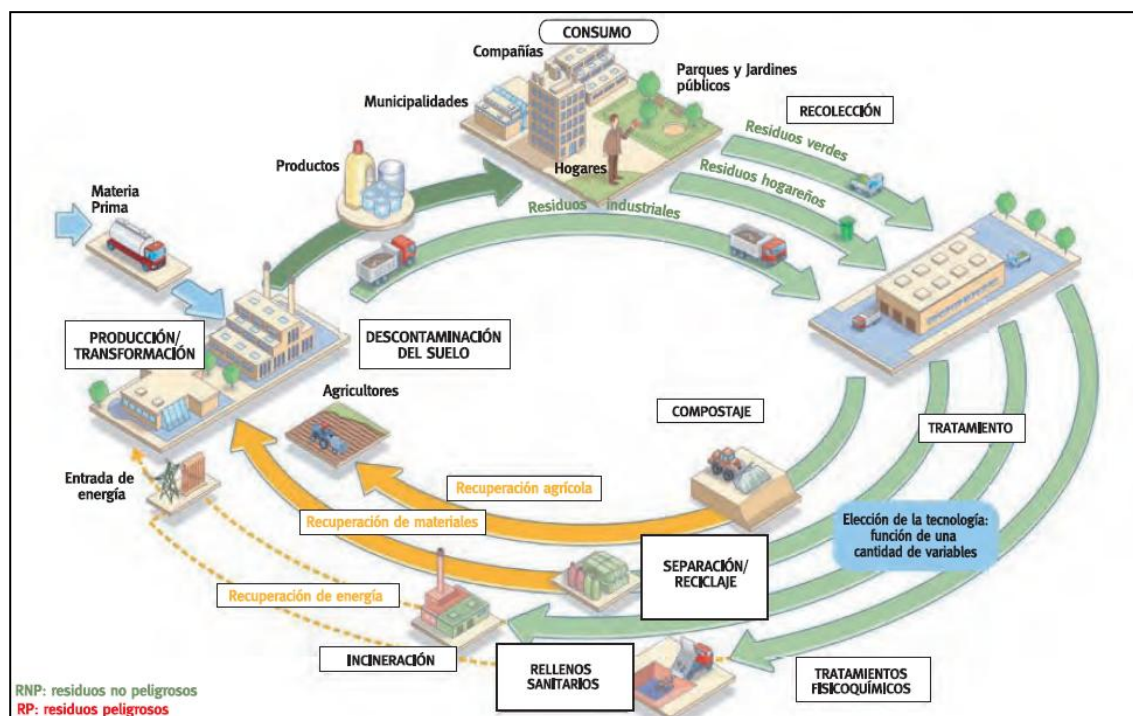
Ya que actualmente, el fenómeno del cambio climático, sus causas y consecuencias, es un fenómeno aceptado y reconocido en términos generales por parte de la comunidad científica internacional, los gobiernos, el sector privado, las ONG y la población en general (ISWA, 2010), es posible plantear soluciones que mitiguen las emisiones de gases de efecto invernadero y ayuden en la adaptación a sus consecuencias inevitables. La complejidad de la situación exige que se acepte la responsabilidad común en todos los sectores que componen la infraestructura urbana (transporte, gestión de residuos, actividades productivas, energía, edificación pública, equipamiento -educación, salud, espacio público- tratamiento de aguas servidas y provisión de agua).

En el sector de residuos, el 3% de las emisiones globales de GEI proviene de los desechos sólidos y del tratamiento de aguas residuales (IPCC, 2007), donde la mayoría de los cuales se pueden atribuir a las zonas urbanas. Aunque esto pueda parecer una pequeña fracción de las emisiones globales, esta cifra equivale a 1,32 millones de toneladas de $\text{CO}_2\text{eq.}$, lo cual ofrece importantes oportunidades de mitigación de GEI (World Bank, 2010).

Así mismo, el sector de los residuos sólidos contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) principalmente a través de la generación de CH_4 a partir de los vertederos, así como pequeñas cantidades de CO_2 a través de la incineración (World Bank, 2010). Cabe decir que, las emisiones de GEI asociados con la gestión de residuos es un área que está recibiendo una creciente atención, así como crece la preocupación sobre el efecto del cambio climático sobre el medio ambiente global.

Entre el proceso de cambio climático y la gestión de residuos sólidos cabe destacar un cambio de paradigma que se está experimentando actualmente en el mundo y la región. La conceptualización de la gestión de los RS como integrante de un ciclo de materiales racional y sustentable (véase el diagrama 1), donde prime la visión del residuo generado como un recurso medioambiental, no solo redundará en el beneficio ambiental general, sino también se convertirá en una medida de mitigación del Cambio Climático, en tanto y en cuanto se reduzca la utilización de materia prima virgen y se lleve a cabo la sustitución de combustible fósil (OPS/OMS-AIDIS-BID, 2011).

Diagrama 1
La gestión de los residuos sólidos como integrante de un ciclo de materiales racional y sustentable



Fuente: ISWA, 2010.

4. Residuos sólidos y desarrollo sostenible⁶

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en 1992 (Conocida como Cumbre de Río), brindó una oportunidad única a la humanidad para colocar a nuestro planeta en el camino hacia un futuro más seguro y sostenible. Entre los principales acuerdos logrados por la comunidad mundial está la denominada Agenda 21 que consiste en un plan detallado e integral para realizar acciones globales que permitan la transición hacia un desarrollo ambientalmente sostenible.

La Agenda 21 tiene cuarenta capítulos, cada uno de los cuales propone un conjunto de acciones que deben ser llevadas a cabo por las naciones y las comunidades en cada una de las áreas ambientales afectadas por el desarrollo.

Los capítulos 20 y 21 se refieren al manejo ambientalmente adecuado de residuos sólidos industriales y municipales, respectivamente. Desglosando un poco, la Agenda 21⁷ recomendó implantar prácticas de reducción de la generación de desechos, aumento del reciclaje y el reúso de los residuos y disposición de los mismos de forma ambientalmente segura. Establece el capítulo 21 de la Sección II (Conservación y Gestión de los Recursos para el Desarrollo) sobre la Gestión Ecológicamente Racional de los Desechos Sólidos⁸:

⁶ CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1.999a.

⁷ Este apartado está en base a Martínez Arce *et al*, 2010.

⁸ United Nations Environmental Programme (UNEP), Agenda 21. [<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=52&ArticleID=69&I=en>].

21.5. En consecuencia, el marco de la acción necesaria debería apoyarse en una jerarquía de objetivos y centrarse en las cuatro principales áreas de programas relacionadas con los desechos, a saber:

- a) Reducción al mínimo de los desechos;
- b) Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racionales de los desechos;
- c) Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racionales de los desechos;
- d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos.

21.6. Como las cuatro áreas de programas están correlacionadas y se apoyan mutuamente, deberán estar integradas a fin de constituir un marco amplio y ecológicamente racional para la gestión de los desechos sólidos municipales. La combinación de actividades y la importancia que se dé a cada una de esas cuatro áreas variarán según las condiciones socioeconómicas y físicas locales, las tasas de generación de desechos y la composición de éstos. Todos los sectores de la sociedad deberían participar en todas las áreas de programas.

El enfoque integral mencionado, consiste en diseñar programas de manejo de residuos sólidos que contemplen la jerarquización de objetivos de cuatro áreas de acción consideradas en el programa:

- Promoción del tratamiento y disposición final
- Expansión de la cobertura de recolección
- Minimización de la generación de residuos
- Maximización del reusó y el reciclaje ambientalmente adecuado

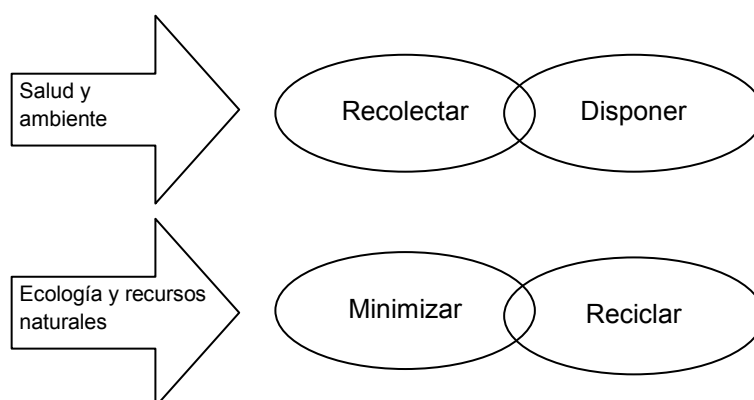
El gráfico que se incluye a continuación es una representación de las cuatro áreas del programa del capítulo 21 (véase el diagrama 2). Es conveniente destacar que, para los países en desarrollo, las áreas de recolección y disposición son muy importantes pues aún no se ha logrado una cobertura universal y además son las dos áreas que tienen influencia directa sobre la salud pública y la contaminación ambiental.

Los países desarrollados, en cambio tienen una cobertura casi universal por lo que sólo deben concentrarse en mantener la cobertura y mejorar la calidad. Estos países lógicamente ponen mucho más empeño en los programas de minimización y reciclaje. Los países en desarrollo recién comienzan a experimentar algunas actividades, generalmente a nivel local y sólo en unas pocas ciudades o a menudo únicamente en sectores de las ciudades.

Las dos últimas áreas se relacionan más con la conservación de los recursos naturales y energía. Por ello en algunos países han surgido grupos de personas que exigen que se ponga mayor atención a estos puntos, a veces pidiendo que se adopten programas y metas parecidos a los de los países desarrollados sin tomar en cuenta que aún se tienen problemas de cobertura de los servicios básicos de recolección y disposición final.

Se generaron avances durante los años subsiguientes a la Conferencia de Río, donde los gobiernos, el sector privado y las comunidades de ALC comenzaron a establecer políticas, programas y planes nacionales conjuntos en que los operadores de los servicios y la comunidad desempeñaban un papel fundamental para alcanzar el manejo adecuado de los residuos sólidos. Ya en aquel entonces se podía observar un sector de residuos sólidos caracterizado por la falta de un marco rector y regulador acorde con el contexto internacional de la época y con prestadores de los servicios que presentaban debilidades institucionales, gerenciales y financieras evidentes, debido en gran parte al escaso apoyo nacional, regional y local, lo que se traducía en un desempeño en calidad y cobertura similar a la mostrada por los operadores de sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales e inferior a la presentada por los prestadores de servicios de energía y agua (Martínez Arce *et al*, 2010).

Diagrama 2
Las cuatro áreas del programa del capítulo 21



Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1.999a.

Veinte años después, se observa una mayor concienciación de la importancia del buen manejo de los residuos y avances en la cobertura de los servicios de limpieza, recolección y disposición final. Sin embargo, las actividades de reducción, recuperación, reciclaje y aprovechamiento todavía son incipientes en América Latina y el Caribe. Además, persisten amplias diferencias entre países, ciudades de diferentes tamaños y áreas de una misma ciudad, una situación que perjudica sobre todo a la población pobre (ONU-HABITAT, 2012).

La escasez de recursos financieros, humanos y tecnológicos son un obstáculo frecuente para la buena gestión de los desechos. No obstante, se puede mejorar notablemente esta actividad y contribuir a ciudades más limpias, saludables y sostenibles ambientalmente con una mayor planificación y con estrategias encaminadas a cubrir todos los aspectos del ciclo de los residuos (ONU-HABITAT, 2012).

B. Panorama actual de la generación de residuos sólidos en América Latina y el Caribe

La región de América Latina y el Caribe es la más urbanizada de los países en desarrollo, con alrededor de un 80% de su población viviendo en áreas urbanas. La región continuará urbanizándose alrededor de las próximas dos décadas, cuando la proporción de la población urbana alcanzará un 85%, y para el año 2050 llegará a casi un 90% (Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 2009). Se estima que esta tendencia continuará incrementándose en el tiempo, siendo las megaciudades los espacios que concentrarán preferentemente los mayores niveles de crecimiento de la población. El crecimiento de la población urbana en espacios específicos se asocia a mayores demandas por equipamiento e infraestructura, lo que implica un cambio sustantivo en su desarrollo.

Según el “Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010” (Martínez Arce *et al*, 2010), la generación de residuos sólidos es el indicador más importante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos servicios del manejo de residuos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos (especialmente es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de recolección y disposición final). Su cuantía varía entre las distintas localidades de acuerdo a una serie de factores que influyen en su determinación, tales como desarrollo económico, nivel de ingreso, sectores de actividad predominantes, patrones de consumo, cantidad de población de la localidad, grado de urbanización y densidad poblacional, entre otros.

La evaluación regional (Martínez Arce *et al.*, 2010) estimó que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en ALC llega a 0,63 kg/hab/día, mientras que la de residuos sólidos urbanos (RSU) asciende a 0,93 kg/hab/día. Los indicadores per cápita obtenidos para la región implican una generación urbana diaria aproximada de 295.000 ton de RSD y 436.000 de RSU. Para observar los indicadores de generación de RSD y RSU obtenidos para los distintos países de ALC intervinientes en el estudio (véase el cuadro 1).

Cuadro 1
Generación per cápita de RSD y RSU en América Latina y el Caribe
(Kg/hab/día)

País	Micro		Pequeño		Mediano		Grande		Mega		País	
	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU
Argentina	0,66	0,92	0,68	1,06	0,8	1,02	0,78	1,41	..	..	0,77	1,15
Belice	-	-	-	-	-	-	-	-	..	..	-	-
Bolivia (Estado Plurinacional de)	0,27	0,29	0,4	0,43	0,45	0,48	0,51	0,55	..	..	0,46	0,49
Brasil	0,49	0,87	0,54	0,86	0,66	0,85	0,78	1,31	0,91	1	0,67	1
Chile	0,75	1,28	0,76	1,43	0,8	1,21	0,86	1,12	..	..	0,79	1,25
Colombia	0,41	0,48	0,4	0,55	0,56	0,57	0,59	0,66	0,73	0,82	0,54	0,62
Costa Rica	-	1,21	-	0,75	-	0,89	-	1,2	..	..	-	0,88
Ecuador	0,41	0,54	0,45	0,66	0,59	0,68	0,73	0,85	..	..	0,62	0,71
El Salvador	0,3	0,48	0,42	0,64	0,58	0,94	0,58	1,74	..	..	0,5	0,89
Guatemala	0,36	-	0,42	0,5	0,52	0,62	0,5	0,62	..	..	0,48	0,61
Guyana	-	-	-	-	-	-	-	-	..	..	-	-
Honduras	0,27	-	0,37	-	0,67	-	0,94	-	..	..	0,61	-
Jamaica	0,6	-	0,64	-	0,83	-	0,95	-	..	..	0,71	-
México	0,32	0,53	0,47	0,78	0,49	0,83	0,75	1,1	0,65	1,34	0,58	0,94
Nicaragua	-	-	0,7	-	0,57	-	1	-	..	..	0,73	-
Panamá	0,46	0,54	0,57	1,11	0,59	0,96	0,5	1,6	..	..	0,55	1,22
Paraguay	0,63	0,72	0,63	0,86	0,72	1,02	0,83	1,28	..	..	0,69	0,94
Perú	0,33	0,53	0,41	0,63	0,51	0,67	0,48	0,85	0,43	0,81	0,47	0,75
República Dominicana	-	-	0,9	1	0,75	1,01	0,9	1,2	..	..	0,85	1,1
Uruguay	0,72	0,85	0,67	1,07	0,46	0,81	0,88	1,22	..	..	0,75	1,03
Venezuela (República Bolivariana de)	-	0,5	0,77	0,78	0,51	0,75	0,82	1,08	..	..	0,65	0,86
ALC	0,45	0,75	0,53	0,8	0,61	0,84	0,74	1,14	0,73	1,01	0,63	0,93

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010 [En línea] <<http://www6.iadb.org/residuos/infogeneral/Acerca.bid>> [Fecha de consulta: 03 de enero 2013].

Nota: Micro: ≤15.000 habitantes; Pequeño: 15.001 - 50.000 habitantes; Mediano: 50.001 - 300.000 habitantes; Grande: 300.001 - 5.000.000 habitantes; Mega > 5.000.000 habitantes.

- Información no disponible.

.. Sin población de ese tamaño.

RSD: residuos Sólidos Domiciliarios; RSU: residuos Sólidos Urbanos o Municipales.

Así mismo, los valores de RSU estimados en América Latina y el Caribe (ALC) son inferiores a las cifras de generación per cápita de RSU de varios países desarrollados de Europa y de Estados Unidos, como se muestra en el Cuadro 2.

Los indicadores de generación de RSD y RSU de los distintos países presentan valores que oscilan entre los estimados para Bolivia (0,46 Kg/hab/día y 0,49 Kg/hab/día respectivamente) y los presentados por Chile (0,79 kg/hab/día y 1,25 kg/hab/día para RSD y RSU respectivamente). En general, las tasas de generación calculadas guardan relación directa con indicadores de actividad, tamaño poblacional y desarrollo de los distintos países.

Cuadro 2
Generación de RSU per cápita de países de Europa, Estados Unidos y América Latina y el Caribe

Países/Región	Kg/hab/día
Estados Unidos	2,008
Suiza	1,95
Alemania	1,59
España	1,59
Reino Unido	1,56
Italia	1,51
Francia	1,48
Suecia	1,42
América Latina y el Caribe	0,93

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010, e información en línea de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) [En línea] <http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-factbook-2010/municipal-waste_factbook-2010-64-en>.

1. Recolección y disposición

Es posible visualizar que la región presenta una alta cobertura de recolección de desechos, donde el 93,4% de la población urbana dispone del servicio.

Cuadro 3
Países de América Latina y el Caribe^a: modalidades de prestación del servicio de recolección por tamaño de población
(Porcentaje de población cubierta)

Modalidades	Micro	Pequeño	Mediano	Grande	Mega	Grupo
Servicio municipal	61,3	71	50,7	30,2	21,7	47,4
Contrato de servicios	25,7	17,6	39,8	58	78,1	42,3
Cooperativas	0,3	0,4	2,1	7,6	0,2	3,1
A cargo del gobierno central	0,9	0,3	0,1	0,2	- ^b	0,6
Cobertura de recolección	88,2	89,3	92,7	- ^b	100	93,4

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010.

^a Argentina, Belice, Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y República Bolivariana de Venezuela.

^b Sin población de ese tamaño cantidad de habitantes: Micro: ≤ 15.000 Pequeño: 15.001-50.000 Mediano: 50.001-300.000 Grande: 300.001-5.000.000 Mega: > 5.000.000.

Para alcanzar una cobertura total de recolección en la región es necesario ampliar el servicio en las áreas urbanas precarias, en las ciudades con poca capacidad financiera y en los países más rezagados. Para ello, hay que partir del análisis de las condiciones locales y considerar esquemas innovadores de pequeña escala donde sea necesario. Esto involucra ajustes en los equipamientos de recolección (por ejemplo, camiones de menor tamaño o mecanismos no motorizados y manuales para áreas de difícil acceso), plantas de transferencia descentralizadas y sistemas asociativos basados en el reconocimiento e integración de quienes ya están desarrollando esta actividad en los territorios sin tener un reconocimiento oficial (ONU-HABITAT, 2012).

En lo que respecta a la disposición final en la región (véase el Cuadro 4), los residuos generados por un 54,4% de la población urbana son depositados en un relleno sanitario, la técnica más sostenible, en los ámbitos ambiental y sanitario; los desechos de un 18,5% de los ciudadanos terminan en vertederos controlados, una opción que, sin ser ideal, evita los botaderos clandestinos. Los vertederos a cielo abierto reciben los residuos del 23,3% de la población, lo que deriva en enormes riesgos sanitarios e impactos ambientales. Además, en algunos países todavía se practica la quema a cielo abierto (2%) y otras formas

de disposición final (1,8%), donde los residuos son desechados directamente a los cuerpos de agua o usados como alimentos para los animales, entre otros.

Cuadro 4
Países de América Latina y el Caribe^a: formas de disposición final por tamaño de población, disposición por población
(En porcentajes)

Formas de disposición	Micro	Pequeño	Mediano	Grande	Mega	Grupo
Relleno sanitario	33,4	34,4	49,3	73,7	78,3	54,4
Vertedero controlado	7,0	10,4	25,6	18,7	21,7	18,5
Vertedero a cielo abierto	51,3	46,5	22,2	6,3	^b	23,3
Quema a cielo abierto	3,6	7,1	0,8	0,0	^b	2,0
Otras formas (cuerpos de agua, alimento de animales, etc.)	4,7	1,5	2,1	1,3	^b	1,8

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010.

^a Argentina, Belice, Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y República Bolivariana de Venezuela.

^b Sin población de ese tamaño cantidad de habitantes: Micro: ≤ 15.000 Pequeño: 15.001-50.000 Mediano: 50.001-300.000 Grande: 300.001-5.000.000 Mega: > 5.000.000.

Las cifras mostradas, aunque alentadoras (debido a que la utilización de rellenos sanitarios se ha incrementado gracias a la política ambiental y a las normativas que exigen los países de la región), a su vez reflejan el importante déficit de infraestructura y la falta de control en la disposición. Todavía en muchas ciudades de América Latina y el Caribe, la disposición de residuos sólidos se ha realizado usando los vertederos no controlados y a cielo abierto, donde, estos métodos no son los más adecuados, ya que no solo han contaminado al medio ambiente, sino que han ocasionado serios impactos ecológicos, paisajísticos y a las poblaciones aledañas.

Cambios en los marcos institucionales, legales y financieros tienen un impacto directo en la mejora de la disposición final. En El Salvador, por ejemplo, el gran avance en disposición en rellenos sanitarios obedeció a una combinación de instrumentos legales y medidas de estricto cumplimiento, incluido el desarrollo de mancomunidades para la regionalización de la infraestructura. La cooperación entre municipalidades es fundamental si se consideran las economías de escala, los patrones de expansión urbana y las tendencias a la conurbación (ONU-HABITAT, 2012).

2. Reciclaje y aprovechamiento

Los países de América Latina y el Caribe aún no han superado la visión tradicional de recolectar, transportar y disponer los residuos en el exterior del casco urbano. Muy pocos países tienen plantas formales para la segregación y reciclado de los residuos. El reciclaje formal representa poco más del 2% de los residuos municipales (OPS, 2005 y Martínez Arce *et al*, 2010). La actividad está estrechamente ligada a la informalidad y la inseguridad sanitaria, y está basada fundamentalmente en el valor económico de materiales que ya tienen demanda en el mercado (papel, cartón, latas y vidrio) (ONU-HABITAT, 2012).

Según estimaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), aproximadamente 400.000 habitantes de la región trabajan en el sector informal de los residuos, en su gran mayoría, población que vive en extrema pobreza. En algunos países, se observan iniciativas de inclusión del sector informal, como el caso de Santiago de Surco (Perú) (véase el Recuadro 1). También existen proyectos de asociación público-privada para la recuperación y reciclaje, como es el caso de Cuenca (Ecuador) (véase el recuadro 2). A pesar de estas experiencias, hacen falta más iniciativas que tengan en cuenta la necesidad de incluir a los actores informales y el potencial económico de la actividad.

Recuadro 1
Buenas prácticas para la inclusión social, el caso de Santiago de Surco, Perú

En el 1996, la administración distrital adoptó un conjunto de acciones para mejorar el servicio de recolección de los residuos: se pasó a la gestión directa de todos los componentes del servicio, incluso aquellos que hasta ese momento habían sido encomendados a terceros. El servicio incrementó sus niveles de eficiencia y la participación de los vecinos aumentó sensiblemente. En el año 2000, el mismo año en que hubo la entrada en vigor de la *Ley General de residuos Sólidos*, y se lanzó una vasta campaña de sensibilización de los vecinos, denominada “En Surco la Basura Sirve”, que apuntaba a fomentar una más grande sensibilidad y un más profundo interés hacia el tema de la cantidad de residuos generada en el distrito y hacia la necesidad de adoptar una posición de mayor responsabilidad. Paralelamente a la campaña de sensibilización, se inició también el “Programa de Segregación en Origen”, a través del cual, a lado del tradicional servicio de recolección de la basura, en el distrito se empezó a realizar la separación entre residuos reciclables y no reciclables.

A partir de una voluntad política, fruto también del nuevo marco legal y de la nueva visión que se iba afirmando en aquellos años, en Santiago de Surco se ha puesto en marcha un proceso, todavía en curso, que a través de innovaciones de tipo técnico, organizativo, comunicacional y social, ha llevado a un nuevo sistema de gestión integrada de los residuos sólidos urbanos. Este nuevo sistema, tiene un impacto también en términos de inclusión de las capas más marginadas de la población y de construcción de la ciudadanía activa.

El impacto del programa concerniente a la inclusión social es más modesto del que se presenta para otros aspectos de la vida ciudadana. Esto se debe, sobre todo, a las características del distrito que es de clase medio-alta, en el cual los problemas de marginalidad social son relativamente limitados. Por ejemplo, en Santiago de Surco el fenómeno de los captadores informales de residuos reciclables no se advierte mucho y la mayoría de los informales llegan de otros distritos del área metropolitana de Lima. La política de la administración es de formalizar, reprimir y erradicar este fenómeno, para evitar problemas con las actividades del servicio de recolección, para evitar que los vecinos tengan problemas y más simplemente para aplicar la Ley. La idea es que la informalidad conlleve, por un lado, la falta de control sobre lo que se recicla o se reutiliza, por ejemplo, vendiéndolo por la calle; por el otro, no se reciclan ciertos objetos que se podrían recuperar.

Sin embargo, existe una pequeña cuota de trabajadores informales que sí se logró legalizar. En la planta piloto de EMUSSA (Empresa Municipal Santiago de Surco S.A) trabajan 20 personas por turno y hay una rotación continua del personal. Alrededor de la mitad de estos trabajadores fueron en su momento recolectores informales, que se ha incorporado al sistema y han podido mejorar mucho sus condiciones de trabajo. Por un lado, estos trabajadores han aumentado la seguridad laboral y ya no están a contacto con materiales contaminantes. Por otro lado, los trabajadores ganan un salario regular y bastante mayor del que se gana trabajando por la calle (los trabajadores informales llegan a ganar 2.5 dólares al día, a la vez que en la planta el salario básico es de 250 dólares por mes). Por estas razones, los antiguos informales entendieron que es mejor trabajar oficialmente. Además, este aspecto es otro elemento que contribuyó al proceso de acercamiento de las familias de menores recursos, de donde llegan los trabajadores informales, al programa.

Como en otros servicios municipales, también en la planta piloto de separación se realizan intentos de inserción laboral de personas con discapacidad mental. Otro aspecto importante es la formación. Todos los jóvenes que están colaborando en el programa de segregación en origen como capacitadores ambientales atendieron a cursos de formación y pudieron aumentar sus competencias profesionales. Un elemento fundamental es la producción del *tectán*, que se obtiene a partir del tratamiento del Tetra Pack. La materia prima que se obtiene es utilizada para la fabricación de muebles para las escuelas públicas y los comedores populares, es decir servicios utilizados por los estratos de menores recursos.

Fuente: Conato, D. y Apollo, S., (2010), “La gestión integrada de los residuos sólidos municipales. Dos modelos latinoamericanos”, Centro Studi di Politica Internazionale (CeSPI), Ayuntamiento de Arezzo, Italia, julio.

Recuadro 2
Las corporaciones de recicladores en Cuenca, el caso de Cuenca, Ecuador

Cuenca es la tercera ciudad del Ecuador por número de habitantes después de Guayaquil y Quito. A mediados de los años noventa, la Municipalidad de Cuenca empezó a actuar para establecer un sistema de gestión de la basura más eficiente y transparente. La creación de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) a final del año 1998 representó una novedad en el ámbito de las políticas para la gestión integrada de los residuos: con esta decisión la municipalidad delegó muchas funciones a una empresa autónoma de propiedad municipal. Los servicios de barrido y limpieza de las calles, la recolección, el transporte y el tratamiento de la basura, el manejo de escombros, la producción de compost y humus y, últimamente, el mantenimiento y recuperación de las áreas verdes y el manejo de la fauna silvestre, son responsabilidad de EMAC.

La operación comunitaria y de microempresas es una de las formas de participación privada en la gestión de los residuos. El manejo de los residuos es operado por miembros de la comunidad, a través de organizaciones, cooperativas o microempresas con la coordinación o no del gobierno local (Acurio et al, 1998).

La Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca (ARUC) y la Asociación de Recicladores de El Valle (AREV), son dos organizaciones comunitarias de derecho privado, basadas en principios de servicio a la comunidad. Ambas entidades tienen como finalidad el mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo de sus socios. Las dos corporaciones, que están constituidas por familias que se dedican a la recolección y venta de materiales reciclables colaboran, junto con los recicladores independientes, con la EMAC en el sistema de reciclaje de Cuenca. A marzo de 2010 las corporaciones ARUC y AREV cuentan con total de 67 socios. Nacida en el año 1998 con el apoyo de varias instituciones nacionales e internacionales —Municipalidad de Cuenca, Instituto Nacional del Niño y de la Familia, CARE Internacional, Grupo Ecológico Pachamama— la ARUC, es una organización integrada por mujeres que se ocupan de recolectar los materiales reciclables en diferentes áreas de la ciudad de Cuenca. La misión de ARUC es: “mejorar la calidad de vida de las familias de los recicladores, a través del compromiso y participación activa en el fortalecimiento de sus capacidades y la generación de trabajo; con igualdad de oportunidades para todos sus socios”. La corporación ARUC forma parte de la Red Nacional de Recicladores del Ecuador RENAREC entidad que agrupa muchas organizaciones de recicladores del país.

En el momento en que la Municipalidad de Cuenca empezó a depositar los desechos en el basurero de El Valle, muchas familias del sector vieron en la basura una posible fuente de trabajo para responder a algunas de sus necesidades y aumentar los ingresos. Fue así que en el año 1986 nació la Asociación de Minadoras de El Valle, la cual con la ayuda de la municipalidad y de otras instituciones se llamaría después AREV. La misión de la corporación es de ofrecer iguales oportunidades y servicios que permiten el desarrollo personal y el mejoramiento de la calidad de vida de sus familias, a través de la generación de proyectos productivos.

Para el caso del aprovechamiento de residuos a través del compostaje, es posible decir que pese a que la materia orgánica representa un alto porcentaje de los residuos sólidos en la región, las prácticas de compostaje no se encuentran proporcionalmente desarrolladas. En general, la falta de guías para la aplicación de tecnologías apropiadas para la región y la falta de estándares de calidad para el producto final conspiran contra su progreso (OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010).

A pesar de esta situación, es alentador mostrar experiencias como la de la Dirección de Gestión Ambiental (DIGA) en la comuna de La Pintana, en el sur de Santiago de Chile. Cabe destacar que a través de los programas de compostaje y lombricultura, ellos reducen 30 ton/día de las 150 ton/día generadas en la comuna (20%). Este programa de compostaje está inserto dentro de la gestión integrada de residuos que parte de la recolección selectiva y donde la educación de la comunidad, el reciclado, la recuperación de energía y el compostaje poseen roles protagónicos (véase el anexo 2).

3. Marco institucional, prestación del servicio y sostenibilidad financiera⁹

Desde el año 2000, la región ha logrado avances considerables en políticas y normativas relativas a la gestión de los residuos sólidos. En numerosos países, se han adoptado leyes o planes nacionales sobre residuos sólidos que incluyen criterios de sostenibilidad financiera y ambiental. Sin embargo, la

⁹ Apartado en base a ONU-HABITAT, 2012.

planificación y los sistemas de control todavía muestran debilidades y el cumplimiento de la normativa tropieza frecuentemente con la escasez de recursos (Martínez Arce *et al*, 2010).

La gestión de los RSU está normalmente a cargo de los municipios —la principal excepción es el Caribe, donde es una responsabilidad nacional—, pero diversas entidades en distintos niveles de gobierno tienen competencias relacionadas con el sector. La falta de claridad en las responsabilidades de ministerios y otras instituciones es frecuente y se traduce en perspectivas y prioridades divergentes.

El “Informe de la Evaluación Regional del Manejo de residuos Sólidos Urbanos en ALC” (Martínez Arce *et al*, 2010) llevada a cabo en 2010 mostró que solo el 19,8% de los municipios contaba con un plan de gestión de residuos sólidos (véase el Cuadro 5). Las carencias más fuertes se observaron en los municipios con menos de 15.000 habitantes. Un problema adicional es que la existencia de un plan no siempre significa una mejora notable del sector si el municipio no tiene suficiente capacidad para implementar lo establecido.

Cuadro 5
Países de América Latina y el Caribe^a: municipios con planes de manejo de residuos sólidos por tamaño de población

	Micro	Pequeño	Mediano	Grande	Mega	Grupo
Porcentajes (%)	13,8	18,5	43,5	51,9	25	19,8

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010.

^a Argentina, Belice, Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y República Bolivariana de Venezuela.

Cantidad de habitantes: Micro: ≤ 15.000 Pequeño: 15.001-50.000 Mediano: 50.001-300.000 Grande: 300.001-5.000.000 Mega: > 5.000.000.

Las formas para la prestación del servicio en las ciudades de la región son variadas y suelen depender de la actividad. En general, el barrido de las calles, la recolección y transporte de desechos, que no requieren una alta especialización, son realizadas por los municipios, mientras que la disposición y aprovechamiento, que exigen maquinaria y tecnologías modernas, tienden a estar a cargo de empresas privadas.

Pocos países disponen de información sistemática que posibilite un análisis financiero del servicio. El costo promedio de la recolección, traslado y tratamiento de basura en la región ha sido estimado en casi 67 dólares por tonelada (Martínez Arce *et al*, 2010). Para tener una perspectiva general de los costos unitarios de los servicios por tamaño de población. (véase el cuadro 6).

Cuadro 6
Países de América Latina y el Caribe^a: costo de los servicios por tamaño de población

Servicios	Micro	Pequeño	Mediano	Grande	Mega	Grupo
Barrido (US\$/Km)	7,99	12,67	23,55	37,5	24,19	24,89
Recolección (US\$/Ton)	36,84	27,6	31,12	38,17	78,08	34,22
Transferencia (US\$/Ton)	^b	30,72	20,63	7,15	14,68	12,01
Disposición final (US\$/Ton)	20,42	20,27	22,82	17,07	5,28	20,43

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID, 2010.

^a Argentina, Belice, Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y República Bolivariana de Venezuela.

^b Información no disponible

Cantidad de habitantes: Micro: ≤ 15.000 Pequeño: 15.001-50.000 Mediano: 50.001-300.000 Grande: 300.001-5.000.000 Mega: > 5.000.000.

Se calcula que la limpieza urbana consume entre el 15 y el 20% de los presupuestos municipales en la región (ONU-HABITAT, 2012). Un problema es que la cultura de cobro es muy débil, puesto que el número de municipios que lo factura no llega al 65% (Martínez Arce *et al*, 2010).

Las municipalidades recuperan entre el 40 y el 50% de los costos (Martínez Arce *et al*, 2010) y cubren el resto con ingresos por otros conceptos, como el impuesto predial, y con las transferencias de los gobiernos nacionales o subnacionales (Terraza, 2009a). Tampoco suele haber una partida presupuestaria claramente asignada al sector ni un control sobre el uso de lo recaudado, como si ocurre en Perú, donde por ley, los ingresos por este servicio están exclusivamente destinados a cubrir los gastos del rubro.

En esas condiciones, estimar tarifas, planificar el servicio, asignar recursos o establecer un punto de equilibrio financiero es tarea casi imposible. Una de las prioridades debería ser, por tanto, el desarrollo de sistemas de tarifas adecuados y el fomento de una cultura de cobro y pago.

Los servicios de recolección, transferencia y transporte, la creación de infraestructuras, la operación de rellenos sanitarios y el aprovechamiento de los residuos son actividades que normalmente requieren economías de escala para ser financieramente viables. Existen fórmulas para incrementar la viabilidad, como la asociación entre municipios, las asociaciones público-privadas y la aplicación de proyectos de mecanismos de desarrollo limpio.

La participación social es central para mejorar la gestión y se puede ampliar con un adecuado marco legal nacional y local. Los servicios de residuos sólidos se apoyan actualmente en actores que operan en el sector formal e informal; algunos están organizados y otros actúan de manera individual. Por sus condiciones de extrema vulnerabilidad, es fundamental la integración de los trabajadores informales, con criterios de inclusión social y económica.

Así, para una gestión adecuada, es necesario adoptar un enfoque integral, adaptando los actuales modelos administrativos, tecnológicos y de aprovechamiento económico a las circunstancias de cada contexto local. Para ello, es fundamental un conocimiento más profundo de la situación en los municipios mediante un mayor desarrollo de los sistemas de indicadores.

C. Gestión integral de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas (Tchovanoglous *et al*, 1994).

Dentro de su ámbito, la gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones, la conservación, así como, la ingeniería y la ciencia de los materiales.

Los problemas asociados a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual son complejos (por ej. cantidad y naturaleza diversa de los residuos, desarrollo de zonas urbanas dispersas, limitaciones de fondos para los servicios públicos, impactos de la tecnología, entre otros), y en consecuencia, si la gestión de residuos sólidos ha de realizarse de una forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados debiesen ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y a su vez, ser comprendidos de forma clara.

Así, y respondiendo a este planteamiento, todas las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos deben promover la aplicación de una estrategia jerarquizada, la cual señala la siguiente prioridad: evitar, minimizar, tratar y disponer. Este orden significa que, desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa es prevenir, evitando la generación de un residuo. En segundo lugar, si no es posible evitar su

generación, se debe buscar su minimización (concepto de 3R¹⁰). En tercer término, si no es posible minimizar se debe buscar su tratamiento (con el objetivo de reducir cantidad y/o peligrosidad antes de su disposición final) y por último, la disposición final del residuo (CONAMA, 2005). De acuerdo a lo que se ha planteado, es muy importante entonces, que para la toma de decisión de cómo gestionar un residuo, siempre será necesario considerar la estrategia jerarquizada, junto con los aspectos económicos y sociales asociados.

1. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)

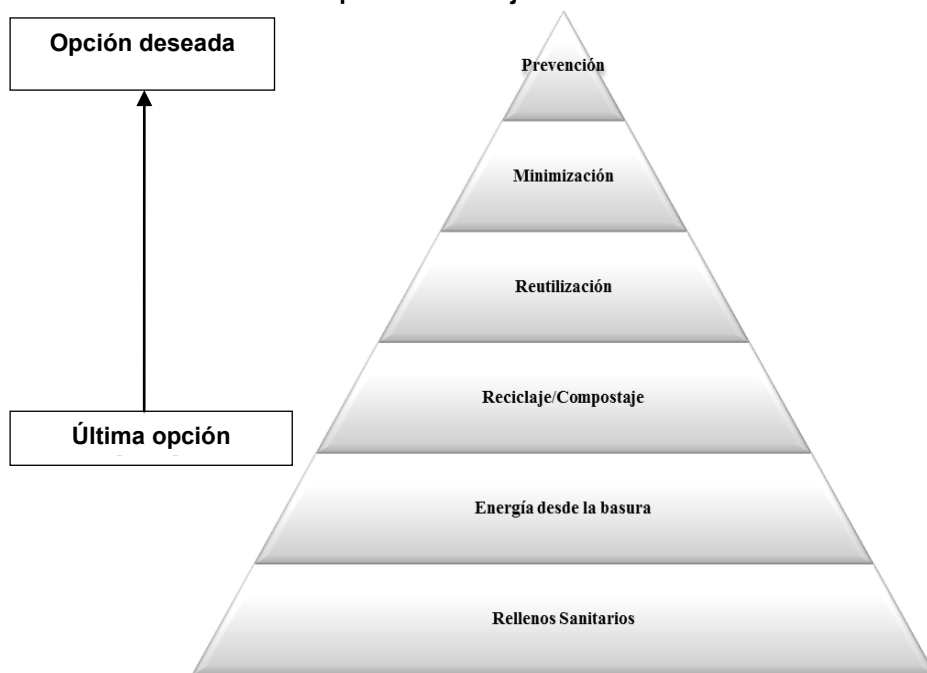
Un plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) abarca todas las etapas del manejo de residuos sólidos, así como los aspectos técnicos, ambientales, económicos, institucionales y legales que le son afines. El PGIRS surge ante la necesidad de solucionar los problemas ambientales y el impacto negativo de los residuos sólidos urbanos en los cuerpos de agua y en los sistemas de saneamiento.

a) Principios rectores del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)

Para desarrollar un PGIRS, éste se debe basar en principios rectores, los cuales son internacionalmente utilizados para el manejo de los residuos, entre ellos son: el principio de jerarquía en la gestión de residuos; principio de gestión integrada; responsabilidad extendida del productor; los instrumentos económicos; y, reducción de los residuos peligrosos. Todos estos principios rectores serán explicados a continuación.

Principio de jerarquía en la gestión de residuos: el primer propósito de la gestión integral es evitar la generación; si no es posible evitar, se debe procurar la minimización utilizando el concepto de las 3R's¹¹ (reducir, reutilizar, reciclar), por lo tanto, si esta minimización no es posible, entonces se debe plantear el tratamiento, y sólo cuando el tratamiento no sea factible, se debe recién pensar en la disposición final.

Diagrama 3
Jerarquía en el manejo de residuos sólidos



Fuente: En base a Peterson, 2009.

¹⁰ Se explicará este concepto en Principio de Jerarquía en la Gestión de residuos.

¹¹ Rescatando el concepto de las 4R's introducido por la Dra. Maathai, premio Nobel de la Paz en 2004, se añadiría "reparar", el cual revela que si se pueden reparar los materiales dañados, entonces no sería necesario reciclarlos.

De manera resumida, es posible visualizar lo siguiente (adaptado de Programa CYMA, 2008):

- i) Evitar la generación de residuos desde el origen.
- ii) Reducir al máximo la generación de residuos desde el origen.
- iii) Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otra paralela.
- iv) Valorizar los residuos por medio de la recuperación energética, el reciclaje o el co-procesamiento, entre otros.
- v) Tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final.
- vi) Disponer la menor cantidad de residuos.

Principio de gestión integrada: Indica que para un manejo adecuado de los residuos se requiere el conjunto de tareas e infraestructuras tomando en cuenta que una única infraestructura no es capaz de lograr gestionar la complejidad del manejo de los diferentes residuos. Una gestión avanzada consiste en actividades coordinadas dentro de todos los niveles y áreas responsables del manejo de residuos para lograr una gestión que funciona adecuadamente y posibilitar la mejora continua del sistema (FICHTNER -LKSUR Asociados, 2005).

Responsabilidad extendida del productor: Los fabricantes, importadores y distribuidores de productos tienen la responsabilidad sobre los impactos ambientales de su producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, impactos del proceso de producción de los mismos, así como los impactos relativos al uso y la disposición de éstos (Programa CYMA, 2008). Este principio elemental no es sino la concreción práctica del viejo y evidente dicho “quien contamina paga”.

Los instrumentos económicos: Los instrumentos económicos que se puedan aplicar para conseguir mejorar la gestión de los residuos deben permitir generar incentivos que apoyen y promuevan la producción limpia y sostenible, la minimización de los residuos y proyectos innovadores de gestión integral (FICHTNER-LKSUR Asociados, 2005).

La utilización de instrumentos económicos se destaca cada vez más como una herramienta para disminuir la envergadura del problema de la gestión de los residuos sólidos y mejorar los servicios de recolección y disposición de ellos. Tanto en la literatura sobre políticas como sobre economía ambiental, la frase *instrumento económico*, en general, se utiliza para denominar una política, herramienta o acción cuyo propósito es afectar el comportamiento de los agentes económicos mediante el cambio de los incentivos financieros, a fin de mejorar la relación costo-eficacia de los esfuerzos por proteger el medio ambiente (control de la contaminación y evasión) (BID, 2003).

Los instrumentos económicos pueden compararse con las acciones de ‘comando y control’ que más directamente actúan mediante las normas, reglamentos y sanciones para prescribir tanto las normas que deben seguir los agentes económicos como las decisiones respecto de qué, cómo, cuándo, dónde y cuánto producir, emitir y tratar. Los aspectos fundamentales de los instrumentos económicos destacados por la literatura sobre políticas y economía ambiental son (a) la naturaleza más flexible y no prescriptiva, ya que las acciones requeridas pueden permitir reducir los costos y cumplir con la normativa ambiental, y (b) los incentivos dinámicos que permiten reducir de manera rentable la generación de daños ambientales mediante la innovación técnica en el control de la contaminación y la evasión (BID, 2003).

Se pueden proponer algunas taxonomías a fin de categorizar los instrumentos económicos dentro del área de los residuos sólidos. (véase el recuadro 3).

Recuadro 3**Instrumentos económicos para la gestión de los residuos sólidos****Instrumentos que generan ingresos**

1. El instrumento económico más básico para esta actividad son los diversos tipos de **tarifas de usuario** por la provisión de los servicios de recolección, transporte y disposición final, incluso los impuestos cobrados con ese objetivo por los distintos niveles de gobierno.

2. Dentro de esta categoría, una segunda variante de instrumento son los distintos tipos de **impuestos orientados a la “internalización” de las externalidades asociadas a la producción y disposición de residuos**. Los impuestos unitarios sobre productos finales e insumos (materias primas vírgenes o peligrosas) pueden compensar la dificultad de aplicar tarifas directas sobre los usuarios y proporcionar fondos para el financiamiento de los servicios de recolección y disposición de residuos. Otros ejemplos que pertenecen a esta categoría incluyen los impuestos que contemplan la contaminación residual del agua, el aire y el suelo en los predios utilizados para la disposición de residuos.

3. Las reducciones en los subsidios, que disminuyen los incentivos y generan o disponen de manera **inadecuada de los residuos**, tienen un impacto similar (y en la práctica también incrementan el flujo de ingresos).

Instrumentos que proporcionan ingresos

4. En esta categoría, los distintos tipos de subsidios son la política general. **Buscan directamente recompensar el comportamiento deseado (la reducción de residuos, mejorar la gestión, o el reciclado) más que penalizar el comportamiento que se desea desalentar**. Los subsidios pueden ser pagos directos, reducciones en los impuestos u otros cargos, acceso preferencial al crédito, o transferencias en especie, como por ejemplo la provisión de tierra u otros recursos. Obviamente, estos instrumentos tienden a reducir los ingresos que de otro modo estarían disponibles para las autoridades.

Instrumentos que no generan ingresos

5. Los **programas de reembolso de depósitos combinan el efecto incentivo de las tarifas** (cuando se compra un producto y se hace el depósito) **y los subsidios** (cuando un producto se devuelve o se lo trata adecuadamente y se reembolsa el depósito) para la gestión de los residuos sólidos.

6. Otras políticas que crean incentivos pueden incluir leyes de responsabilidad y fianzas por incumplimiento (que incrementan el costo financiero del tratamiento y la disposición de residuos irresponsable); divulgación del comportamiento (cuando la información respecto de la conducta de quien trata o produce residuos afecta la reputación pública); y la educación pública general (para cambiar la demanda por mejorar ambientalmente la gestión de los residuos).

7. **La creación o facilitación de los mercados es una medida relevante para todos los sectores involucrados en el ciclo del producto y de los residuos**. Las políticas para promover mercados más competitivos dentro de los servicios de gestión de los residuos, en lugar de la habitual gestión pública directa, pueden cambiar el incentivo hacia la participación en la provisión de servicios, el incentivo del público de confiar en los servicios, y la situación fiscal de la autoridad pública. La experiencia con los contratos de licitación a largo plazo de los proveedores de servicio privado describe este tipo de instrumento económico.

Fuente: BID (Banco Interamericano del Desarrollo) (2003), “II Reunión: La aplicación de Instrumentos Económicos para la Gestión del Agua y residuos Sólidos. *Instrumentos Económicos para el Manejo Integral de residuos sólidos en América Latina y El Caribe*”. 25 y 26 de febrero, Washington, D.C.

Reducción de los residuos peligrosos¹²: Es un principio que surge de la Agenda 21. Este principio busca impedir, en lo posible, y reducir hasta donde sea factible la producción de residuos peligrosos, sometiéndolos a una gestión que impida daños al medio ambiente y a la salud pública. Se trata de un complemento del principio de jerarquía que busca que se prioricen las acciones de reducción en los residuos que puedan considerarse peligrosos. Aunque la cantidad de residuos peligrosos dentro de los RSU es pequeña, se considera importante seguir este principio, teniendo en cuenta los altos impactos que puede tener su inadecuado manejo (PDRS, 2005).

b) Objetivos de un plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)

Un PGIRS busca principalmente lograr una adecuada gestión de los residuos, la cual se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente, asegurando el desarrollo

¹² Se utiliza para la descripción del principio la denominación de “desechos peligrosos” ya que es la forma en que es denominada en la Agenda 21.

sustentable y eficiente del sector. Por ende, para lograr la gestión integral, es posible hacerlo a través de los objetivos que se exponen a continuación:

Minimizar los impactos ambientales y a la salud, generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos. Aunque todavía no se ha establecido claramente mediante estudios epidemiológicos la relación directa entre el manejo inadecuado de los residuos sólidos y su impacto en la salud, es claro que el primero representa un factor de riesgo elevado para la salud humana y el medio ambiente. La basura no recolectada o que no recibe disposición final sanitariamente segura puede ocasionar un aumento en la prevalencia de enfermedades como el dengue, la leptospirosis y las dolencias gastrointestinales (Terraza, 2009b).

En este mismo orden, los impactos negativos potenciales por el mal manejo de los residuos en el medio ambiente han sido evidentes y son bien conocidos. Se listan a continuación los principales (en base a Terraza, 2009b):

- i) *Atmosféricos.* Calidad del aire por emisiones de metano y dióxido de carbono.
- ii) *Suelos y geomorfología.* Alteración de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad; contaminación por presencia de aceites, grasas, metales pesados y ácidos, entre otros residuos; activación del proceso erosivo y cambio de topografía, entre otros.
- iii) *Aguas superficiales y subterráneas.* Afectación de la calidad del agua y alteración de las características hidráulicas.
- iv) *Bióticos.* Alteración de la cantidad de biomasa, del tipo de vegetación y fauna.

Establecer una gestión eficaz, eficiente y ambientalmente sustentable. Es posible lograrlo priorizando las actividades de acuerdo con los principios de jerarquía (desde la generación de los residuos hasta su disposición final) y los principios de gestión establecidos.

Lograr la instrumentación y mejora de los sistemas propuestos en el Plan de Gestión Integral de residuos Sólidos. Se realiza a través de la aceptación de la gestión por parte de la comunidad, del sustento económico y de la readecuación periódica del PGIRS.

Integrar en forma armónica la gestión de los residuos sólidos con las demás actividades de desarrollo. Como por ejemplo las actividades productivas, de salud y de educación, promoviendo valores individuales y colectivos de respeto por el medio ambiente, con el propósito de lograr niveles adecuados de conciencia ambiental de la ciudadanía, donde su tratamiento sería abordado desde una perspectiva educacional y de participación.

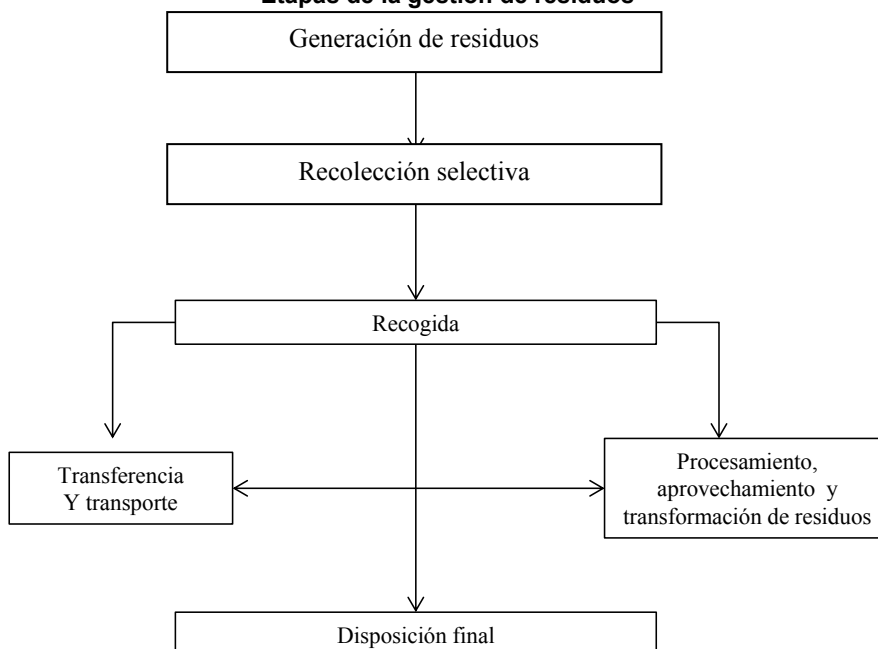
c) Desarrollo del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)

A partir de los principios ya estudiados y buscando el logro de los objetivos planteados, se elabora el Plan de Gestión, considerando diferentes alternativas para cada una de las etapas de la gestión de residuos, como lo son el almacenamiento, la recolección, el transporte, los tratamientos intermedios y la disposición final (véase el diagrama 4) Dentro del sistema técnico es de especial importancia la disposición final, así como la ubicación de las infraestructuras que les corresponden.

Para el desarrollo e implantación del Plan de Gestión, es importante entonces realizar una correcta combinación de alternativas y tecnologías las cuales permitirán afrontar las cambiantes necesidades de la gestión de residuos. La combinación correcta de tecnologías, es referida a analizar una amplia gama de alternativas, de acuerdo con las características que se presenten en las diferentes etapas de la gestión. Con esto, se garantiza que la propuesta presentada responda a las necesidades reales del área dónde se desarrollará el Plan.

Así mismo, es de una suma importancia que para el desarrollo de la gestión integral de residuos se mantenga una cierta flexibilidad para afrontar los cambios futuros, refiriendo este planteamiento a la habilidad para adaptar las prácticas de gestión de residuos a condiciones variables, como por ejemplo, los cambios y composición de los residuos, los desarrollos tecnológicos, cambios en los mercados para los materiales reciclables, entre otros. Si el sistema de GIRS está planeado y diseñado basándose en un análisis detallado sobre todas las externalidades posibles relacionadas con estos factores, entonces la región o localidad estará protegida frente a los cambios inesperados.

Diagrama 4
Etapas de la gestión de residuos



Fuente: En base a Tchovanoglous *et al.*, 1994.

En este mismo orden, para el desarrollo del PGIRS, es una necesidad el realizar una periódica supervisión y evaluación continua, que permita determinar si los objetivos y metas del programa están siendo realizados. Solamente, mediante el desarrollo e implantación de programas en marcha de supervisión y evaluación, se pueden hacer cambios de manera oportuna en el sistema de GIRS, reflejando los cambios en las características de los residuos, en las especificaciones y en los cambiantes mercados de materiales recuperados, y en las nuevas y mejoradas tecnologías de gestión de residuos.

2. Aspectos institucionales y de gestión de residuos en el ámbito nacional, regional y local¹³

Un aspecto importante que hay que tener en cuenta en el diseño de un programa integral de residuos, es distinguir entre los diferentes niveles de gestión: nacional, regional y local.

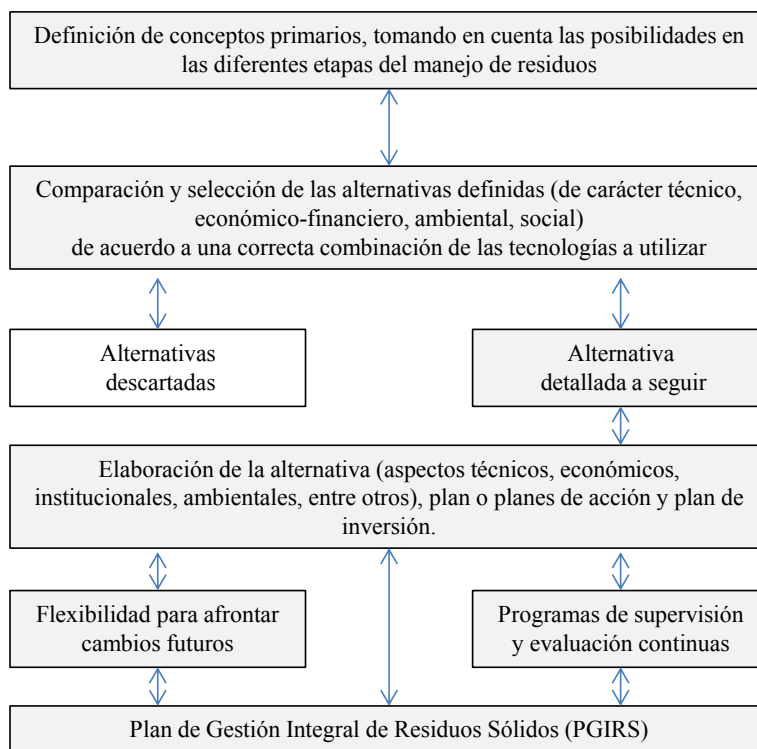
Los niveles de gestión nacional y regional tienen que ver principalmente con la formulación de políticas, planes y estrategias sectoriales, con los aspectos legislativos y de regulación, ambientales, institucionales, entre los más importantes.

Los aspectos de gestión de residuos en el ámbito local, tienen más que ver con la apropiada ejecución del proyecto técnico de manejo integral para una ciudad o grupo de ciudades, con la provisión de todos los elementos de decisión política legales, administrativos, socioculturales, financieros, de infraestructura de obras y equipos para lograr los objetivos, es decir la "gerencia" del sistema.

En el ámbito nacional o regional, generalmente no existe una sola entidad o cabeza del sector que se haga responsable de todos los aspectos involucrados en el manejo de los residuos sólidos urbanos, sino que son muchas instituciones las que ven el problema desde un punto de vista muy particular. Entre las instituciones responsables con más relevancia se pueden citar:

¹³ El contenido de este capítulo está basado en CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1.999e.

Diagrama 5
Esquema básico para el desarrollo de un PGIRS



Fuente: en base a FICHTNER – LKSUR Asociados, 2005.

- El Ministerio del Ambiente o Comisiones Nacionales del Medio Ambiente, los cuales enfocan el problema desde el punto de vista normativo ambiental.
- El Ministerio de Salud, como su nombre lo dice, desde el punto de vista de la salud pública.
- El Ministerio de Desarrollo Urbano, desde el punto de vista de las obras y servicios públicos.
- Planeación y Presupuesto, desde el punto de vista de las inversiones.
- Las Superintendencias o Entes Reguladores desde el enfoque de las relaciones económicas y tarifarias.

Otros actores involucrados en la temática son las Universidades, ONG's, Asociaciones de Profesionales, Cámaras de Industria y Comercio, Asociaciones de Prestadores de Servicios, Asociaciones de Municipios, Institutos de Fomento Municipal, Sindicatos Municipales, entre otros.

En este contexto, es necesario que en el ámbito nacional, regional y local, exista una entidad o instancia coordinadora que dirija todos los esfuerzos hacia objetivos comunes consensuales, los que generalmente deberán contemplar los siguientes aspectos:

- Elaborar un diagnóstico de la situación nacional con respecto al manejo de RSU y un sistema dinámico de información que permita conocer la situación permanentemente.
- Fijar políticas y estrategias.
- Elaborar un plan nacional con metas, en lo referente al manejo integral de RSU, es decir para el reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final.

- Determinar las actividades de apoyo necesarias para permitir la consecución del plan, identificando las necesidades de legislación, regulación y normatividad, tanto ambientales como económicas.
- Establecer los instrumentos financieros como ventanillas de créditos de pre inversión e inversión en RSU, para los municipios.
- Establecer planes de capacitación técnica, educación sanitaria y de participación comunitaria.

a) La regulación económica de los servicios

Los aspectos y fases que hay que tener en cuenta en la formulación de una regulación económica de los servicios son:

- *Determinar las actividades a regular.* Generalmente recolección y transporte de RSU el barrido de calles y áreas públicas, el manejo de residuos especiales y el tratamiento y/o disposición final.
- *Definir las características económicas de cada uno.* Por ejemplo, la recolección y el transporte se definen como bienes semipúblicos, el barrido como bien público y la disposición final como bien privado.
- *Determinar los sujetos de la regulación.* Estos son los generadores (productores, comerciantes y usuarios finales) y los operadores (recolectores, operadores de rellenos, cobradores del servicio y recicladores).
- *Definir las implicaciones sectoriales del servicio.* Estas generalmente serán la salud, el ambiente, el presupuesto público, la calidad de vida, el desarrollo urbano, la economía familiar, el comercio internacional, entre otros.
- *Definir los objetivos de la regulación* (en función de lo anterior). Por ejemplo, minimizar los efectos sobre el medio ambiente y la salud, crear condiciones socioeconómicas para su prestación, optimizar el uso de recursos y garantizar su prestación a largo plazo.
- *Identificar esquemas posibles de regulación,* incluyendo la revisión de experiencias nacionales e internacionales, y evaluando su viabilidad legal, social, política y económica. El esquema debe precisar las obligaciones y responsabilidades, el sistema de control, el sistema de incentivos y penalidades y el arreglo institucional.
- Una vez seleccionado y diseñado el esquema más apropiado se deberá proceder a *establecer los mecanismos de control*, que tiene como fin lograr el cambio de comportamiento de los agentes para lograr los objetivos, principalmente los ambientales.

b) El proyecto técnico

La gestión integral de los residuos sólidos urbanos muchas veces se confunde con el proyecto técnico de ingeniería. Es importante tener claridad de la diferencia entre estos conceptos que son complementarios. El proyecto técnico o de ingeniería generalmente contesta a las preguntas: ¿Por qué?, ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuánto? y ¿Cuándo?. Por otro lado, la gestión integral proporciona el marco para que el proyecto de ingeniería se convierta en viable desde los puntos de vista político, legal, financiero, ambiental y social

Así, la primera fase del proyecto técnico es la elaboración de perfiles de diferentes alternativas que integren las cuatro áreas principales de acción del manejo integral, las cuales son: minimización, reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final. Los perfiles deben ser elaborados de manera que contesten a las siguientes preguntas de manera preferentemente secuencial:

El *¿Por qué?* Tiene que ver con la justificación del proyecto, donde se ha hecho un diagnóstico que ha hecho ver las diferencias entre la oferta y la demanda, o sean las necesidades tanto de la cantidad como de la calidad de los servicios.

El *¿Qué?* tiene que ver el proyecto en sí, es decir con los aspectos técnicos y con todos los elementos concurrentes de apoyo (financieros, socioculturales, entre otros) que explican que es lo que se va a hacer. Es decir, son los objetivos, metas, y la descripción de las actividades necesarias para conseguirlos, para cada una de las áreas programáticas o subproyectos.

El *¿Cómo?* tiene que ver con las especificaciones de construcción en el caso de las obras civiles, con los manuales de operación en el caso de los servicios, y con todos los aspectos logísticos, financieros, entre otros.

El *¿Cuánto?* se relaciona con los aspectos financieros y económicos del proyecto, los montos de las inversiones, los presupuestos anuales de ingresos y egresos, las tarifas, los flujos de caja.

El *¿Cuándo?* Tiene que ver con los cronogramas de trabajo o calendarización de las fases y etapas del proyecto, de las obras civiles, de las adquisiciones de equipos y maquinaria, de las ampliaciones del servicio.

c) La gestión o gerencia en el ámbito local

La gestión o función de la gerencia de los servicios consiste, precisamente, en coordinar las actividades de la empresa o entidad prestadora del servicio, para cumplir armónicamente con todos los aspectos anteriores.

Uno de los primeros aspectos que se debe abordar desde un principio son las políticas generales de gestión, a partir de las cuales se determinará la forma de prestación del servicio, es decir, si va a ser un servicio municipal directo o un ente municipal autónomo. Ambas alternativas pueden ser con operación directa de los servicios o mediante la contratación de empresas privadas.

El servicio directo generalmente es aconsejable para pequeños municipios. Conforme los municipios crecen, se hace necesario estudiar la posibilidad de crear un ente prestador del servicio, ya sea directo o por contratación.

Cualquiera que sea la decisión sobre la estructura municipal, viene al caso tomar de inmediato la decisión de si se va a "privatizar" o sea si se van a contratar empresas privadas para todos los servicios o para parte de ellos. La cantidad y perfil del personal necesario en el Ente Municipal serán diferentes según esa decisión. En el primer caso, la gerencia deberá tener un perfil ejecutivo y preferentemente deberá tener experiencia operativa o rodearse de gente que la tenga. En el segundo caso, la gerencia, además de sus funciones como tal, deberá tener experiencia legal y financiera en la elaboración de pliegos de licitación, contratación y en la supervisión o fiscalización.

Las formas más comunes de gestión o gerencia en el ámbito local, vendrían a ser la creación de una oficina o departamento municipal; contar con un ente autónomo o una empresa municipal de aseo; hacer la concesión al sector privado o contar con modelos mixtos de gestión. A continuación, se discute un poco de cada uno.

Oficina o Departamento Municipal de Aseo. El municipio es el responsable de la planeación de los servicios, de la cobranza a los usuarios, y de la prestación de los servicios ya sea directamente o través de terceros, que pueden ser empresas privadas, cooperativas, microempresas, ONG's, entre otros. Tiene las ventajas de un control más directo y generalmente es más económico en ciudades pequeñas.

Ente Autónomo o Empresa Municipal de Aseo. El Ente Autónomo tiene la ventaja de manejar sus propios recursos, fijar las tarifas con criterio técnico para cubrir sus costos, cobrar las tarifas directamente o través de otros servicios. La prestación del servicio puede ser directa o a través de terceros de la misma manera que en el caso anterior. Tiene las ventajas de una mayor libertad administrativa y gerencial y de que disminuye hasta cierto punto la injerencia política en los servicios. La contratación privada tiene las mismas ventajas que en el caso anterior en lo referente al personal.

Concesión al sector privado. Implica asignar la prestación de los servicios a una empresa privada, en una zona o en toda la ciudad. La empresa tiene que cobrar directamente a los usuarios los servicios de RSU, tal como se hace en algunos países con los servicios de agua potable, electricidad y telefonía.

Modelos mixtos de gestión. Existen modelos mixtos, como por ejemplo en una misma ciudad, en diversas zonas, se pueden aplicar modelos diferentes como los descritos anteriormente. Esto sucede muy comúnmente en las grandes áreas metropolitanas que tienen diferentes jurisdicciones políticas en el área conurbada (véase Recuadro 4).

Recuadro 4 Ejemplo de asociatividad público-privada Emeres, Santiago de Chile

EMERES es una Organización Empresarial Asociativa de 21 Municipios constituida como una Empresa Comercial (Sociedad Limitada). Asume el desafío de liderar un sistema integral de manejo de residuos municipales, mediante talento humano calificado, con recursos financieros que aseguren su viabilidad, con un sistema de gestión integral que comprometa a los municipios, y cumpla la normativa vigente. EMERES se convierte entonces en la única empresa municipal que ofrece servicios integrales en el rubro de residuos, donde, todas sus actividades están enfocadas en satisfacer las necesidades de sus principales clientes que son sus 21 municipios socios.

Modelo de negocio:

EMERES ofrece a sus clientes principalmente dos tipos de servicios: Productos y Servicios y Gestión de Servicios Complementarios. Dentro de la categoría "Productos y Servicios" se realizan tres tipos de actividades que se especifican a continuación:

Fiscalización: EMERES realiza dos tipos de fiscalización a sus municipios socios, en primer lugar se encuentra la Fiscalización y Gestión de contratos de los rellenos sanitarios licitados, en donde se inspeccionan con el fin de que se cumpla lo establecido en el contrato y las normas legales. El segundo tipo de fiscalización corresponde a temas operativos, en el que se controlan las toneladas dispuestas por los municipios. En los rellenos sanitarios en donde EMERES es mandante, se fiscalizan obras civiles y viales, tratamiento de líquidos lixiviados y tratamiento de gases.

Minimización: servicio de minimización de residuos sólidos, que consiste en disminuir el volumen de residuos que llegan a los rellenos sanitarios.

Manejo de residuos Especiales: Servicio en el que se ofrece modalidades específicas de manejo de residuos especiales a los municipios socios, como lo son Ferias libres, escombros, objetos voluminosos, residuos de consultorios, chatarra, entre otros.

Dentro de la categoría "Gestión de Servicios Complementarios", se realizan las actividades que se listan a continuación:

Asesoría: se efectúan asesorías de temas relacionados con residuos sólidos a municipios socios.

Capacitación: se ofrece el servicio de capacitaciones a los municipios socios de acuerdo a sus necesidades.

Estudios: se realizarán estudios relacionados con el quehacer de EMERES de acuerdo a las necesidades de los municipios socios y de la misma empresa.

Equipo directivo y organización

El equipo directivo principal está compuesto por:

El Consejo de Alcaldes: son elegidos por los mismos socios y están a cargo de la administración de la sociedad. Está compuesto por cinco alcaldes pertenecientes a los municipios socios de EMERES.

Los integrantes del Consejo tienen una destacada experiencia en el ámbito de gestión y política municipal, pueden desempeñar sus funciones durante dos años desde su elección. Transcurrido ese periodo de tiempos debe renovar el directorio, donde los recientes integrantes pueden ser reelectos por la Asamblea de Socios.

La Gerencia y el Comité de Administración Financiera. Encargados de generar presupuestos relacionados a los posibles proyectos futuros, deberán analizar las posibles fuentes de financiamiento y los riesgos asociados desde el punto de vista financiero.

El Comité Técnico: su finalidad es apoyar las actividades políticas y técnicas, asesorando al consejo de alcaldes.

De acuerdo a su estructura organizacional y la asociatividad municipal, EMERES pretende transformarse en una empresa **líder intermunicipal**, con la finalidad de minimizar y comercializar los residuos sólidos domiciliarios y asimilables de manera **sustentable, tanto en lo social como en lo medioambiental**, con un adecuado manejo de recursos y actuar eficiente en su gestión.

Fuente: Inostroza C., y Cataldo J., (2011), "Modelo de gestión estratégica para EMERES", septiembre.

d) Licitación o propuesta pública

Cuando la gestión de residuos se viabiliza a través de la prestación del servicio por parte de una empresa o prestador individual, da lugar a la licitación o propuesta pública.

En las propuestas es necesario establecer la forma de relación que existirá entre contratista y el Municipio, el tipo de inspecciones, los interlocutores válidos, calidad del servicio y tipo de tecnología a utilizar, como también, fijar los costos asociados a la prestación.

En este mismo orden, el proceso de licitación o propuesta pública parte con la aprobación de un llamado a participar de ella. Para aprobar los pliegos del llamado, se deberá hacer un estudio de los costos involucrados, la calidad de los servicios que se contratarán y la legislación que habilita al Municipio para realizar el tipo de contratación pretendida.

A continuación, en el Cuadro 7 se hace una descripción de los pasos mínimos que sigue un proceso de licitación o propuesta pública:

Cuadro 7
Fases de una propuesta pública

Fases	Descripción de las fases
Confección de bases administrativas y bases técnicas	En las <i>bases administrativas</i> se fija cómo, cuándo y se especifica el lugar donde se llevará a cabo la propuesta, así como también quiénes podrán participar, el valor de las bases, el calendario que seguirá el proceso de la propuesta, cómo se financia el contrato, presupuesto del municipio y plazos. Además, se fija los términos de cómo se relacionarán el municipio y el contratista, causales de término o rescisión de contrato, multas, formas de pago, entre otros. <i>Las bases técnicas</i> se fija la calidad del servicio, las características de los equipos, los sistemas de recorrido, característica de los vertederos, forma en que se deben operar, planos y todo lo que tiene relación con la ingeniería del sistema que se desea implementar.
Aprobación de llamado a licitación	El llamado a propuesta es aprobado (generalmente es aprobado por un decreto que es firmado por el Alcalde), donde los vistos se refieren, a las bases administrativas y técnicas, al presupuesto municipal según las atribuciones que le confiere la ley. Es usual que se fije una comisión encargada del proceso.
Publicación del llamado a propuesta	Una vez aprobado el llamado a propuesta pública, se procede a la publicación (por ejemplo, en un diario de circulación regional o nacional), donde se comunica a quienes se interesen en participar. Esta publicación contiene entre otras cosas, el presupuesto municipal destinado al servicio, un calendario de actividades, las características de quienes pueden participar, el valor de las bases, entre otros.
Venta de bases y aclaraciones	La norma es que se dé un plazo prudente para la venta de bases y para ser estudiadas por los interesados en participar, quienes tienen la posibilidad de solicitar al municipio respuestas a dudas que las bases le pudieran provocar.
Apertura de las ofertas	De acuerdo con lo fijado en las bases en el día, hora y lugar, se procede a la apertura de las ofertas. Generalmente se levanta un acta la cual es firmada por la comisión y por los proponentes.
Selección de la oferta más conveniente	Una vez abierta la propuesta la comisión se dedica al estudio de cada una de las ofertas y de acuerdo con los plazos estipulados en las bases, decide a quién se le adjudica. Se presenta una proposición, generalmente presentada al Alcalde, y posiblemente es quien finalmente aprueba la adjudicación.
Firma del Contrato	De acuerdo con los plazos estipulados se comunica los resultados y se procede a firmar el contrato con el proponente seleccionado.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo estudiado en esta sección, cualquiera que sea el arreglo institucional que se escoja, la gerencia deberá cumplir con la coordinación de elementos de la gestión local muy similares a los de la gestión nacional. Los elementos o áreas de acción son:

- Aspectos institucionales o y marco legal
- Proyecto técnico de manejo integral de residuos para la ciudad
- Componentes económico-financieros.
- Componentes de salud y ambiente
- Componente sociocultural.

e) **Gestión económica-financiera en el ámbito local**

Esta gestión consiste principalmente en mantener a la empresa (ya sea pública o privada) en un balance económico-financiero sano, es decir, mantener un equilibrio entre los egresos y los ingresos, a lo largo de todos los años que dure el proyecto. Para determinar los egresos se hace uso de una matriz de planificación, que nos permita predecir las inversiones y el gasto año con año. Los ingresos se planifican tomando como base el número de usuarios de cada tipo, las predicciones de la matriz de planificación y el establecimiento de una tarifa adecuada. Si no se cumplen con estas premisas, el proyecto no será sustentable económicamente. A continuación, se detallará la determinación de los egresos, ingresos, tarifas y cobranzas, así como el cálculo de las tarifas por los servicios en la gestión de residuos sólidos.

Determinación de los egresos. De acuerdo con el horizonte que se haya escogido para la planificación (donde se recomienda que sea generalmente de 15 a 20 años) se predice año con año las necesidades de inversión, y los costos globales anuales de operación para cada uno de los servicios. Esto se facilita con el uso de una matriz de planificación o predicción de la cantidad de basuras a manejar año con año, en cada uno de los componentes del proyecto (véase el ejemplo en el Cuadro 8).

Cuadro 8
Ejemplo de determinación de egresos

Año	Ton	Reciclaje			Recolección			...	...
		Inversión	Pago deuda	Operación	Inversión	Pago deuda	Operación		
2012									
2013									
...									
...									
...									
2027									

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se colocan las inversiones, el costo del capital (o pago de la deuda) y el costo anual de operación de cada uno de los componentes del proyecto y se suman en la última columna para tener el total anual que el proyecto debe invertir y los costos anuales tanto por los préstamos de capital (amortizaciones del equipo y las obras civiles), como por la operación (mantenimiento, consumos y personal). Las dos últimas columnas se usarán posteriormente para compararlos con los ingresos.

Determinación de ingresos, tarifas y cobranza. Tal vez uno de los componentes más difíciles de abordar dentro de la gestión de los residuos sólidos es lo que se refiere a los cobros por el servicio, más aún cuando esto implica cambios en las políticas. En este título, el tema se tratará desde el ángulo de los criterios generales para la fijación de la tarifa y desde un punto de vista técnico que mostrará diferentes métodos para calcularla.

En términos generales, se puede decir que la tarifa resultará de un prorrateo o reparto del costo total del servicio por el número de usuarios que comprende una localidad, es por tanto deseable que este prorrateo se haga teniendo en cuenta a lo menos que quienes más residuos emitan, paguen tarifas más altas y, al revés, quienes menos basura emitan paguen menos por el servicio.

A continuación, se enunciarán algunos criterios que pueden servir de base para una política en este sentido:

- *Equidad.* Las tarifas para cada usuario no debieran ser mayores que los costos generados por darles el servicio, salvo que se deba incorporar los de aquellos grupos que ameriten adoptar alguna consideración de tipo social y que impliquen un efecto redistributivo del ingreso.
- *Legalidad.* El cobro de la tarifa debe ceñirse a todas las normas legales existentes al respecto.

- *Simplicidad.* El modelo de tarificación debe ser fácil de entender, tanto por quienes deberán aplicarlo como para los usuarios.
- *Eficiencia.* El sistema tarifario deberá ser asequible de implantar, de aplicar y de actualizar, aunque tal costo fuese necesario transferirlo a la tarifa. Del mismo modo debe evitarse la morosidad.
- *Equilibrio.* El sistema debe tener semejanzas con otros implementados, y al mismo tiempo responder por las diferencias que pudieran existir con los cobros hechos por otros prestatarios.

Cálculo de tarifas

Para establecer la tarifa es necesario conocer los costos de cada uno de los servicios que componen el proyecto, es decir, la recolección convencional, la recolección selectiva, el relleno sanitario, el reciclaje y el compost, si es que se decidió adicionar estos últimos componentes.

Hay varias maneras de hacer esto, por ejemplo, obteniendo el costo total global de un servicio durante un año y dividiéndolo entre el número de usuarios de ese servicio y entre doce (12) para obtener la tarifa media mensual por usuario. Otro método es a través de los costos unitarios que se obtienen para cada uno de los componentes del servicio, por ejemplo, si se tiene el costo unitario de la recolección convencional [\$/ton] y se calcula la cantidad de basura que produce una familia media durante un mes [ton/fam/mes], basta con multiplicar ambos valores para obtener la tarifa mensual por ese concepto.

En el caso del barrido, el costo unitario generalmente se representa en [\$/km], por lo que habrá que tomar en cuenta la frecuencia que se barre la calle en una cierta zona de la ciudad, y el frente medio de los predios. Así, para una casa de 15 metros de frente, ubicada en una zona que se barre dos veces a la semana o sea unas 9 veces al mes, tendrá una longitud de barrido mensual de aproximadamente 135 m o 0.135 km. El producto sería la tarifa media mensual por barrido. Si por ejemplo, en el centro de la ciudad se barre 2 veces al día por el alto tránsito peatonal, un predio de 10 m de frente se barrería unas 50 veces al mes para dar una longitud mensual de barrido de 500 m o medio km.

3. Alternativas de gestión de residuos sólidos

En este apartado, se propone entregar una herramienta simple que permita al planificador local tener una visión rápida de las acciones de un plan de gestión. Esto consiste en comparar por medio de una matriz la situación sin intervención con la situación deseada. Ello permite tener elementos precisos para definir acciones de intervención en los distintos momentos del proceso en el manejo de los residuos.

Para la realización de la matriz, se parte de un diagnóstico donde se exponen las situaciones no deseadas observadas en las distintas fases del proceso de manejo de los residuos sólidos. Así mismo, la matriz permite realizar múltiples comparaciones, pues, además de comparar entre alternativas de gestión, permite analizar cada una de las fases de la cadena de residuos, las áreas de intervención y los indicadores de gestión que se puedan asociar a cada una de dichas fases y áreas.

La matriz¹⁴ propuesta a continuación se construye partiendo de un listado de situaciones no deseadas. Este listado nace del diagnóstico de la situación actual, en la que se completan cuadros de acuerdo con cada fase del sistema, los que se cruzan con relación a: la tecnología o sistema utilizado, el personal empleado, condiciones ambientales, calidad del servicio y participación del público. Esta matriz se puede crear partiendo de las causas y efectos detectados en el árbol utilizado para identificar problemas y buscar soluciones, pudiendo dar lugar a contenidos diferentes en las columnas (véase el cuadro 9).

¹⁴ Que constituye sólo un ejemplo y puede ser modificada o mejorada de acuerdo a las condiciones reales locales o regionales.

Cuadro 9
Matriz de situaciones no deseadas
(Diagnóstico de la situación actual)

	Sistema o tecnología usada	Personal empleado	Calidad del servicio	Condiciones ambientales	Participación del público
Limpieza diaria	Sistema de barrido inadecuado	-	Baja cobertura de vías.	-	-
Pre-recogida	Sistema de contenedores deficiente, no estandarizados, gran número de puntos de recolección	-	-	Esparcimiento de la basura en vía pública por mala calidad de los contenedores o acciones de animales.	No existe participación del público en acciones de apoyo a la gestión.
Recogida	Bajo nivel de utilización de la capacidad de carga de los vehículos.	Baja capacitación del personal de recolección	Bajo nivel de atención en la recolección.	Alto nivel de Almacenamiento de residuos en las viviendas.	-
Traslado	-	-	Alto costo en traslado de la basura al vertedero.	Deficiencias en el recubrimiento de residuos.	-
Disposición Final	-	-	-	-	Establecimiento de vertederos clandestinos.

Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1.999e.

Obtenido el diagnóstico de las situaciones no deseadas, y construida la matriz, se puede entonces determinar acciones que puedan dar solución a éstas (véase el cuadro 10).

Así, y partiendo de un conjunto de situaciones no deseadas detectadas en el diagnóstico, proponer acciones que las eviten. Una vez obtenido esto, es posible implementar un sistema de indicadores que permita ver en qué medida se pueden superar estas condiciones y controlar la propuesta hecha en el tiempo. Para ello, en primer lugar, se puede establecer en términos de indicadores las situaciones identificadas como no deseables (véase el cuadro 11).

Cuadro 10
Matriz de situaciones deseadas
(Diagnóstico de la situación actual)

	Sistema o tecnología usada	Personal empleado	Calidad del servicio	Condiciones ambientales	Participación del público
Limpieza diaria	Cambio en el sistema de barrido	-	Aumento de la cobertura a todas las vías de la ciudad	-	-
Pre-recogida	Instalación de contenedores normalizados, en puntos de recolección para grupos de viviendas	-	-	Modificación del tipo de contenedores y control sobre la acción de animales	Programa dirigido al público para que desarrolle acciones de apoyo a la gestión
Recogida	Modificar circuitos de recolección y sistema de carga	Cursos de capacitación del personal de recolección	Aumentar las frecuencias de recogida	Disminución del nivel de almacenamiento de residuos en las viviendas	-
Traslado	-	-	Modificación del sistema de traslado de basura	-	Eliminación de vertederos clandestinos

Cuadro 10 (conclusión)

	Sistema o tecnología usada	Personal empleado	Calidad del servicio	Condiciones ambientales	Participación del público
Disposición Final	-	-	-	Labores de Recubrimiento del total de los residuos diarios.	-

Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999e.

Cuadro 11
Matriz de indicadores
(Diagnóstico de la situación actual)

	Sistema o tecnología usada	Personal empleado	Calidad del servicio	Condiciones Ambientales	Participación Del público
Pre-recogida	<u>N° de Viviendas.</u> N° de puntos de recolección			<u>Basura</u> <u>esparcida*100</u> Basura emitida	Cant. de pers. en prog. *100 Población total
Recogida	<u>Ton. Recolectadas/día</u> N° de vueltas/ Cap. camión	<u>Personal cap*100</u> Total pers. contr.	N° viv. Atend.*100 N° total de viv.	Ton. emitidas *frec. *100. Ton. recolecc. + desviado	
Traslado			Costo mens. del serv. Ton. traslad. mes		
Disposición Final				Vol. mat. de rec. diario Ton. depos. día *0,2	Ton. vert. clan N° de Habitantes
Limpieza	<u>Pers. de barrido diario</u> Kms. vías atendidos *8		Km. de vías atend.*100 Km. total de vía		

Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999e.

Una vez construida esta matriz debe asignárseles un valor a los indicadores que representan las distintas situaciones detectadas como no deseables, de acuerdo a la realidad que se analiza. El paso siguiente es construir, a partir de una situación deseada, los valores que se esperan, y de esta forma se pueden comparar las dos visiones, la del sistema en análisis y la de un sistema mejorado. Por otro lado, es posible establecer metas a cumplir para cada uno de los indicadores y con ello ir comparando el cumplimiento del plan en el tiempo. Esto puede devenir en una evaluación dinámica y posibilitar el estudio de mejoras en el sistema. Los indicadores que se proponen no son excluyentes y deben estar de acuerdo con cada realidad. También se pueden usar indicadores de referencia aplicados en otros lugares, sobre los cuales hay abundante información.

4. Participación y educación al público

En cualquier tipo de plan de gestión de residuos sólidos, la educación y participación del público juega un rol significativo, tanto antes como durante la implementación del plan.

La educación al público tiende a lograr una ciudadanía más informada que pueda participar activamente en la resolución de los problemas que enfrenta la comunidad en el área del medio ambiente en general, y de los residuos sólidos en particular.

Los términos educación al público y participación de la comunidad, abarcan una amplia gama de actividades y técnicas diseñadas para obtener información respecto a las inquietudes de los ciudadanos, aumentar la toma de conciencia del público, motivar la participación en los programas y conseguir decisiones de su parte tendientes a un servicio más eficaz.

Un buen programa de educación y participación en la gestión de los residuos sólidos aprovecha la potencialidad en todos los grupos sociales (ya sean cívicos, comerciales, académicos, entidades religiosas, medios de comunicación, entre otros) para participar en la toma de decisiones, promoviendo una acción positiva en el área de los residuos, mediante reuniones, eventos especiales, conferencias, materiales promocionales, boletines, exhibiciones, concursos, actividades de recolección y otros que puedan generarse.

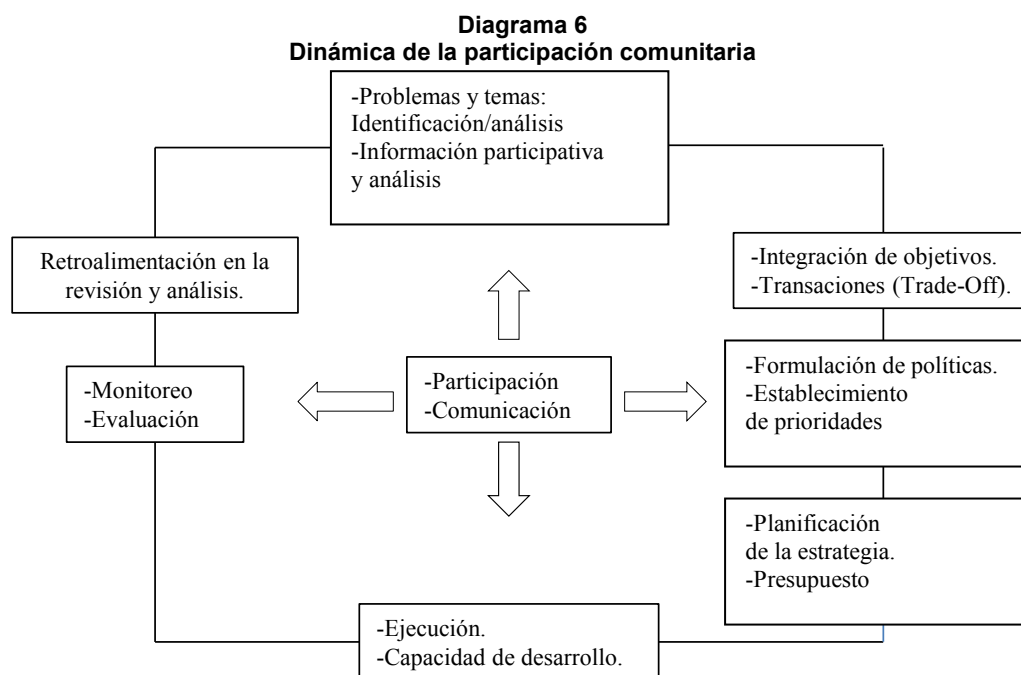
Las personas encargadas de tomar decisiones deben intentar involucrar al público en todo el proceso de planeamiento de la gestión de los residuos sólidos municipales. Por ello, es particularmente importante que el planificador trabaje junto con la comunidad, especialmente en el momento inicial de planeamiento.

a) Ciclo estratégico de la participación

La dinámica de la participación comunitaria integral puede ser visualizada de acuerdo con el diagrama 5.

El mensaje central del Diagrama 6, resalta la importancia de involucrar activamente a la comunidad en todas las fases de la estrategia o plan propuesto.

Como se observa, la participación está prevista en el momento inicial a través de la identificación de los problemas relacionados con el tema y su análisis. Esto supone que se ha trabajado incluso en la etapa de recolección de información. Al momento de establecer los objetivos del programa, es necesario realizar una serie de negociaciones entre los principales actores sociales por lo cual hay que prever algún tipo de transacciones (*trade-off*) para conseguir que no haya grupos perdedores que pueden decidir abandonar. Los objetivos determinan las líneas de políticas y como no es factible realizar todo al mismo tiempo, es necesario establecer prioridades respecto de las ejecuciones. Esto se relaciona íntimamente con el punto anterior puesto que al priorizar habrá que considerar el impacto sobre los intereses de los principales actores sociales. Así, formuladas las políticas se comunican, al igual que los presupuestos, debiendo establecer algún tipo de estrategia de participación tanto para el momento de la ejecución como del control.



Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999e.

Un buen sistema de evaluación con participación ciudadana permite detectar más rápidamente los desvíos e incluso proponer acciones conectivas que retroalimenten la propuesta.

b) Dificultades para institucionalizar la participación

Cuando se inicia el camino de la participación, lo frecuente es enfrentarse a un número importante de dificultades, por este motivo es interesante indagar acerca de las razones.

A continuación se incluye un texto que recoge los aspectos más recurrentes al tratar de institucionalizar la participación:

- En la fase inicial de una estrategia, la participación requiere considerable tiempo y trabajo adicional en el desarrollo de los recursos humanos. La introducción de la participación requiere recursos financieros adicionales y en la fase inicial es más costosa comparada con programas convencionales. La mayoría de las instituciones y programas se sienten restringidos de hacer tales inversiones, dado que ellas son evaluadas principalmente por el criterio de logros en los objetivos físicos y financieros.
- La participación exige una mayor retroalimentación en el papel de los profesionales externos, desde la gestión hasta la facilitación. Esto exige cambios en conducta y actitudes y tiene que ser gradual. También exige un significativo entrenamiento y usualmente los recursos para este trabajo son inadecuados.
- La participación también desafía a los profesionales convencionales; éstos sienten pérdida de poder al tratar como iguales a las comunidades locales y al incluirlas en la toma de decisiones. Esto inhibe a los profesionales de asumir riesgos y desarrollar relaciones de colaboración con las comunidades.
- La participación y el desarrollo institucional son difíciles de medir y requieren el uso simultáneo de indicadores cualitativos y cuantitativos. Los sistemas existentes de monitoreo y evaluación no pueden medir dichos aspectos y, por lo tanto, los indicadores físicos y financieros, que son más fáciles de medir, dominan la evaluación de resultados y el proceso de análisis de impacto.
- Mientras que muchos programas iniciados por las agencias externas tienden a usar métodos participativos de planificación, no hacen los correspondientes cambios en los mecanismos de asignación de recursos a las instituciones locales y ellos tienden a retener el poder en la toma de decisiones financieras. Este hecho frena el crecimiento de las instituciones locales y conduce a una pobre sostenibilidad de los programas.
- La participación es un proceso de largo plazo y necesita ser iterativo en un período inicial de dos a cinco años antes de remontar y replicarse. La mayoría de los programas de desarrollo tienden a dejar en el papel las fases iniciales del proceso de participación y desarrollo institucional sin suficiente experimentación e iteración. Como resultado, las modalidades institucionales que surgen son a menudo poco efectivas.
- La participación está también directamente ligada a la equidad. Muchas estrategias para implementar programas, a pesar de comenzar con consultas y participación de grupos, fracasan en monitorear aspectos de equidad. Esto hace que los resultados de la gestión y los beneficios sean usurpados por los grupos elitistas de la comunidad y que la mayoría pierda su interés. Las instituciones externas necesitan jugar un papel preponderante en catalizar prácticas equitativas dentro de las instituciones locales.

En conclusión, cualquier política o proceso de formulación debería tomar en cuenta los esfuerzos existentes al nivel local y utilizarlos como base para la estrategia de preparación. El crecimiento orgánico de una estrategia a través de insumos locales y regionales, que se base en la experiencia y en las acciones positivas aprendidas, aumenta las posibilidades de que todos los miembros desarrollen un interés de largo plazo en la ejecución.

c) Elementos a considerar en la participación para una GIRS

A continuación, se presentan algunos lineamientos generales para desarrollar un programa de participación y educación del público, considerando los contenidos a presentar, los canales por los cuales se puede difundir, los distintos grupos con los cuales trabajar y los aspectos financieros.

Presentación de los principales resultados del estudio. Como ya se ha sostenido anteriormente, la participación del público es de vital importancia, y una forma de activar esta participación, y a la vez motivar la discusión respecto del tema, es la presentación de los principales resultados del estudio.

Con respecto a esto, debe presentarse al público de manera completa el significado del plan de gestión integral para el manejo de residuos sólidos, proveyendo una visión general de los principales temas de la gestión de residuos sólidos, a saber:

- i) Generación en origen (domicilios). Cantidad, composición.
- ii) Pre-recogida. Uso de recipientes adecuados para el acopio de basuras y respeto de horarios de recolección y transporte.
- iii) Si se está trabajando en cómo implementar un programa de recuperación/reciclaje con clasificación en origen, se deben presentar los beneficios directos que recibe la comunidad y la forma de participación en el programa, esto es:
 - Reducción de costos globales en el manejo del flujo de basura, tanto por concepto de recolección y transporte como por disposición final.
 - Mayor vida útil de los vertederos.
 - Apoyo y ayuda solidaria a sectores necesitados de la población, ya sea directamente a través de la recolección y comercialización por parte de los recicladores informales, o bien indirectamente a través de la participación de organizaciones de beneficencia.
 - Qué elementos se recuperarán de las basuras y por qué.
 - Qué elementos no se recuperarán de las basuras y por qué.
 - Cómo acopiar los materiales recuperables.
- iv) *Recolección y transporte.* Modalidades de operación, cobertura, eficiencia, aspectos ambientales, sanitarios y costos asociados.
- v) *Tratamiento y disposición final.* Vida útil y problemas ambientales y sanitarios de los actuales vertederos, requerimientos de nuevos sitios para relleno sanitario (técnicos, ambientales, económicos), alternativas de tratamiento no recomendadas para la ciudad en estudio (incineración, compostaje, entre otros).
- vi) *Micro vertederos ilegales.* Mencionar cantidad existente, sus problemas ambientales y sanitarios, así como también los costos asociados a su limpieza.
- vii) *Costos de un plan de gestión y manejo integral de residuos sólidos,* el cual debe implementarse de forma técnica y ambientalmente adecuada.
- viii) Se debe *sensibilizar a la población* respecto de los beneficios que recibe la comunidad, los costos reales y los déficits que se producen en la municipalidad.
- ix) Indicar qué *acciones* se podrían realizar en educación, salud, deportes, entre otros. Así, las municipalidades no tendrán que afrontar dicho déficit económico.

Estrategias de comunicación. La comunicación con el público y la promoción de los programas debe ser un proceso continuo. Los eventos en medios de comunicación, los posters publicitarios, los boletines, entre otros, son todas buenas herramientas y medios para ser usados en una pro-puesta de educación continua. Un programa efectivo de este tipo debe ser planeado teniendo en mente las

necesidades de la comunidad. Se puede ahorrar una cantidad significativa de tiempo y energía analizando actividades de educación del público que han sido desarrolladas en otras comunidades, sacando provecho de sus éxitos y aprendiendo de sus fracasos.

Los encargados de tomar decisiones pueden revisar actividades y materiales educativos utilizados en otros programas para la toma de conciencia del público, tales como campañas para uso de cinturón de seguridad en los automóviles, campañas para evitar accidentes en la vía pública, entre otros. Las técnicas usadas en estas campañas para promover una imagen o incentivar un nuevo comportamiento pueden ser modificadas para expresar la idea del tema de los residuos sólidos municipales.

Grupos objetivo de la población. El primer paso de la planificación de un programa de educación es comprender los diferentes públicos que existen dentro de la comunidad y determinar cómo reciben la información estos grupos. Entre los temas que se deben resolver se pueden destacar los siguientes:

- ¿Cuáles son los principales sub-grupos existentes en la comunidad?
- ¿Cuál es el nivel del lenguaje a ser utilizado en el material a ser entregado a la comunidad?
- ¿Cuáles son las inquietudes de los ciudadanos?
- ¿Cuáles programas en los medios audio-visuales de comunicación local escuchan y ven los residentes de la comunidad?
- ¿Cuáles medios escritos de comunicación, a nivel nacional, regional, comunal o comunitario, lee la población y qué secciones son las preferidas?
- ¿Responden bien los ciudadanos a noticias públicas incluidas en las cuentas de servicios que reciben?
- ¿Son los afiches publicitarios colocados en las tiendas un método efectivo de conseguir una imagen que les llegue?
- ¿Existen ya grupos cívicos conduciendo alguna campaña de educación respecto a la basura o algún otro tema relacionado?

Responder este tipo de preguntas ayudará a que se utilicen los mensajes apropiados, se realicen las actividades adecuadas y se ocupen los medios de publicidad correctos.

La mejor forma de responder estos interrogantes, es efectuar entrevistas con líderes de la comunidad, llevar a cabo encuestas de opinión y también trabajar junto con los grupos asesores de ciudadanos existentes, para recopilar esta información.

Un exitoso programa de educación y participación de la población compromete importantes recursos humanos, técnicos, materiales y económicos, por lo que se prevé que el diseño y operación del programa sea contratado a especialistas en comunicación y educación. Las municipalidades serán las encargadas de proporcionar los objetivos, metas, supervisión, coordinación y apoyo logístico a dicho programa.

Por el motivo anterior resulta muy beneficioso trabajar con dos grandes segmentos de la población: niños y jóvenes de entre 6 y 20 años de edad; adultos de 21 años y más.

Frente a restricciones presupuestarias puede privilegiarse la educación de niños y jóvenes. Enseñar a este segmento de la población sobre la gestión de residuos, el valor del reciclaje y de reducir la cantidad de basura generada, los desechos domésticos peligrosos y la necesidad de contar con sitios de disposición adecuados es esencial para desarrollar una ética de responsabilidad entre los futuros residentes de la comunidad respecto a los residuos. Además de los potenciales beneficios futuros, los programas orientados a los niños y jóvenes pueden tener una recompensa inmediata al llevar a casa, a sus padres, los mensajes referentes a reciclaje y otros métodos de gestión de residuos.

Canales de comunicación: estrategias de medios. El programa de educación y participación debe ser estructurado en base anual de manera que sus objetivos sean manejables. Algunos aspectos que deben ser incluidos en estos planes son:

- Temas o desafíos principales a ser enfrentados.
- Metas a ser alcanzadas.
- Actividades y eventos para lograr cada una de estas metas.
- Recursos disponibles (fondos, voluntarios y apoyo de la comunidad) para cada actividad y evento.
- Cronograma de trabajo que coordine los esfuerzos de educación del público con la implementación del programa y considere actividades y eventos estacionales tales como una campaña, recolección de fondos, entre otros.

Existe una amplia gama de actividades y eventos posibles que pueden ser incluidos en un plan de educación al público. Las actividades escogidas deben promover y complementar las opciones específicas de gestión de los residuos sólidos que están siendo consideradas o implementadas como parte del programa de la comunidad en este campo. Por ejemplo, si la primera prioridad es la implementación de un programa de recuperación y clasificación en origen de materiales reciclables, entonces debe darse énfasis a los programas de educación dirigidos a este fin.

Las actividades propuestas dentro de un programa de educación deben también satisfacer las necesidades de información de la comunidad y deben encontrarse dentro de los límites presupuestarios y de recursos de la comunidad. En algunos casos, será recomendable llevar a cabo proyectos pilotos de educación del público a más pequeña escala. Este tipo de iniciativas puede ser un perfecto campo de prueba para la generación de nuevas ideas. Las enseñanzas sacadas de estos proyectos pueden ser incorporadas a proyectos de mayor envergadura en la medida que el programa consiga el apoyo del público. Los medios de comunicación específicos que se pueden emplear en las ciudades los podemos dividir en “medios troncales” y “medios directos”, a saber:

Entre los medios troncales o de comunicación masiva se pueden considerar los periódicos, radioemisoras, TV. A nivel local es posible desarrollar estrategias de acuerdo con los medios disponibles en periódicos de circulación local o radioemisoras locales, con programas o publicaciones desde el municipio.

Como los medios directos son de menor cobertura que los anteriores, lo cual no implica que sean de menor impacto, entre ellos se pueden mencionar, los de vía pública; afiches informativos; folletos informativos; exposiciones explicativas; y, participación de las autoridades locales.

Para llegar a los clubes deportivos, juntas de vecinos, centros de madres, hogares de niños y otras organizaciones sociales de las distintas comunas, se hace necesaria la participación de autoridades locales, a través de un consejo asesor o un grupo de trabajo específico para proveer un marco organizacional a fin de instruir y hacer participar a la ciudadanía agrupada.

Entre otras estrategias de comunicación se pueden mencionar las charlas y exposiciones en escuelas y colegios, las cuales están orientadas a educar y sensibilizar a niños y jóvenes, según objetivos descritos en párrafos anteriores. Se deberán formar monitores y líderes dentro de los profesores y alumnos, de manera que participen en las charlas y exposiciones y mantengan sus efectos en el tiempo.

Así mismo, otra estrategia podría ser los concursos de afiches, donde se podría proponer la creación de un concurso de afiches a nivel de educación básica, media y universitaria exclusivamente dedicado al tema de recuperación en origen y reciclaje de materiales de residuos. Los afiches ganadores podrían servir de base para el lanzamiento de la campaña de recuperación/reciclaje.

d) Costo y financiamiento de los programas de participación y educación al público

Los programas de educación y participación al público para la gestión de los residuos sólidos municipales no deben ser necesariamente muy costosos. No obstante, se requiere de un compromiso determinado de parte de las autoridades locales respecto a fondos y tiempo necesario del personal para

planificar y coordinar un programa exitoso. Este costo es pequeño cuando se consideran los beneficios que recibirá la comunidad de la participación en estos programas, que promueven una gestión integrada de los residuos sólidos: disminución de los costos de disposición (por ejemplo, minimizando las toneladas a disponer, optimizando los volúmenes a recoger por un determinado equipo), un ambiente más limpio, una vida útil mayor del vertedero, así como también la perspectiva de mejores relaciones comunitarias.

A pesar que la competencia por conseguir contribuciones en dinero de la comunidad es difícil, y siempre que sea posible los planificadores deben buscar ayuda en ella.

Las ideas novedosas, un planteamiento estratégico, una cantidad pequeña de dinero y una cantidad grande de aporte en servicios, pueden producir un buen resultado. Por ejemplo, el imprimir las bolsas de las basuras con un mensaje cívico, tal como el anuncio de un día de recolección de residuos domésticos voluminosos, es un servicio comunitario que frecuentemente lo proveen las tiendas o supermercados. Alguna empresa publicitaria puede tomar para sí la tarea de producir un vídeo que muestre a los residentes cómo se produce la separación en los hogares.

Este mismo vídeo puede ser mostrado a grupos cívicos por miembros de un grupo voluntario. Muchos clubes y organizaciones cuentan con boletines e información sobre eventos comunitarios. Muchos negocios que entregan material publicitario a sus clientes a menudo están dispuestos a anunciar eventos especiales y exhibir mensajes promocionales.

Una gran cobertura en medios de comunicación, tales como artículos en los periódicos, entrevistas radiales y anuncios en los servicios públicos, son maneras de comunicarse a bajo costo con cientos y hasta miles de miembros de la comunidad, e informar sobre la planificación de eventos especiales de recolección y metas conseguidas. A pesar que la contratación de espacios publicitarios es también un método posible, aunque bastante más costoso, la publicidad cuidadosamente diseñada y bien planificada puede valer bien su costo.

En algunos casos es posible que el comercio local suscriba los costos de publicidad si se menciona debidamente este hecho.

II. Elementos de ingeniería básica

A. Introducción

El propósito de este capítulo es presentar los principios de ingeniería que se deben aplicar en el desarrollo de sistemas de gestión integral de residuos sólidos.

Los principios de ingeniería en la gestión de residuos sólidos son muy dinámicos, especialmente en las de recuperación de materiales y energía, y donde también, se continúan desarrollando constantemente nuevas tecnologías y equipamiento en otras áreas de este campo.

Es fundamental el dominio de los principios de ingeniería presentados en este capítulo, con el propósito de aportar conocimientos y técnicas que permitirán la evaluación de los impactos de las tecnologías nuevas y futuras, seleccionando y analizando las alternativas en el desarrollo de nuevos sistemas. De esta manera, la habilidad para medir el impacto de las distintas vías de acción, será vital para la gestión de estos sistemas.

B. Generación y recolección de residuos sólidos

Conocer acerca de las cantidades de residuos sólidos generados, la separación para el reciclaje, y la recogida para tratamiento y/o disposición, es de importancia fundamental en todos los aspectos de la gestión de residuos sólidos.

1. Métodos para estimar las cantidades de residuos¹⁵

El objetivo principal para estimar las cantidades de residuos sólidos generados, separados para el reciclaje, y recogidos para su tratamiento y/o disposición final, es la obtención de datos que se puedan utilizar para desarrollar e implementar programas efectivos de gestión de residuos sólidos. Por lo tanto, en cualquier estudio acerca de la gestión de residuos sólidos, se debe poner especial atención para decidir exactamente lo que es preciso conocer y para la asignación de fondos destinados a la recogida de

¹⁵ Apartado en base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999e.

datos. Sugerencias para el uso de las medidas y unidades utilizadas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12
Sugerencias acerca de las unidades de expresión para las cantidades de residuos sólidos

Tipos de residuos	Unidades de expresión
Domésticos	Kg/hab./día, utilizada por la estabilidad relativa de la producción de residuos domésticos en una determinada localización.
Comerciales	Kg/hab./día. Actualmente, esta expresión proporciona poca información útil sobre la naturaleza de la generación de residuos sólidos en las fuentes comerciales. Una aproximación más significativa, consistiría en relacionar las cantidades generadas con el número de clientes, el valor en dólares de las ventas o alguna unidad similar. El uso de tales factores permitiría establecer comparaciones.
Industriales	Los residuos generados por las actividades industriales deberían expresarse en base a alguna medida repetitiva de producción, tal como kilogramos por automóvil para una planta de montaje de automóviles o kilogramos por paquete para una planta de empaquetamiento. Con esto será posible establecer comparaciones entre actividades industriales similares.
Agrícolas	Se pueden expresar en términos de alguna medida repetitiva de producción, tales como Kg de estiércol/peso de residuo/día y Kg de residuo/ton de producto bruto. Actualmente, existen datos sobre las cantidades de residuos generadas en algunas actividades agrícolas asociadas a un determinado tipo de cultivo.

Fuente: En base a Tchovanoglous *et al*, 1994.

a) Métodos de estimación indirectos

Permiten determinar la producción per cápita de residuos sólidos y su densidad, con base en datos globales y sin discriminaciones cualitativas.

Producción per cápita. Establece proporción entre la cantidad total de residuos que se recogen y la población total atendida.

$$PPC = \frac{\text{Cantidad total recolectada } \left(\frac{Kg}{día}\right)}{\text{Población total atendida } \left(\frac{habitantes}{día}\right)}$$

También calcula la proporción entre la cantidad de residuos que se vierten al relleno sanitario y la población total atendida.

$$PPC = \frac{\text{Cantidad total residuo dispuesto en vertedero } \left(\frac{Kg}{día}\right)}{\text{Población total atendida } \left(\frac{habitantes}{día}\right)}$$

Es posible que las producciones per cápita, calculadas por ambos métodos no coincidan, en cuyo caso se deberá analizar la causa de esta diferencia y determinar si ella es ambientalmente aceptable¹⁶.

Densidad. Estima la relación entre el peso y el volumen que ocupan los residuos en un determinado contenedor.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso de los residuos sólidos (Kg)}}{\text{Volumen que ocupan los residuos sólidos en el recipiente (m³)}}$$

¹⁶ Las diferencias pueden estar originadas en pérdidas al momento de la recolección, derrames en el momento de su traslado y por retiros previos por recicladores informales.

b) Métodos de estimación directos

Los métodos de estimación directos permiten determinar características más específicas, como por ejemplo la composición, para lo que se requiere seguir procedimientos de recolección de datos que ayuden a discriminar características particulares.

En ese sentido, será necesario seguir los siguientes pasos:

- Recopilar información sobre el número de habitantes; obtener mapa de situación de la zona de estudio; ubicar las fuentes no domésticas de producción de residuos sólidos; zonas e itinerarios de recolección y centros de disposición final.
- Seleccionar muestras representativas de 100 Kg. En caso de existir diferentes estratos sociales en la zona de estudio, previendo la posibilidad de diferencias en la composición de los residuos. A su vez, se deberán seleccionar muestras representativas por cada estación del año.
- Para el cálculo de la densidad se colocan los residuos en recipientes que permitan su manejo y facilidad de análisis, pudiendo utilizarse recipientes de 200 litros. Se deben pesar los residuos en origen y medir el volumen que ocupan y establecer la relación peso/volumen. Para obtener la densidad en el vehículo recolector, se divide el peso de las toneladas transportadas y el volumen que ocupan en el vehículo, esta densidad lógicamente debe ser mayor. La densidad del residuo en vertedero se obtendrá midiendo el volumen topográficamente.
- Para obtener el peso total y por componentes del residuo, se mide durante siete días consecutivos, distinguiendo los siguientes componentes: para obtener la composición física de los siete días por componente y la producción per cápita, se debe calcular el promedio de los siete días. La composición física por componente resulta de dividir el peso total promedio de los residuos por el peso del respectivo componente y suele expresarse en %. La PPC es la relación entre el peso total y la población que produce estos residuos.

Cuadro 13
Matriz para cálculo de la composición de residuos sólidos

Componentes	Días														Promedio
	1		2		3		4		5		6		7		
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
Metal															
Vidrio															
Papeles y cartones															
Plástico															
Tetra Pack															
residuos orgánicos															
Madera															
Otros															
Total															

Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999e.

Con estos datos, estimando que la producción per cápita puede aumentar entre un 1% a 3% y conociendo las proyecciones de crecimiento de la población, se puede determinar la cantidad de basura en toneladas/año y el volumen (en m³) acumulado.

Además, si se conoce la densidad que se obtiene en el vertedero (alrededor de 600-800 Kg/m³) y los m³ de los que disponemos para verter los desechos, se puede obtener en forma sencilla los años de su vida útil.

C. Recolección y transporte de residuos sólidos¹⁷

La recolección es la recogida de los residuos acondicionados por el generador para encaminarlos por el medio del transporte adecuado, a una estación de transferencia, a una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final (IDRC/MAYT/IBAM, 2006). Se puede decir entonces, que la recolección de los residuos es el nexo entre la disposición inicial en el domicilio y el sistema de disposición final (así como de los procesos intermedios que se puedan suscitar). La recolección debe estar organizada de tal modo que permita un servicio eficiente y equitativo, sin producción de malos olores, polvos, ruidos molestos, desorden y en condiciones aceptables para un servicio de esta naturaleza.

La recolección es el eje troncal alrededor del cual giran todos los demás servicios. La organización racional del sistema de recolección de residuos de una localidad, y en especial de una ciudad de gran población, es un problema de ingeniería aplicada.

El rendimiento y eficacia de un sistema de recolección depende de la correcta armonía de una serie de factores que se entrelazan, tendientes a conseguir una recolección sanitaria efectiva con un desarrollo estético compatible con actividades de este tipo, tales como el tamaño de los vehículos de recolección, número de hombres por vehículo, tipo de residuos por recolección, número de viajes por día al lugar de disposición final, magnitud del sector que sirve cada vehículo, entre las más relevantes.

Para una eficiente gestión de recolección se requiere un área o departamento que tenga la responsabilidad total del problema y que cuente con el personal técnico debidamente capacitado a fin de que se garantice el costo mínimo posible de explotación.

Normalmente, la responsabilidad recae en los respectivos departamentos de las municipalidades, y en algunos casos, en el servicio de aseo. Sin embargo, cualquiera que sea la solución, los servicios de aseo estatales tienen a su cargo la supervisión y control sanitario tanto de la recolección como del transporte y disposición final de los residuos de la localidad.

Al diseñar un sistema de recolección es necesario establecer si éste se encuentra parcial o totalmente implementado en cuyo caso se debe realizar un diagnóstico de las operaciones que se están realizando.

Este diagnóstico requiere de la revisión del circuito, evaluando el horario, el volumen de residuos, la distancia hasta el centro de disposición y los tiempos requeridos y/o implementados.

Una característica importante del servicio es la regularidad horaria de la recolección. Además, la ruta prevista debe considerar un llenado completo de la capacidad del camión recolector. Para alcanzar estos objetivos, a partir de un plano de la ciudad, se determinan áreas en lo posible homogéneas según tamaño físico y densidad poblacional, cuyas características permitan el acceso y la operación de los vehículos.

En cada área se determina el número de viajes considerando el tiempo que demora el camión en acceder a la ruta de recolección, a la zona de transferencia, a la disposición final y la demora en la recolección teniendo en cuenta las condiciones específicas de la ruta: tráfico, ancho de las calles, pendiente, etc. El área de recolección debe ser ajustada para completar la capacidad total del camión recolector.

Así mismo, la operación no puede estar ajustada sólo a requerimientos determinados o a urgencias periódicas. En este sentido, es difícil la información en cuanto a cantidad, tipo de residuos y otros, que permita tender hacia una mejor solución del problema. Por esto para obtener buenos rendimientos se hace necesario regularizar los días y horas de recolección en cada distrito, barrio o calle para acostumar a los moradores y facilitar la evacuación de los desperdicios de sus hogares. Así se evita que la basura se mantenga por horas en las calles, dando margen a la búsqueda de recolectores ambulantes y animales (por ejemplo, perros) que puedan hurgar en los residuos.

Ingresando a lo que es la organización del sistema de recolección, éste se puede dividir en cuatro etapas, como lo son el manejo interno y domiciliario; la recolección propiamente tal; el transporte y la descarga.

¹⁷ Apartado en base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999a.

En lo que respecta al *manejo interno y domiciliario*, éste sería acerca del manejo interno en edificios, hospitales, industrias, entre otros, aunque es responsabilidad de los usuarios del servicio, la municipalidad debe regularlo para proteger la salud pública y para facilitar el servicio de recolección.

En las casas de habitación, el usuario se las arregla para acumular su basura internamente y el municipio sólo debe regular su presentación para la recolección que debe incluir según el caso:

- Tipo de recipientes permitidos y de envoltura y calibre de las bolsas de plástico, si procede.
- Lugar de colocación; elevada en canastilla, en el suelo, entre otros.
- Horarios y días de recolección
- Si la recolección es selectiva se deberá especificar si la recolección se hará los mismos días, cuando el camión tiene compartimentos especiales, o si los componentes deberán sacarse en días diferentes. Se deberán especificar los colores también.
- Prohibiciones.

En el caso viviendas multifamiliares se deberán especificar las obligaciones del usuario de llevar la basura hasta los puntos de recolección y si hay contenedores, cómo deben usarse. Por ejemplo, si la basura se pone embolsada o a granel. En caso de recolección selectiva se deberán especificar qué contenedores deberán usarse para cada componente y que días.

El manejo interno en los hospitales debe prever la separación en el origen de los residuos peligrosos de los no peligrosos. La importancia de la capacitación del personal es muy importante por la diferencia de los costos de la recolección y tratamiento de una tonelada de residuos comunes y una tonelada de residuos peligrosos de hospitales.

El manejo interno es responsabilidad del hospital, pero el almacenamiento de los residuos debe normarse por el municipio. Se deben especificar la separación física de los lugares de almacenamiento, el color rojo y las características de las bolsas para los residuos peligrosos y las marcas que deberán llevar.

El municipio deberá expedir normas similares para la recolección en hoteles, restaurantes, mercados, entre otros, y estas tendrán que ser más cuidadosas cuando se aplique la recolección selectiva.

Cuando se habla de *recolección*, esta etapa abarca el tiempo empleado por el personal desde el momento que se inicia el vaciamiento del primer recipiente hasta que el último se ha descargado en el camión. La evaluación de la operación puede expresarse de varios modos, tales como: porcentaje del tiempo total empleado en cada viaje, hombres minuto por viaje, u hombres-minuto por unidad de residuos recolectados (tonelada, servicios o recipientes). La unidad más empleada para evaluar la recolección propiamente dicha corresponde a los hombres minuto por tonelada de basura recolectada. Esto supone que el tiempo requerido para esta operación de recolección, en las mismas condiciones, es proporcional al peso de los residuos recolectados.

Se pueden reconocer diferentes tiempos según el tipo de actividades que realiza el personal recolector en la recolección propiamente dicha. Ellos son:

- *En el camión*; tiempo gastado por el empleado en el vehículo, ya sea en recorrido, compactando la basura o esperando;
- *En la calle*; tiempo ocupado por el empleado en caminar por la calle o acera;
- *En la propiedad*; tiempo gastado por el empleado al caminar dentro de las propiedades privadas;
- *En el recipiente*; tiempo destinado a acomodar los residuos en un recipiente adecuado de recolección en el interior del hogar. Esta operación requiere un trabajo adicional obligando al personal de limpieza pública a entrar a la casa y normalmente vaciar los residuos a un recipiente liviano y de mayor tamaño, recipiente de traspaso, el cual se completa con varios servicios antes de llevarlo al camión.

- *En carga*; tiempo usado en vaciar la basura en el vehículo transportador. Incluye el tiempo empleado desde la iniciación de la descarga hasta que el operario tiene totalmente vaciado el recipiente o ha completado la operación de descarga;
- *En espera*, tiempo utilizado por el empleado en espera del camión durante la operación de carga, y
- *En descanso*; tiempo improductivo del empleado (conversaciones o actividades personales). Este no incluye el tiempo indispensable a otros propósitos, como tiempo de alimentación en horas de trabajo, tiempo requerido para obtener combustible, tiempo de atención al público o a los supervisores.

La operación de *transporte* corresponde al tiempo empleado por el camión desde el momento que recibió la basura del último recipiente hasta que se vacía la basura del primer recipiente del siguiente viaje de recolección, excluyendo el tiempo empleado en la operación de descarga en el sitio de disposición final.

La operación definida como *descarga* corresponde al tiempo utilizado por el vehículo de recolección en el sitio de disposición final. Normalmente representa una pequeña proporción del tiempo total ocupado en la recolección. Depende fundamentalmente de dos factores: tipo de camión (sistema de descarga) y tamaño del área receptora disponible en el sitio de disposición final. Hay que destacar que tanto el tiempo empleado en la operación de descarga como en la de transporte es tiempo improductivo para el personal encargado de la recolección, siendo muy difícil encontrar un trabajo de reemplazo apropiado para estos empleados y que no perjudique la recolección. El tiempo gastado en la descarga varía dentro de límites relativamente bajos.

En todas estas etapas se debe considerar la operación llamada “fuera de ruta”. Ella incluye las actividades relacionadas con el personal de la recolección, que no son productivas en relación con su trabajo, pero sí esenciales e inherentes al sistema, como, por ejemplo, el tiempo empleado por horas de comida, momento de descanso, atenciones menores del vehículo, abastecimiento de combustible, reuniones con supervisores, entre otros. Es de interés destacar que el tiempo medio dedicado a la operación de recolección varía de 6 a 8 horas por día, incluyendo el tiempo de almuerzo.

1. Alternativas para la pre-recolección o almacenamiento

En la actualidad, las principales alternativas disponibles de recipientes para depositar los residuos sólidos urbanos al paso de los camiones de recogida son los recipientes de almacenamiento; las bolsas o sacos desechables y los contenedores con ruedas. A continuación se describen cada uno de ellos:

a) Recipientes de almacenamiento

Este ha sido una de las formas de recipiente más utilizado. Generalmente se fabrican de plástico o goma y están provistos de una tapa para evitar los malos olores y la proliferación de insectos.

Los recipientes de basura constituyen un producto económico y rústico, pero que exige una intervención manual. Este material permite ofrecer un primer servicio de recogida de residuos, que resulta fácil de organizar y de bajo costo. Su capacidad varía entre 30 y 90 litros según la frecuencia de recolección.

b) Bolsas o sacos desechables

Suelen ser de plástico, y en algunos países de papel, y están provistos de una cinta para su cierre, con lo que se evita los malos olores y el derrame de residuos. En ciertos casos, la utilización de estos sacos puede presentar grandes ventajas, a saber:

- Supresión de las operaciones de retorno y mantenimiento de cubos de basura u otro tipo de recipientes, es decir que el operario ahorra tiempo y esfuerzo.
- Facilidad de manipulación para el usuario o servicios de recolección.
- Almacenamiento prolongado, ya que los usuarios pueden utilizar la cantidad que les sea necesaria y almacenar los residuos de forma higiénica durante varios días.
- Reducción de la frecuencia de la prestación de servicios (caso de viviendas aisladas) y posibilidad de adaptarse a las fluctuaciones propias de la producción de residuos (períodos de mayor afluencia en las ciudades turísticas, interrupción momentánea de los servicios de recogida).

Si sus características técnicas de resistencia a la rotura no son las adecuadas, pueden romperse, generando derrame de residuos en la calle. Además, presentan el riesgo de que el personal operario se produzca lesiones con objetos cortantes o punzantes que vayan en su interior. La capacidad de estas bolsas o sacos varía entre 30 y 110 litros según la frecuencia de recolección.

c) Contenedores con ruedas

Es un tipo de recipiente de basuras de concepción y diseño original. Se fabrican en material plástico de alta resistencia y están equipados con los siguientes elementos:

- Pequeños, con dos ruedas fijas, o grandes, de cuatro ruedas giratorias, en función de la forma y capacidad.
- Una tapa equipada de bisagra.
- Un sistema de enganche especial para la elevación y vaciado automáticos en los camiones recolectores equipados de elevador de contenedores.

Este sistema se ha impuesto rápidamente en muchos países por sus características y ventajas, tales como:

- *Maniobrabilidad.* El sistema de ruedas hace más fácil el manejo y la manipulación durante las operaciones de pre-recogida y recogida. El vaciado automático mejora de forma considerable las condiciones de trabajo del personal.
- *Rapidez.* Las operaciones de recolección son más rápidas y se realizan en buenas condiciones de higiene y seguridad. La gran capacidad de estos contenedores permite espaciar la frecuencia de las prestaciones de servicios de recogida.
- *Resistencia.* Por su calidad y diseño, este tipo de contenedores resiste mejor las inclemencias del tiempo, así como los daños que los animales puedan ocasionar.
- *Acoplamiento.* Los contenedores grandes de 4 ruedas están concebidos de forma que se puedan acoplar uno tras otro, facilitando su traslado al punto de recogida mediante un tractor por ello resultan muy adecuados para los grandes conjuntos de edificios.

La distribución y tamaño de estos contenedores se debe realizar en función del tipo de edificio, número de viviendas, personas que lo habitan, la frecuencia de recolección, los residuos que generan diariamente, entre otros. Sin embargo, para optimizar su uso es necesario: que los camiones recolectores dispongan de equipo eleva-contenedores; facilitar el acceso a las zonas de almacenamiento de residuos en los edificios; y establecer un sistema de mantenimiento y limpieza de tales receptáculos.

La capacidad de estos contenedores varía entre 120 y 1.100 litros (véase la imagen 1).

Imagen 1
Tipos de contenedores con ruedas



Fuente: Catálogo de productos Formato Verde [En línea: <http://www.formatoverde.es/es-ES/empresa.aspx>] [Fecha de consulta: 09-12-12].

d) Contenedores de gran capacidad

Pueden ser abiertos o cerrados, y en algunos casos van equipados con equipo auto-compactador que permite una reducción de 2/3 del volumen de los residuos. Construidos con láminas de acero reforzadas por largueros del mismo material, disponen de puntos de enganche delanteros y traseros que permiten su carga en vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo "ampiroll", "cadenas", también llamados "*roll on-roll off*", entre otros. Dadas las características de estos vehículos hay que prever su acceso a la plataforma en que están ubicados los contenedores.

Los contenedores abiertos sirven para depositar residuos voluminosos (somieres, electrodomésticos, muebles, entre otros), así como escombros, embalajes y materiales diversos; mientras que los contenedores cerrados, que disponen de auto-compactador, se utilizan en los grandes conjuntos de viviendas, mercados, hospitales, entre otros, para depositar los residuos ordinarios y actúan como pequeñas estaciones de transferencia, reduciéndose el número de transportes hasta los centros de tratamiento. La capacidad de estos contenedores varía entre 5 y 30 metros cúbicos.

e) Contenedores para recogida selectiva

Pueden ser de diferentes capacidades y tipos, desde tambores de 200 lts. Hasta contenedores grandes fabricados ex profeso. Estos últimos pueden tener diversas formas y generalmente se fabrican en material plástico de alta resistencia. Están concebidos para recibir exclusivamente un solo tipo de residuo: vidrio, latas, cartones o papeles, plásticos, etc., por lo que se instalan en los centros de acopio, que a su vez están distribuidos en zonas estratégicas de la ciudad para favorecer la recogida selectiva de aquellos residuos que es interesante someter a procesos de recuperación.

El uso de estos contenedores favorece la recuperación de materias primas para la industria, la disminución de residuos a tratar, la eliminación de materiales no deseados, y cuando los residuos van a someterse al proceso de compostaje.

En Anexo C se muestran las tecnologías en contenedores de recogida selectiva.

2. Alternativas para recolección y transporte

Esta fase comprende el conjunto de operaciones iterativas de carga-transporte-carga desde que los residuos son presentados hasta que son descargados, bien directamente en los puntos de tratamiento o en plantas de transferencia.

Es de vital importancia saber que esta fase representa entre un 60 y un 80% de los costos globales de la gestión de los RSU y, en consecuencia, requiere una cuidadosa administración.

En la actualidad se pueden distinguir tres grandes grupos de sistemas de recogida: sistemas tradicionales de recogida domiciliaria; sistemas que implican inversiones adicionales en barrios y/o edificios y recogida selectiva.

a) Sistemas tradicionales de recolección domiciliaria

Se denomina sistemas tradicionales de recogida a aquellos en los que se recogen indiscriminadamente todos los residuos (a excepción de los industriales o los que pueden contener componentes tóxicos), en el lugar en que son producidos y sin ninguna compresión previa. Generalmente estará reglamentado el uso de bolsas.

El hecho de que la recogida se realice desde el lugar de producción de los RSU, no significa que el servicio que se ofrece a los ciudadanos siempre cubra todo el recorrido desde el domicilio hasta la planta de eliminación o transferencia. De este modo, se puede distinguir entre distintos tipos de recogida que suponen una mayor o menor colaboración ciudadana:

- *Recolección de esquina o punto fijo.* El camión realiza paradas en puntos fijos accesibles a los usuarios, donde hace sonar una campana y la gente acude con sus recipientes hasta ahí. Es un método económico pero requiere de la participación del usuario y de que esté en la casa cuando pasa el camión.
- *Recogida domiciliaria casa por casa:* Es el servicio más completo que prácticamente no implica trabajo alguno a las familias o locales afectados, pero que requiere una abundante mano de obra.
- *Recogida semimecanizada con recipientes especiales por edificios o grupos de viviendas:* sólo se requiere el trabajo de colocación en los cubos y permite reducir algo la cantidad de personal por vehículo, así como disminuir los tiempos de recorrido.
- *Recogida mecanizada en containers especiales, por manzanas o recorridos de viviendas:* Implica un mayor trabajo de desplazamiento para el usuario y la disposición de espacio suficiente para la localización y fácil acceso a los contenedores. También, permite reducir a un solo trabajador por camión la plantilla de recogida. De forma más estricta que con los recipientes, se requiere que este equipo cumpla unas normas estrictas de mantenimiento (desinfección periódica, entre otros) y que los vecinos afectados colaboren con el servicio.

Se pueden adoptar más soluciones intermedias, pero lo importante a tener en cuenta es la relación que existe entre mecanización del servicio —lo que puede representar un abaratamiento de los costes— y mayor colaboración ciudadana y entre disminución de los tiempos de recorrido y mayores necesidades de equipo adicional.

b) Sistemas en edificios y unidades habitacionales

En edificios de nueva construcción se han diseñado sistemas sencillos de ductos verticales con compuertas en cada piso o apartamento en los que se depositan las basuras que caen hasta en un lugar inferior del edificio. Estos sistemas son muy comunes en la actualidad en toda Latinoamérica.

Solo como ilustración se mencionará algunos sofisticados sistemas piloto que se han instalado en algunos países nórdicos, consistentes en ductos verticales en los edificios que se unen a tuberías neumáticas horizontales, que conducen los residuos de los diversos edificios de una unidad habitacional, hasta un centro de tratamiento. El centro de tratamiento puede ser compactación para llevar al relleno, o incineración para producir vapor para la calefacción de la unidad habitacional.

El uso de estas técnicas requiere un espacio adecuado en los grandes edificios o conjuntos de viviendas, una inversión muy importante, y un sistema de mantenimiento/funcionamiento adecuado. Pero, en la medida que aumenten los costos del servicio tradicional, estos métodos pueden empezar a ser rentables.

c) La recolección selectiva

El único sistema de recogida que tiene en cuenta y presupone un sistema de eliminación posterior es la recogida selectiva, que va unida a los sistemas de reutilización de los residuos.

El modelo completo o ideal de recogida selectiva supone dos cosas: 1) la participación ciudadana al depositar en bolsas o cubos distintos los principales componentes diferentes de los RSU como pueden ser el papel, los plásticos, el vidrio, metales y residuos orgánicos; 2) la recogida por separado de dichos componentes bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados. Para su implementación se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- *Adecuado sistema de reutilización.* La recogida se hace más compleja y como consecuencia de ello aumentan los tiempos de recorrido y la dotación o sofisticación de los vehículos. Ya se ha mencionado que la recogida es el componente principal del coste total del servicio de recogida y eliminación de los RSU (entre 60-80%), por lo que este factor de encarecimiento no es en modo alguno despreciable y puede dar como resultado un encarecimiento del coste total del servicio.
- *Existencia de mercados de los productos resultantes.* Se requiere un grado de concientización y colaboración ciudadana bastante elevados, ya que para que el sistema sea efectivo, toda la población afectada debe cumplir las normas de selección de los residuos. Dados estos factores de "educación ciudadana", el proceso de implantación del sistema requiere un tiempo adecuado.

Sin embargo, y sin descartar la organización completa de la recogida selectiva, existen bastantes soluciones que simplifican este modelo ideal aunque no hacen tan completa selección de los residuos, a saber:

- Dentro del modelo ideal se puede reducir el número de componentes a seleccionar de acuerdo con los precios del mercado.
- También dentro del modelo ideal se pueden adecuar los distintos tipos de recogida sólo a los barrios que anteriormente analizados que suponen una mayor colaboración ciudadana y un abaratamiento de los costos de transporte. Así como también se pueden utilizar las distintas soluciones que suponían inversiones adicionales, adecuadas en este caso a la existencia de tipos diferenciados de residuos.
- Cuando la recogida selectiva se realiza porque en último extremo existen mercados de los productos resultantes, se puede instrumentar un sistema opcional de recogida con incentivos, bien sea con la compra de papel, vidrio, etc., o porque el ciudadano sólo pague por la recogida y eliminación del volumen de residuos no diferenciados. De hecho esto supone que la rentabilidad de la reutilización puede cubrir el costo del transporte y restringe bastante las posibilidades efectivas de este tipo de soluciones. Esta posibilidad se podría contemplar o bien como forma de tránsito gradual hacia la recogida selectiva completa, o bien sin más incentivos adicionales que el abaratamiento que se puede obtener en los costos y por tanto en la tarifa que se cobra al ciudadano.
- La forma más sencilla y rudimentaria de seleccionar los residuos es tener en cuenta los distintos tipos de RSU que se producen en un núcleo urbano por áreas de producción. Por ejemplo, si se recogen por separado los residuos de los mercados, de las áreas en que prácticamente sólo existen oficinas o centros comerciales, entre otros, se obtiene una diferenciación importante de los residuos. Ahora bien, para que una solución de este tipo resulte rentable, el desarrollo de una planta de reciclaje sólo parece posible en grandes núcleos urbanos.

En algunas ciudades europeas —como por ejemplo Barcelona— se da este tipo de diferenciación de los residuos por lugar de origen o barrios. Esta diferenciación no soluciona el proceso de reutilización

sino que se adecua a la incineración de los residuos, ya que los distintos tipos de residuos contienen un poder calorífico diferente.

d) Decisiones complementarias al sistema de recolección

Habiéndose seleccionado un sistema de recogida, a lo menos debe adoptarse decisiones en cada uno de los aspectos como la frecuencia de la recolección, los horarios, y tener en cuenta algunos de los factores que influyen en los tiempos de la recolección. Para esto, se describirá a continuación cada uno de estos aspectos.

Frecuencia de la recolección. Dependiendo de las condiciones climáticas, del grado de generación, del área socio-económica, entre otros factores, se debe establecer la frecuencia de recogida de los residuos con periodicidad diaria, tres veces por semana, dos veces por semana o semanal. Los costos serán función de esta periodicidad.

Horarios. Para poder alcanzar un mayor dinamismo del servicio se hace necesario elegir aquel horario, diurno o nocturno, en que exista menor intensidad de tráfico y cree menores problemas por impacto ambiental. Las circunstancias apuntadas coinciden con horarios nocturnos. Los residuos sólidos de tipo comercial se prestan mejor a una recogida diurna que debe coincidir con la de menor intensidad del tráfico.

La elección de una u otra forma de realización del servicio de recogida de basuras (diurna o nocturna) no debiera ser fruto de una decisión poco meditada por parte de los entes municipales, ya que evidentemente cada población tiene una serie de circunstancias tales como: alumbrado público, climatología, densidad de circulación, situación y estado del lugar elegido para la disposición final de los residuos sólidos recolectados, entre muchos más, y que influyen notablemente a la hora de elegir un determinado horario.

Uno de los problemas que pueden originarse al pretender poner en práctica un servicio de recogida nocturna, es el ruido que producen los vehículos recolectores.

Este ruido no es solamente el producido por el motor, generalmente diesel, sino además el producido por los propios mecanismos de compresión del equipo recolector. El primero de ellos es difícil de eliminar por sus propias características y porque en muchos de los casos, los servicios de mantenimiento no se preocupan demasiado de que los motores y sus sistemas silenciosos de expulsión de gases, estén verdaderamente ajustados. Este inconveniente solamente se ha podido resolver con la utilización en algunas ciudades de chasis movidos por tracción eléctrica, mediante motores eléctricos alimentados por baterías de plomo de gran capacidad. Este sistema realmente poco utilizado en la actualidad, tiene una serie de ventajas, pero tiene la limitación de capacidad de las baterías, no habiéndose superado todavía autonomías de más de 100 km. y de la dificultad de superar ciertas pendientes, por lo que su utilización podemos considerarla restringida a cierto tipo de ciudades o itinerarios de recogida.

Respecto al problema del ruido que producen los propios mecanismos de compresión de los vehículos, es importante el avance que se ha producido en su eliminación, siendo fundamental a la hora de decidir una adquisición de este tipo de equipos, el realizar por los Servicios Técnicos Municipales un exhaustivo estudio de los distintos sistemas que ofrece el mercado.

Independientemente de las características técnicas del material a utilizar para un servicio nocturno o diurno, antes de decidir por uno u otro, se deberá tener en cuenta -tal como se indicara anteriormente- las características urbanas de la ciudad, pudiendo señalar una clasificación que no pretende ser limitativa, sino meramente enunciativa, por la multitud de casos particulares que pueden presentarse y que podrían llevar al convencimiento de que lo más adecuado sea hacer un servicio de recogida nocturno o diurno, solamente para determinada zona de la ciudad:

- *Poblaciones turísticas.* Por ser lugares donde generalmente hay vida nocturna, es aconsejable realizar el servicio a primeras horas de la mañana, evitando que los cubos o recipientes donde se depositen los residuos por los usuarios, permanezcan en las calles durante la noche.

- *Poblaciones con un centro urbano congestionado.* En ellos, evidentemente, deberíamos ir a realizar un servicio de recogida con carácter nocturno para evitar las dificultades de tráfico a primeras horas de la mañana y las perturbaciones que ello pudiera ocasionar.
- *Grandes y medianos núcleos urbanos.* La práctica aconseja realizar el servicio de recogida en horas nocturnas salvo en zonas periféricas o de deficiente iluminación.

Tal como ya se indicó, en aquellas poblaciones donde es fácil diferenciar dos o varios sectores distintos de forma de vida, se podría sugerir la conveniencia de realizar un servicio mixto de recogida de basuras, realizando con carácter nocturno la de carácter domiciliario y de centros comerciales, desarrollando el servicio con carácter diurno o de madrugada en polígonos industriales y zonas de recreo. Se entiende que cada población requiere un estudio previo específico antes de adoptar una u otra solución, pudiendo llegar el caso que por la complejidad de rutas e itinerarios de determinadas poblaciones, sea aconsejable el procesar todos los datos incluso por computador.

Factores que influyen en los tiempos de recolección. En la recolección propiamente dicha, es posible destacar los siguientes factores como influyentes en los tiempos de recogida:

- a) Tipo de receptáculo.
- b) Ubicación del receptáculo.
- c) Número de recolectores.
- d) Tipo de zona o sector.
- e) Calidad de las vías de circulación.
- f) Tránsito de vehículos.
- g) Hora en que se realiza la recolección.
- h) Climático.

e) Equipos para la recolección

Los equipos de recogida de residuos deberán elegirse teniendo en cuenta todos aquellos factores característicos de cada ciudad o área de recogida: el tipo de viviendas; la densidad de la población; el urbanismo; el volumen y el tipo de residuos; las variaciones de estación; la frecuencia o la rapidez con que se requieren los servicios de recogida; la distancia a los centros de tratamiento; los requerimientos en materia de higiene, de estética y de las condiciones de trabajo del personal; el monto de las inversiones y los costos de explotación.

Las principales alternativas disponibles en cuanto a vehículos recolectores son los camiones recolectores con caja compactadora; camión recolector con caja cerrada sin compactación; camiones para contenedores de gran capacidad (roll on-roll off); camiones de caja abierta y otros tipos de vehículos; todos estos serán descritos a continuación.

Camión recolector con caja compactadora. Estos vehículos están equipados con una caja compactadora que dispone de una tolva para la carga de los residuos y un dispositivo de comprensión que permite reducir entre 3 y 5 veces el volumen de los residuos. Se clasifican también según la ubicación del sitio de carga, como de carga trasera, lateral o frontal (de contenedores únicamente).

La caja compactadora suele estar construida con chapas de acero especial, de alta resistencia a la abrasión y a la corrosión, reforzada con vigas y tirantes de acero de gran resistencia y montada sobre un bastidor de soporte sumamente sólido.

El vaciado de la caja compactadora se realiza, generalmente, mediante una placa de expulsión accionada por un circuito hidráulico.

Los camiones recolectores-compactadores pueden ir equipados con un elevador de contenedores que se adapta a los diversos tipos normalizados de 2 ó 4 ruedas, o sin ellas, facilitando la recogida hermética.

Este tipo de vehículo presenta las siguientes ventajas:

- reducción del coste del transporte por tonelada;
- reducción del tiempo de recogida;
- al ser la caja hermética, se mejoran las condiciones higiénicas, estéticas y de seguridad del servicio prestado.

La capacidad normal de estos vehículos oscila entre 6 y 25 metros cúbicos, es decir de 2 a 13 toneladas de residuos (véase la imagen 2).

Imagen 2
Recolector compactador de carga trasera 15 y 19m³



Fuente: Cortesía de Marcel Szantó, 2013.

Camión recolector con caja cerrada sin compactación. Las características técnicas de la caja son similares a las anteriores en lo referente a corrosión y estanqueidad, pero no disponen de mecanismo compactador por lo que su capacidad de carga es más reducida.

Suelen utilizarse en pequeños núcleos urbanos con poca generación de residuos, mientras que en ciudades de mayor tamaño, se emplean para la recogida de restos de arbolado y residuos de la limpieza viaria.

Camión para contenedores de gran capacidad (roll on–roll off). Son vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo "ampliroll", "cadenas", etc., para poder levantar y depositar los grandes contenedores sobre el chasis del camión para su transporte al centro de tratamiento.

Camión de caja abierta. Este tipo de vehículos se suele utilizar en áreas rurales donde el volumen de residuos es muy reducido y no se dispone de suficientes medios económicos para realizar un servicio adecuado.

Al estar abierta la caja, si no se instala una lona o red, se vuelan los plásticos y papeles, y además, como la caja no suele tener la adecuada estanqueidad, se produce la pérdida de líquidos a lo largo de todo el recorrido, ensuciando las calles.

En las áreas urbanas, este tipo de camión suele utilizarse para la recogida de residuos voluminosos como somieres, electrodomésticos, muebles, etc.

Otros tipos de vehículos. Dentro de este concepto se incluyen los carros, remolques, volquetes, entre otros, que son movidos por tracción animal o tractores. Generalmente se usan en el medio rural, en sectores donde el volumen de residuos generados es muy pequeño.

Este tipo de vehículos presenta iguales inconvenientes que los camiones de caja abierta pero indiscutiblemente están prestando un servicio a costes mínimos en áreas rurales de población muy dispersa o de poca densidad demográfica.

Imagen 3
Camión recolector de contenedores, carga trasera



Fuente: Cortesía de Marcel Szantó, 2013

En todos los casos, se debe adoptar decisiones sobre la capacidad del equipo, índice de compresión, contaminación por ruidos, relación tara-carga, etc. Las características más importantes a tener en cuenta son:

- Estanqueidad total, para evitar derrame de líquidos.
- Mayor índice de compresión, a fin de mejorar el rendimiento de los equipos.
- Rápida absorción de residuos.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Seguridad de manejo.

Y, evidentemente, siempre que las características urbanas del lugar lo permitan, debe procurarse elegir recolectores de gran volumen de carga para evitar pérdidas de rendimiento que suponen los desplazamientos al centro de eliminación.

Asimismo, deberá tenerse en cuenta, a la hora de elegir los equipos más apropiados, el poder disponer en el parque de vehículos de aquellos para realizar los servicios especiales que no pueden o no deben ser realizados con los recolectores compresores, tales como animales muertos, productos sanitarios, derivados de actividades sanitarias y aquellos otros que por sus características no sea adecuada su compresión.

En ocasiones, motivos de eficiencia en el uso de los vehículos pueden aconsejar dividir la función de recogida de la función de transporte, vaciando los camiones de recogida sobre camiones más grandes y más adecuados para el transporte a distancia de grandes volúmenes de residuos. Esta ruptura del sistema de recogida se efectúa en las denominadas plantas o estaciones de transferencia¹⁸.

¹⁸ Plantas de transferencia o estaciones de transferencia. Se profundizará más acerca de este tema dentro de este capítulo.

D. Barrido de calles y áreas públicas

El barrido de calles y áreas públicas se efectúa principalmente en las vías pavimentadas de intensa circulación peatonal. En la mayoría de las ciudades latinoamericanas el rendimiento del personal es de 1,0 a 2,0 km/día de calle (o sea 2,0 a 4,0 km. de cuneta), se recogen de 30 a 90 kg de basura por kilómetro barrido y se requieren entre 0,4 y 0,8 barrenderos por cada 1,000 habitantes, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la proporción de calles pavimentadas y no pavimentadas, del grado de dificultad del barrido y de la educación y cooperación de la comunidad.

El barrido mecánico tiene costos más bajos pero implica desplazamiento de mano de obra. El reemplazo del barrido manual por el mecánico es un aspecto crítico que se sigue discutiendo en América Latina y el Caribe por los conflictos sociales que ocasiona el despido de personal en países con altas tasas de desocupación. Más aún, cuando precisamente el barrido absorbe un elevado número de trabajadores, sobre todo mujeres, que no están calificados para otros tipos de empleo. Es frecuente que muchos servicios municipales de aseo urbano utilicen hasta 50% de su fuerza laboral en el barrido de calles y áreas públicas.

La cantidad de residuos sólidos proveniente del barrido se incrementa con basura domiciliaria o residencial cuando el servicio de recolección es ineficiente o inadecuado.

Sea porque el barrido manual utiliza intensiva mano de obra o porque el barrido mecánico requiere equipo importado costoso y personal operativo capacitado. La mayoría de las ciudades con más de 200.000 habitantes utiliza personal de barrenderos y barredoras mecánicas. Las ciudades con menos de 200.000 habitantes generalmente emplean barrido manual. Las ciudades grandes cubren con barrido 100% de las calles pavimentadas del centro de ellas. La falta o deficiencias en el mantenimiento del equipo es el mayor obstáculo del barrido mecánico.

El barrido del área comercial de las ciudades es responsabilidad municipal, pero en varios países los residentes son responsables de la limpieza de la acera delante de su propiedad. La contratación de los servicios de barrido al sector privado formal y microempresas es cada vez más frecuente en las ciudades de la Región, con ventajas interesantes en cuanto a reducción de costos y a la calidad del servicio.

Quizá el aspecto más importante del barrido, sobre todo en las áreas de gran circulación de peatones donde además se concentra la venta callejera, se relaciona con la colocación de papeleras y con la educación ambiental de la población para cooperar con el servicio.

E. Estaciones de transferencia

En la actualidad, los centros de disposición final de los residuos sólidos tienden a ubicarse a una mayor distancia de los núcleos de generación. Esto origina un grave inconveniente ante la necesidad de recorrer grandes distancias por parte del vehículo recolector, cuyo diseño está concebido sólo para la recolección, más no para el transporte.

Como solución a este problema surge el concepto de “estación de transferencia”. Allí, los residuos de los vehículos recolectores son transferidos a equipos de transporte que poseen una gran capacidad de carga (trailers, barcasas, ferrocarriles, entre otros), los cuales llevan los residuos al centro de disposición final.

Las estaciones de transferencia son edificios generalmente cerrados, parcial o totalmente, con el fin de eliminar los posibles impactos producidos por olores, ruidos, diseminación de residuos, entre otros.

1. Tipos de estaciones de transferencia¹⁹

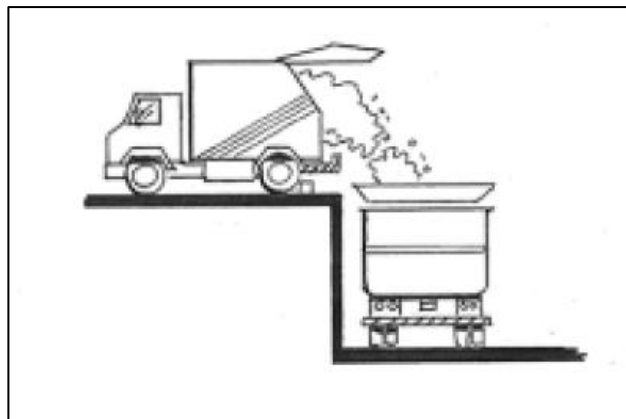
a) Estación con trasbordo directo

Este tipo de estación es muy usual. Tiene un desnivel entre las plataformas de carga y descarga, de modo que los camiones recolectores, en una cota superior, descarguen los residuos directamente en el

¹⁹ En base a IDRC/MAyT/IBAM, 2006.

vehículo de transferencia. Como no disponen de un lugar para acopio de residuos, estas estaciones requieren de una flota más numerosa de vehículos de transferencia para evitar que los camiones recolectores deban esperar demasiado para descargar.

Imagen 4
Estación con trasbordo directo



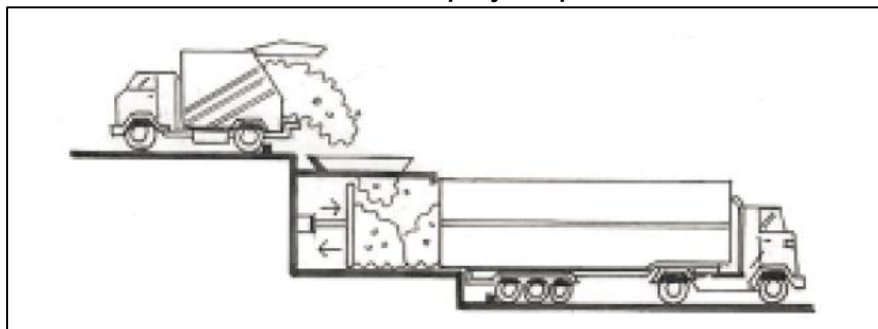
Fuente: IDRC/MAYT/IBAM, 2006.

b) Estación con acopio

Estas estaciones se subdividen en tres tipos:

- Estación con acopio en silos y compactación. El principal objetivo de estas estaciones es aumentar la masa específica de los residuos a fin de reducir el gasto en el transporte. El modelo tradicional cuenta con un silo de acopio y un desnivel entre las plataformas de carga y descarga. Un sistema hidráulico instalado en el silo compacta los residuos en el interior de los vehículos de transferencia.

Imagen 5
Estación con acopio y compactación

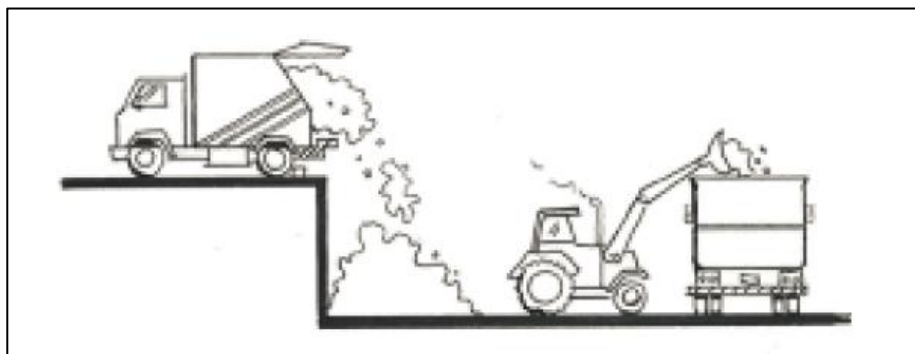


Fuente: IDRC/MAYT/IBAM, 2006.

- Estación con acopio en silos y sin compactación. Algunos proyectos incluyen silos de acopio para recibir los residuos transportados por los camiones recolectores. Una máquina tipo excavadora hidráulica retira los residuos de los silos y los carga en los vehículos de transferencia. Este modelo es el más adecuado para estaciones que reciben hasta 1.000 T/día.
- Estación con acopio en patios y sin compactación. Estas estaciones cuentan con patios pavimentados, cubiertos y con costados cerrados, a fin de evitar la exposición de los residuos y mejorar la estética de las instalaciones. La carga de los residuos en los vehículos de transferencia

puede hacerse usando excavadoras hidráulicas o palas cargadoras. En este modelo, tanto la descarga de los camiones recolectores como la carga de los vehículos de transferencia es muy rápida, y puede ser empleado en estaciones de pequeña y gran envergadura.

Imagen 6
Estación con acopio y sin compactación



Fuente: IDRC/MAYT/IBAM, 2006.

La ubicación de una estación de transferencia se torna viable cuanto la distancia entre los núcleos generadores de residuos y los centros de disposición final es grande. Aunque la factibilidad de la instalación debe ser considerada particularmente según las condiciones locales y sus necesidades, estudios realizados sobre el tema indican que, ante una distancia de aproximadamente 25-30 Km. ya es conveniente estudiar la posibilidad de implantación de una estación de transferencia para la minimización de los costos de transporte. Lógicamente este criterio no es el único, siendo necesario realizar un estudio de prefactibilidad para una correcta decisión.

Algunas de las principales ventajas reconocidas para este sistema se pueden resumir a continuación:

- *Economía de transporte.* En un transporte de transferencia la carga útil legal puede ser de 18 a 25 toneladas en comparación con las 4 a 10 toneladas del transporte por vehículos recolectores. Lógicamente esto reduce los viajes al centro de disposición final, permitiendo así que la flota de recolección permanezca más tiempo en sus rutas, lo que produce una importante reducción de los costos de capital y operación.
- *Ahorro de trabajo.* Los camiones que realizan la recolección tienen tripulaciones de dos o tres personas, además del conductor. Durante el tiempo “adicional” de transporte del vehículo hacia el lugar de disposición esta tripulación debe permanecer en el vehículo, lejos de su labor de recolección, con el costo que ello conlleva. El vehículo encargado del recorrido de la estación de transferencia a la disposición final sólo necesita un operario (el conductor).
- *Ahorro de energía.* Los consumos por Tonelada/Kilómetro transportado, son menores en los vehículos de transferencia que en los recolectores.
- *Reducción de costos por desgastes y/o roturas del equipo.* Debido a la menor cantidad de viajes se logra una disminución en el kilometraje global de recorrido, con la consiguiente reducción en el desgaste de los equipos.
- *Versatilidad.* La flexibilidad de los sistemas de transferencia permiten cambiar el destino final de los residuos sólidos con un mínimo impacto en la operación de recolección.
- *Reducción del frente de descarga en los rellenos.* Dado que el tamaño del frente de descarga en el relleno está determinado por el número y tipo de vehículo utilizado, una reducción en el volumen de éstos demandará una disminución del área de trabajo en la descarga. También producirá mayores condiciones de seguridad debido a reducción del tránsito de vehículos.

- *Posibilidad de reciclado.* Si las condiciones operativas, de costos, sanitarias, etc., lo permiten, las estaciones de transferencia pueden dar una excelente posibilidad de reciclado primario de algunos materiales previamente a ser dispuestos.
- *Personal.* Se debe dotar a los servicios de infraestructura técnica necesaria para alcanzar los mejores resultados, tanto medioambientales como económicos. Se debe fijar el número de empleados por equipos y se limitará el sector del cual son responsables. Se les debe proveer de los medios necesarios para desarrollar su trabajo con la higiene y seguridad que la normativa dicte.
- *Educación ciudadana.* La colaboración por parte de los usuarios de un servicio de recogida de basuras y en general de todos los vecinos de una determinada población puede posiblemente llegar a ser el problema más difícil con el que se enfrentan todas las administraciones locales. A la vez que se inicia un servicio de recogida de basuras, se debe planificar una serie de campañas de publicidad por el mayor número posible de medios, con el fin de llegar a crear en el ciudadano una auténtica conciencia del servicio de limpieza, dándole a conocer los medios humanos y mecánicos que se emplean con expresión de sus costos para que se den cuenta de la importancia que su colaboración puede representar a fin de no incrementarlos innecesariamente.

De esta manera, la recogida de residuos debe ser planificada de forma detallada en cuanto a itinerarios a seguir, horarios, número de viajes a realizar, tipo de equipo más idóneo, recipientes adecuados, personal necesario y frecuencia.

Los costos de explotación de un sistema de recogida pueden variar considerablemente en función de las condiciones características con que se realizan las operaciones de recogida. Los costos más elevados se registran cuando en una misma población las viviendas están dispersas, originando grandes desplazamientos y un llenado inadecuado de los camiones recolectores, o bien cuando las poblaciones son muy densas e implican problemas de tráfico y de estacionamiento. La mano de obra, la amortización de equipos, mantenimiento y combustibles, son los componentes que más influencia tienen en los costos de la recogida.

F. Tratamiento y valoración de residuos sólidos

Una vez recolectados y antes de ser depositados en los sitios de disposición final (o rellenos sanitarios), los residuos sólidos pueden ser sometidos a procesos que produzcan beneficios técnicos, operativos, económicos y ambientales. Así, el objetivo del tratamiento y valoración de los residuos es realizar operaciones encaminadas a la eliminación o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos.

La tecnología aporta multitud de soluciones, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes (véase el cuadro 14).

El tratamiento y valoración son más eficaces cuando (a nivel local o regional) hay empeño en la reducción de la cantidad de residuos, evitando el desperdicio, reaprovechando los materiales, separando los reciclables y desechando los residuos de forma correcta.

Cuadro 14
Tecnologías usadas en el tratamiento y valoración de residuos sólidos

Mecánicos	Clasificación; en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior
	Trituración; reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza
	Compactación; reduce los espacios vacíos (densifica los residuos).
Térmicos	Incineración; quema controlada, a alta temperatura, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental.
	Pirólisis; degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo, a temperatura inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético, y menos contaminación atmosférica.
Biológicos	Aeróbico; indicado para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor.
	Anaeróbico; importante en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases bastante con mal olor y tóxicos (ejemplo, el ácido sulfhídrico —H ₂ S—).

Fuente: IDRC/MAYT/IBAM, 2006.

1. Incineración

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en materiales inertes (cenizas) y gases. No es un sistema de eliminación total, pues genera cenizas, escorias y gases, pero determina una importante reducción de peso y volumen de las basuras originales.

La reducción de peso es aproximadamente del 70% y el volumen del 80 al 90% dependiendo fundamentalmente del contenido de fracciones de combustibles e inertes.

Toda planta incineradora de residuos urbanos debe estar proyectada para realizar las siguientes operaciones:

- Recepción, pesaje y almacenamiento.
- Alimentación y dosificación de hornos.
- Extracción de cenizas y escorias.
- Enfriamiento de gases.
- Tratamiento de los gases y de las cenizas volátiles de combustión.
- Transporte de escorias.

Las distintas partes del incinerador deben cumplir una serie de requisitos mínimos para poder transformar los residuos en ceniza o escorias prácticamente inertes; para conseguir que los gases de combustión contengan la mínima cantidad de polvo y para que el agua utilizada en el proceso no represente un peligro de contaminación.

La utilización del sistema de incineración para tratar los residuos sólidos urbanos presenta las siguientes ventajas:

- Escasa utilización de terrenos.
- Posibilidad de implantación cerca del núcleo urbano.
- Puede tratarse cualquier tipo de residuos si su poder calorífico es adecuado.
- Puede adecuarse para la eliminación de fangos de aguas residuales.
- Existe la posibilidad, para plantas de gran capacidad, de recuperación de energía.

Sin embargo existen también una serie de inconvenientes que generalmente son de tipo económico:

- Inversión alta de la instalación.
- Costes operacionales elevados.
- Escasa flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.
- Técnica de explotación muy especializada.
- Exposición a paros y averías, por lo que precisan un sistema alternativo.
- Precisan, en mayor o menor grado, aporte de energía exterior para su funcionamiento.
- No suponen un sistema de eliminación total, precisando un relleno para los rechazos.

Los problemas de contaminación atmosférica están resueltos, pero suponen importantes inversiones en sistemas de depuración de humos.

También ha de considerarse el coste de tratamiento de las aguas residuales generadas por los residuos en la zona de almacenamiento y de las utilizadas en el enfriamiento de escorias.

Algunos de los factores que determinan o condicionan la implantación de un sistema de incineración son los siguientes:

- Volumen de residuos a incinerar.
- Poder calorífico inferior de las basuras (PCI).
- Costes de inversión.
- Gastos de explotación.

El PCI es fundamental para estudiar la posibilidad de incineración. Un valor de 1.000 kcal/kg es el límite mínimo para adoptar este sistema, ya que permite la combustión de residuos en los grandes incineradores sin necesidad de combustible adicional.

La combustión de los residuos libera una cantidad de energía térmica que puede ser recuperada para usos como:

- Alimentación a una red de calefacción.
- Producción de agua caliente.
- Producción de vapor para la industria.
- Producción de energía eléctrica por vapor de alta presión.
- Accionamiento de turbinas por los gases de la combustión.

El aprovechamiento para calefacción y agua caliente no es frecuente por la gran variación estacional de la demanda y sobre todo por el alto costo de infraestructura, por lo que normalmente se produce energía eléctrica mediante vapor.

Los parámetros que, en definitiva, deciden la adopción de incineradores con sistema de recuperación de energía son: el poder calorífico de los residuos, la capacidad de la instalación y el precio de comercialización de la energía producida.

En los incineradores nuevos que se instalan con todos los procesos de control ambiental los costos, incluyendo los de costos de capital, por tonelada tratada varían de US\$ 100 a 200, descontando ya los ingresos por venta de energía.

2. Reciclaje²⁰

El objetivo del reciclaje es la recuperación (ya sea de forma directa o indirecta) de los componentes que contienen los residuos urbanos.

Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar; y
- Protección del medio ambiente.

El reciclado puede efectuarse de dos formas. La primera consiste en la separación de los componentes presentes en las basuras, para su recuperación directa, dando así origen a lo que se conoce como "recogida selectiva". Para la efectividad de este sistema se necesita, por un lado, la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (habitualmente se usan tres recipientes, uno para el vidrio, otro para los papeles y un tercero para el resto de la basura); y por otro lado la recogida de dichos componentes ha de realizarse por separado bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados.

La segunda forma de efectuar el reciclado es partiendo de las basuras brutas, o sea efectuando un tratamiento global de los residuos sólidos urbanos mediante técnicas comunales de la industria minera y metalúrgica, tales como la trituración, cribado y clasificación neumática para lo concerniente a la preparación del residuo y separación de las fracciones ligeras; y sistemas de clasificación por vía húmeda, electromagnética, electrostáticos, ópticos y flotación por espumas para la obtención y depuración de metales y vidrio.

La recuperación presenta ventajas e inconvenientes que se pueden resumir así:

- Las ventajas se derivan del aprovechamiento de materias primas, economía energética, uso racional de los recursos naturales, devolución a la tierra de su riqueza orgánica, participación ciudadana en los problemas de los residuos sólidos y valoración mejoramiento de los segregadores informales.
- Los inconvenientes pueden ser: las inversiones iniciales; el sometimiento a paros y averías, que impone un sistema alternativo; la producción de rechazos, que exige imprescindiblemente un relleno complementario; la gestión especializada y cuidadosa y el alto costo (real o escondido) de recuperación, limpieza y transporte del material separado, entre otros.

3. Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica, por vía aerobia, de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 y 70°C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

El proceso lleva consigo la separación manual o mecanizada de la mayor parte de los metales, vidrio y plásticos lo que generalmente hace que el proceso se asocie al reciclaje de estos materiales. La fermentación puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso tiene una duración de tres meses y de 15 días en el segundo.

²⁰ Como experiencia en reciclaje, se muestra en el ANEXO E "Reciclaje en Punto Limpio", donde además, se detallan las actividades extras como por ejemplo educación al público.

Realmente se puede considerar como un proceso de reciclaje en el que se recupera la fracción orgánica para su empleo en la agricultura, lo que implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias de ella extraídas.

El material resultante del proceso, llamado "compost", es un abono y no un fertilizante, es más bien un regenerador orgánico del suelo. Sus efectos positivos sobre el suelo son:

- Suelta los terrenos compactados y compacta los demasiado sueltos.
- Favorece el abonado químico al evitar la percolación.
- Aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.
- Es fuente de elementos nutritivos (nutrientes más oligoelementos).
- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.

Esta última acción es fundamental en los suelos con gran déficit en materia orgánica, menos de 3%. Hasta el momento, el medio principal de enmienda orgánica de los suelos ha sido el estiércol. Dada la disminución de producción de este material, debido a la cada vez menor utilización de animales en las faenas del campo, el "compost" puede ser el sustituto adecuado para esta importante función.

Las causas de su escasa utilización y el fracaso experimentado por algunas plantas de fabricación han sido las siguientes:

- Mala calidad del producto ofrecido al agricultor.
- Inestabilidad en el tiempo de la fermentación.
- Fabricación de una sola calidad.
- Falta de información al agricultor para su uso.
- Montaje de las fábricas pensando en su rentabilidad absoluta.
- Distancias de suministro excesivas y alto costo de transporte.
- Capacidades de producción pequeñas.
- Falta de estudio de mercado.
- Presencia de metales pesados en el producto.

Si se pretende generalizar la utilización del "compost" se deben establecer unos criterios de calidad, fabricando diferentes clases para distintas utilidades; deben establecerse factores limitantes, como salinidad, condiciones sanitarias, contenido en metales pesados, entre otros. Así mismo, se deben situar las plantas a distancias menores de 50 kilómetros de los centros de consumo; debe informarse a los agricultores de las condiciones de empleo de este material orgánico; y, por último, podrían inclusive establecerse precios subsidiados que le hagan competitivo con otros productos, considerando que como toda acción destinada a proteger el medio ambiente, tiene necesariamente un costo.

Como resumen, se puede decir del compost que:

- Tiene el carácter de enmienda orgánica.
- Es aséptico, libre de bacterias patógenas, semillas, huevos de acarios, larvas, etc., pero con intensísima vida bacteriana que activa los procesos bioquímicos del suelo.
- Sus elementos nutritivos están en forma de humus, fácilmente asimilable.
- Mejora química, física y biológicamente el suelo.

En Latinoamérica, en los últimos años, se han instalado varios emprendimientos que apoyan la recolección de basura orgánica para realizar previamente la técnica del compost y lombricultura. Como caso de estudio, se puede mostrar la experiencia de la Municipalidad de La Pintana en Santiago de Chile (véase el Anexo 2).

G. Disposición final de residuos sólidos

La disposición segura y confiable de los residuos sólidos es un componente importante de la gestión integral de residuos. Entre los métodos más conocidos para disponer los residuos sólidos, se consideran actualmente a los rellenos sanitarios como la mejor solución técnica, económica y ambiental.

1. Rellenos sanitarios²¹

Según CEPIS (en IDRC/MAYT/IBAM, 2006), el relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que pueden causar los líquidos y gases, producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

El relleno sanitario es una obra de ingeniería que se desarrolla en un área determinada y como resultado final produce la modificación de la topografía del terreno. Su ejecución brinda un servicio que es la disposición final de los residuos sólidos producidos por el núcleo urbano. Así mismo, para describirlo un poco se pueden considerar las siguientes características:

- El almacenamiento se realiza de tal forma que evitan molestias y riesgos para la salud pública así como la degradación del medio ambiente.
- El terreno dedicado a vertedero está perfectamente delimitado y cercado.
- Existe un control de accesos, de vehículos y personal.
- No se quema residuo, ni se producen malos olores, la basura está totalmente cubierta. No hay gente escarbando los desechos, existen drenajes de interceptación de aguas superficiales y control sanitario.
- Si tiene las obras de ingeniería adecuadas para el control ambiental de las emisiones de gases, del control y tratamiento de lixiviados, si es que son necesarios, si cuenta con programas de monitoreo ambiental, y si tiene planes de clausura y post-clausura.
- Un aspecto importante para remarcar es que los enterramientos sanitarios posibilitan métodos más complejos de tratamiento y llevan a cabo acciones correctivas en caso de contaminación de las napas, cursos de aguas y/o suelos.

a) Tipos de relleno sanitario²²

En relación con la disposición final de residuos sólidos, es posible proponer tres tipos de rellenos sanitarios: el relleno sanitario mecanizado, el semi-mecanizado, y el relleno sanitario manual. A continuación se describirán cada uno de ellos.

²¹ En el ANEXO F se presenta el Relleno Sanitario Loma Los Colorados en Santiago de Chile como ejemplo de cumplimiento de las características técnicas y altos estándares de calidad.

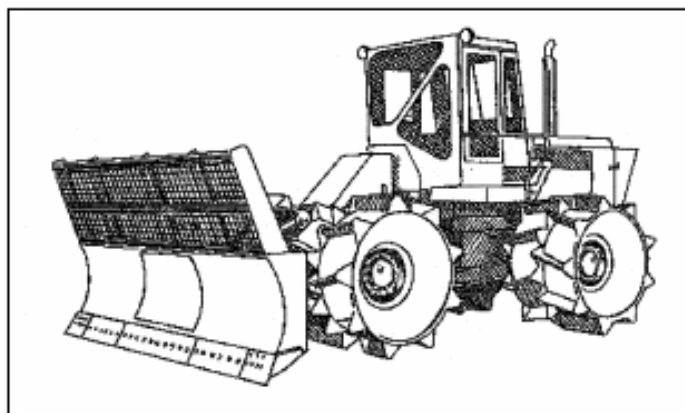
²² Esta sección es en base a Jaramillo, 2002, "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales", Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS).

Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias, es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, entre otros (véase la imagen 7).

Imagen 7
Relleno sanitario operado con equipo pesado



Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

Relleno sanitario semi-mecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que se podría llamar *semi-mecanizado*.

Para este tipo de rellenos sanitarios, es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras) en forma permanente cuando al relleno sanitario se llevan más de 40 t/día de residuos sólidos. En la Región, esto equivale por lo general a poblaciones mayores de 40.000 habitantes.

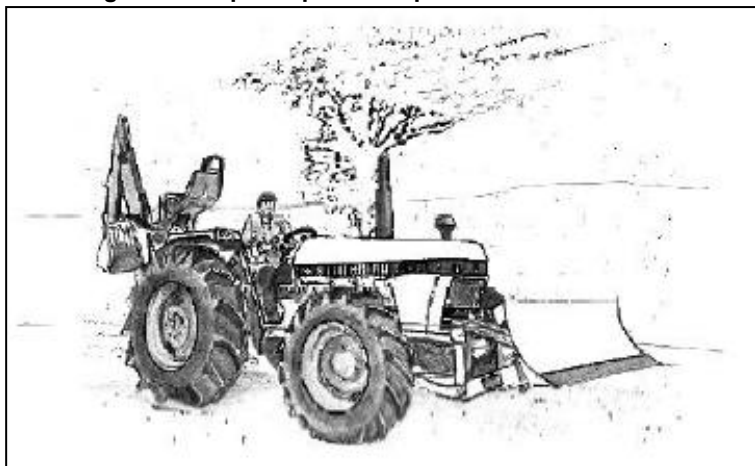
Por su versatilidad, el tractor agrícola puede servir para prestar o apoyar el servicio de recolección de basura si de preferencia se le engancha un remolque con volteo hidráulico de unos 6 a 8 metros cúbicos de capacidad o bien una caja compactadora, dependiendo de las necesidades y recursos de la localidad (véase la imagen 8).

Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen —menos de 15 t/día—, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

El término *manual* se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

Imagen 8
Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario



Fuente: Jaramillo, 2002.

b) Selección de emplazamientos para rellenos sanitarios

La elección del lugar de emplazamiento es un elemento determinante en todo proyecto de relleno sanitario, puesto que va a condicionar su funcionamiento y explotación, tanto desde el punto de vista técnico como desde el ambiental e higiénico.

En la selección del emplazamiento hay que tener en cuenta los factores económicos, técnicos y constructivos, los factores ambientales y los factores políticos, legales y sociales.

Factores económicos, técnicos y constructivos

- Distancia de transporte a los núcleos de recogida de los residuos sólidos.
- Volumen útil o capacidad del vertido.
- Sistema de accesos del posible emplazamiento.
- Disponibilidad de material de cobertura y sellado.
- Existencia de infraestructuras, agua, electricidad, teléfono.
- Morfología.
- Características geotécnicas del sustrato.
- Costo del terreno.
- Presencia o ausencia de recursos minerales y rocas industriales.

Factores ambientales.

Los factores ambientales están relacionados con las posibles alteraciones e impactos que el vertedero puede generar sobre diferentes aspectos del medio:

- Distancia a núcleos habitados.
- Aguas subterráneas.
- Aguas superficiales.
- Clima: pluviosidad, temperaturas, vientos, evaporación, evapotranspiración.
- Suelos, tipos, usos.

- Vegetación.
- Fauna.
- Riesgos geológicos: inundaciones, movimiento de laderas, erosiones, sismicidad.
- Calidad del paisaje.
- Incidencia visual.
- Espacios naturales o de interés cultural y/o científico.
- Es recomendable que estos estudios se lleven a cabo por grupos interdisciplinarios.

Factores políticos legales y sociales

- Molestias a los vecinos por tráfico, polvos, ruidos, etc.
- Oposición de la comunidad cercana al relleno por peligros reales o percibidos o síndrome “no en mi patio trasero” (con sus siglas en NIMBY —*not in my back yard*—).
- Oposición de vecinos y propietarios cercanos por temor a una devaluación de sus bienes.
- Existencia de un plano regulador de la ciudad que limite el uso del suelo
- Existencia de grupos y partidos políticos y conservacionistas que se oponen con razón o sin ella.

De los tres grupos de factores, la mayor parte de las veces, el más importante a tomar en cuenta es el último grupo, sin importar cuan aptos sean otros sitios desde el punto de vista técnico. Es por esta razón que la primera opción que debe estudiarse es la de ubicar el nuevo relleno en el lugar, o donde se tenga el vertedero actual o en sus alrededores.

Ahora, se describen las técnicas de selección de sitios para el emplazamiento de rellenos, en la inteligencia de que el lugar del vertedero actual será uno de los candidatos en la selección.

La identificación y selección final del sitio es posible hacerla en principio siguiendo los cuatro pasos principales, que se sugieren a continuación.

Fase 1: Proceso de clasificación del sitio (excluyendo áreas negativas).

Fase 2: Identificación de áreas para rellenos.

Fase 3: Estudio del sitio.

Fase 4: Decisión final.

Este proceso de estudio está destinado por una parte a la captación de información y por otra parte a reducir paso a paso el número de áreas y sitios potenciales.

Fase 1: Proceso de clasificación de sitios

La selección de un sitio adecuado para la ubicación de un vertedero depende de varios criterios. Algunos de estos excluyen absolutamente la posibilidad de construir un vertedero en un área determinada. Otros consideran factores negativos cuando se evalúa la factibilidad, especialmente los estudios relacionados con la hidrología, geología, geotecnia.

Como factores básicos de la investigación en el proceso de selección, se deben seguir los siguientes criterios:

Los criterios excluyentes

- Áreas de protección y captación de aguas potable existente o prevista.
- Áreas de grandes inundaciones.

- Suelos cársticos y áreas con condiciones de suelos de alta permeabilidad que permite una rápida penetración del agua o una posible lixiviación hacia el siguiente acuífero.
- Áreas con suelo inestable, como pantanos, brezales y/o marjales.
- Áreas con morfología extrema (pendientes pronunciadas, peligro de deslaves/avalanchas, etc.).
- Áreas amenazadas por depresiones, hundimientos, excavaciones profundas.
- Áreas a menos de 200 metros de zonas pobladas, y de preferencia a 500 m o más.
- Áreas a menos de 1500 m de los pequeños aeropuertos con aviones a pistón y más de 3000 m de aeropuertos con aviones de turbina.
- Parques nacionales, áreas de protección de la naturaleza y monumentos naturales; áreas con flora y fauna importantes.
- Sitios o patrimonios, histórico, religioso o cultural.
- Áreas en las llanuras de inundación de los ríos para avenidas con período de retorno de una vez cada 100 años.

Existen otros criterios que pueden conducir a la exclusión de un área, especialmente en relación con impactos inaceptables sobre el agua subterránea o superficial y especialmente con zonas de captación de aguas. Por lo tanto se necesita, un conocimiento global del régimen de aguas subterráneas, incluyendo la siguiente información detallada:

- Régimen de aguas subterráneas, dirección de la corriente, gradiente y velocidad del flujo, incluyendo fluctuaciones de largo plazo y estacionales.
- Permeabilidad (horizontal y vertical) o transmisibilidad de los estratos aflorados, con sus valores máximos y mínimos.
- Distribución, espesor y profundidad de los acuíferos, incluyendo la ubicación de cualquier manantial.
- Niveles de aguas subterráneas, indicando gradientes hidráulicos y velocidad efectiva del flujo en los componentes de los estratos individuales, si procede.
- Composición química del agua subterránea, incluyendo determinación de sustancias agresivas y calidad de la misma.
- Posible contaminación anterior del subsuelo y del agua subterránea.
- Influencia de la reducción de la capa freática a corto y largo plazo, restablecimiento y extracción o aumento de agua subterránea en el futuro.
- Precipitaciones efectivas, escurrimiento superficiales, velocidad de filtración, evaporación y recarga de agua subterránea.

La mayor parte de esta información puede obtenerse mediante un estudio de gabinete que incluye una recopilación de toda la información disponible en archivos, mapas geológicos y topográficos, datos meteorológicos, fotografías aéreas.

También debe revisarse la configuración y uso anterior del suelo, los datos relacionados con el abastecimiento y distribución de agua y el análisis de los datos obtenidos de pozos de sondeo.

Además de los mapas geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos y los mapas de depósitos de minerales, también pueden producir información valiosa sobre el subsuelo publicaciones locales y regionales.

Fase 2: Identificación de áreas

En esta fase se efectúa una verificación de las áreas posibles desprendidas de la fase 1.

Se debe realizar una lista de verificación. Esta lista puede ser utilizada en el campo y debe ayudar al investigador a obtener una visión rápida de la situación general del sitio.

Normalmente el investigador después de una visita al área debe ser capaz de hacer una primera evaluación del lugar indicando si existen condiciones favorables para la construcción del vertedero o no y si hay algún impacto ambiental importante y los parámetros respectivos.

Al final de la visita de campo, el investigador debe estar en condiciones de realizar una preevaluación, considerando la necesidad de estudios adicionales, si el sitio parece inadecuado para la ubicación del vertedero.

La lista de verificación para clasificar el sitio centra su atención en seis grupos de datos y parámetros principales:

- Datos generales, es decir, volumen, circuitos de tráfico, distancias desde la fuente de desechos principal, situación morfológica general.
- Hidrogeología y manejo de aguas.
- Aspectos geotécnicos y de construcción.
- Aspectos meteorológicos.
- Protección de la naturaleza y uso del suelo.

Algunos sitios donde la ubicación de un vertedero es complicada son:

- Existencia de manantiales o pozos de agua potable a corta distancia.
- Acceso extremadamente malo, o bien que atraviesan zonas de densidad de población elevadas.
- Grandes diferencias de altitud entre el área de recolección de desechos y el sitio seleccionado.
- Una actividad agrícola muy intensa, especialmente granjas de pequeña escala.
- Peligro de movimiento y deslizamiento de tierras con taludes muy inclinados.

En la mayoría de los casos, una combinación variada de factores negativos puede llevar a la exclusión de algunos sitios que ya no serán investigados.

Se debe realizar una hoja de evaluación que debe ir acompañada del informe técnico (“comentarios”) es decir, un análisis explicativo de la decisión de evaluar el sitio.

Fase 3: Estudio de sitios

Después de realizar una evaluación comparativa de los sitios seleccionados, un cierto número de éstos (preferentemente entre 2 y 5) deben ser considerados favorables para realizar los estudios más profundos.

En aquellos sitios que pueden ser adecuados para un vertedero, se deben hacer estudios especiales referidos a:

Programas de Exploración del subsuelo utilizando métodos directos o indirectos.

Los métodos indirectos son técnicas geofísicas como la de prospección geo-eléctrica, el uso de radares capaces de penetrar en el suelo y determinar la refracción sísmica.

La selección de las técnicas geofísicas depende del entorno geológico. Estos métodos dan una gran cantidad de datos los cuales deben ser interpretados por especialistas y en último caso ir acompañado de métodos directos como pozos de sondeos o pruebas “in situ”. También encontramos otros métodos directos como:

- Perforación de pozos de muestreo.
- Pruebas “in situ”.
- Hoyos.
- Excavación de fosas.
- Excavaciones de trincheras.
- Ensayos de corte y de carga.

Estos métodos directos proporcionan descripciones de los estratos del suelo, formaciones rocosas, profundidad a la que se encuentran, resultados de ensayos de penetración estándar y ensayos de rotura e incluso permiten la recogida de muestras para realizar pruebas de laboratorios.

En relación con los aspectos geotécnicos e hidrogeológicos, el subsuelo de un vertedero tiene que cumplir las siguientes condiciones:

- El subsuelo o capa portante debe ser de origen natural (barrera geológica) o puede ser construida artificialmente por capas (barrera técnica) con una baja permeabilidad ($K=10^{-7}$ cm/seg.) y de ser posible debe tener una alta capacidad de absorción (contenido arcilloso).
- El nivel del agua subterránea debe estar al menos a un metro por debajo de la superficie portante del relleno.

Es especialmente importante que los pozos de investigación, los hoyos de prueba, las trincheras y los demás procedimientos se realicen lo más cerca posible del sitio elegido para el estudio. Los resultados de la investigación del sitio deben ser sometidos a un análisis y evaluación global, tomando en cuenta la etapa particular de diseño y los requisitos específicos del plan de seguridad general. Esta información debe estar contenida en un informe geotécnico que debe cubrir los siguientes aspectos:

- Descripción y representación de la estructura geológica.
- Presencia e idoneidad de estratos naturales de baja permeabilidad (espesor, continuidad horizontal, profundidad, permeabilidad, capacidad de absorción) es decir, evaluación global del subsuelo como barrera natural para el sitio.
- Régimen de aguas subterráneas y permeabilidades dentro del área que será rellenada.
- Estabilidad de los taludes naturales y artificiales.
- Capacidad de carga y deformabilidad del subsuelo.
- Fallas, asentamientos posibles del suelo, riesgo de colapso, terremotos y otras situaciones peligrosas.
- Medidas geotécnicas necesarias para mejorar la calidad del subsuelo como barrera de seguridad natural.

Impacto de tipo social, económico y geográfico. Además de la inspección detallada de la situación geológica, otros aspectos no geológicos también deben ser integrados en la evaluación, tales como:

- Situación local de las áreas pobladas (problemas de olores, ruido, desechos acarreados por el viento).
- Caminos de acceso u otros circuitos de tráfico, como el ferrocarril.
- Posibilidad para el tratamiento del lixiviado, así como el posible uso del gas y su tratamiento.
- Impactos sobre la situación ecológica local, incluyendo el paisaje en general.
- Impactos sobre extensiones de agua existentes.
- Influencia sobre zonas de recreo.
- Evaluación de costos y relación de costo-beneficio.
- Para la evaluación final de un sitio para un relleno se necesitará una evaluación de impacto ambiental.

Fase 4: Decisión final

La última fase del proceso de clasificación comparativa de sitios es crucial antes de pasar a la etapa de diseño. Las autoridades interesadas son las que una vez recogida toda la información descripta anteriormente deberán decidir cuál es la ubicación que recibirá la mayor prioridad.

Con el fin de evitar obstáculos insuperables con personas o grupos directamente involucrados en el proceso de decisión la información al público debe de comenzar en la Fase 2, con el objetivo de mantener la mayor transparencia posible.

La elección de un sitio depende en última instancia, en gran medida de preferencias individuales o intereses personales. Cualquier persona encargada de tomar la decisión deberá aceptar que la recomendación final es un compromiso entre factores y limitaciones socioeconómicas y ecológicas.

Evidentemente, lo más ventajoso sería llenar todas las expectativas financieras y ambientales, o por lo menos debería tratarse de encontrar un equilibrio, con el objetivo de alcanzar un nivel que no implique ningún riesgo ambiental ni financiero, siendo descartadas opciones que presenten un claro impacto negativo en el medio ambiente o de corte socioeconómico para la región.

La clasificación de sitios con modelos matemáticos, frecuentemente utilizada, para la ubicación de un vertedero controlado, no satisface el proceso de decisión completo requerido, no son más que instrumentos para apoyar el procedimiento de presentación y discusión.

La decisión final es un proceso político donde debieran incluirse aspectos ambientales, económicos, sociales dando participación a todos los actores locales importantes.

c) Métodos de construcción de un relleno sanitario²³

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario: el método de trinchera o zanja; el método de área y el método vaguada/depresión o rampa. A continuación se describirán cada uno de ellos.

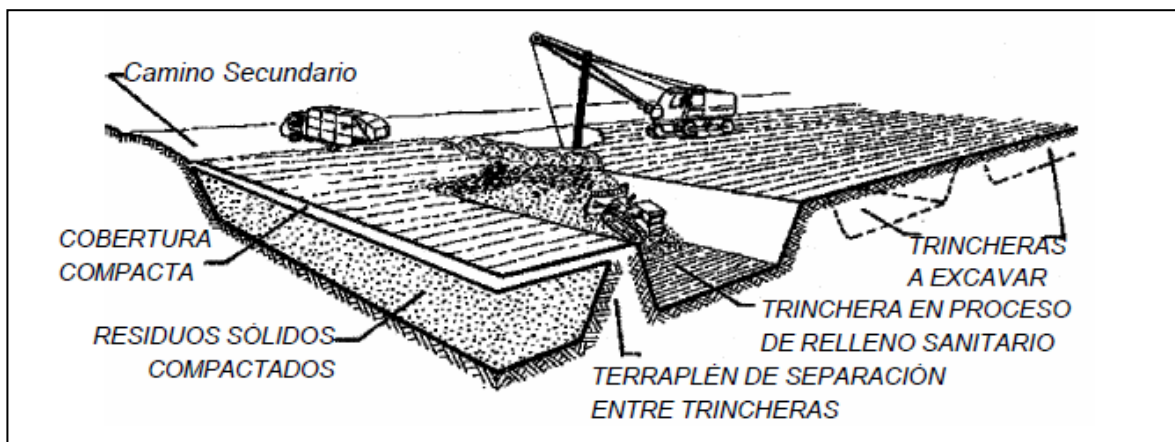
²³ En base a Jaramillo, 2002, "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales", Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS), Lima, Perú.

Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de siete (07) metros de profundidad.

Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Imagen 9
Método de trinchera o zanja



Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

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

Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen —menos de 15 t/día—, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

El término *manual* se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

d) Selección de emplazamientos para rellenos sanitarios

La elección del lugar de emplazamiento es un elemento determinante en todo proyecto de relleno sanitario, puesto que va a condicionar su funcionamiento y explotación, tanto desde el punto de vista técnico como desde el ambiental e higiénico.

En la selección del emplazamiento hay que tener en cuenta los factores económicos, técnicos y constructivos, los factores ambientales y los factores políticos, legales y sociales.

Factores económicos, técnicos y constructivos

- Distancia de transporte a los núcleos de recogida de los residuos sólidos.
- Volumen útil o capacidad del vertido.
- Sistema de accesos del posible emplazamiento.
- Disponibilidad de material de cobertura y sellado.
- Existencia de infraestructuras, agua, electricidad, teléfono.
- Morfología.
- Características geotécnicas del sustrato.
- Costo del terreno.
- Presencia o ausencia de recursos minerales y rocas industriales.

Factores ambientales.

Los factores ambientales están relacionados con las posibles alteraciones e impactos que el vertedero puede generar sobre diferentes aspectos del medio:

- Distancia a núcleos habitados.
- Aguas subterráneas.
- Aguas superficiales.
- Clima: pluviosidad, temperaturas, vientos, evaporación, evapotranspiración.
- Suelos, tipos, usos.
- Vegetación.
- Fauna.
- Riesgos geológicos: inundaciones, movimiento de laderas, erosiones, sismicidad.
- Calidad del paisaje.
- Incidencia visual.
- Espacios naturales o de interés cultural y/o científico.
- Es recomendable que estos estudios se lleven a cabo por grupos interdisciplinarios.

Factores políticos legales y sociales

- Molestias a los vecinos por tráfico, polvos, ruidos, etc.
- Oposición de la comunidad cercana al relleno por peligros reales o percibidos o síndrome “no en mi patio trasero” (con sus siglas en NIMBY —*not in my back yard*—).
- Oposición de vecinos y propietarios cercanos por temor a una devaluación de sus bienes.
- Existencia de un plano regulador de la ciudad que limite el uso del suelo
- Existencia de grupos y partidos políticos y conservacionistas que se oponen con razón o sin ella.

De los tres grupos de factores, la mayor parte de las veces, el más importante a tomar en cuenta es el último grupo, sin importar cuan aptos sean otros sitios desde el punto de vista técnico. Es por esta

razón que la primera opción que debe estudiarse es la de ubicar el nuevo relleno en el lugar, o donde se tenga el vertedero actual o en sus alrededores.

Ahora, se describen las técnicas de selección de sitios para el emplazamiento de rellenos, en la inteligencia de que el lugar del vertedero actual será uno de los candidatos en la selección.

La identificación y selección final del sitio es posible hacerla en principio siguiendo los cuatro pasos principales, que se sugieren a continuación.

Fase 1: Proceso de clasificación del sitio (excluyendo áreas negativas).

Fase 2: Identificación de áreas para rellenos.

Fase 3: Estudio del sitio.

Fase 4: Decisión final.

Este proceso de estudio está destinado por una parte a la captación de información y por otra parte a reducir paso a paso el número de áreas y sitios potenciales.

Fase 1: Proceso de clasificación de sitios

La selección de un sitio adecuado para la ubicación de un vertedero depende de varios criterios. Algunos de estos excluyen absolutamente la posibilidad de construir un vertedero en un área determinada. Otros consideran factores negativos cuando se evalúa la factibilidad, especialmente los estudios relacionados con la hidrología, geología, geotecnia.

Como factores básicos de la investigación en el proceso de selección, se deben seguir los siguientes criterios:

Los criterios excluyentes

- Áreas de protección y captación de aguas potable existente o prevista.
- Áreas de grandes inundaciones.
- Suelos cársticos y áreas con condiciones de suelos de alta permeabilidad que permite una rápida penetración del agua o una posible lixiviación hacia el siguiente acuífero.
- Áreas con suelo inestable, como pantanos, brezales y/o marjales.
- Áreas con morfología extrema (pendientes pronunciadas, peligro de deslaves/avalanchas, etc.).
- Áreas amenazadas por depresiones, hundimientos, excavaciones profundas.
- Áreas a menos de 200 metros de zonas pobladas, y de preferencia a 500 m o más.
- Áreas a menos de 1500 m de los pequeños aeropuertos con aviones a pistón y más de 3000 m de aeropuertos con aviones de turbina.
- Parques nacionales, áreas de protección de la naturaleza y monumentos naturales; áreas con flora y fauna importantes.
- Sitios o patrimonios, histórico, religioso o cultural.
- Áreas en las llanuras de inundación de los ríos para avenidas con período de retorno de una vez cada 100 años.

Existen otros criterios que pueden conducir a la exclusión de un área, especialmente en relación con impactos inaceptables sobre el agua subterránea o superficial y especialmente con zonas de

captación de aguas. Por lo tanto se necesita, un conocimiento global del régimen de aguas subterráneas, incluyendo la siguiente información detallada:

- Régimen de aguas subterráneas, dirección de la corriente, gradiente y velocidad del flujo, incluyendo fluctuaciones de largo plazo y estacionales.
- Permeabilidad (horizontal y vertical) o transmisibilidad de los estratos aflorados, con sus valores máximos y mínimos.
- Distribución, espesor y profundidad de los acuíferos, incluyendo la ubicación de cualquier manantial.
- Niveles de aguas subterráneas, indicando gradientes hidráulicos y velocidad efectiva del flujo en los componentes de los estratos individuales, si procede.
- Composición química del agua subterránea, incluyendo determinación de sustancias agresivas y calidad de la misma.
- Posible contaminación anterior del subsuelo y del agua subterránea.
- Influencia de la reducción de la capa freática a corto y largo plazo, restablecimiento y extracción o aumento de agua subterránea en el futuro.
- Precipitaciones efectivas, escurrimiento superficiales, velocidad de filtración, evaporación y recarga de agua subterránea.

La mayor parte de esta información puede obtenerse mediante un estudio de gabinete que incluye una recopilación de toda la información disponible en archivos, mapas geológicos y topográficos, datos meteorológicos, fotografías aéreas.

También debe revisarse la configuración y uso anterior del suelo, los datos relacionados con el abastecimiento y distribución de agua y el análisis de los datos obtenidos de pozos de sondeo.

Además de los mapas geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos y los mapas de depósitos de minerales, también pueden producir información valiosa sobre el subsuelo publicaciones locales y regionales.

Fase 2: Identificación de áreas

En esta fase se efectúa una verificación de las áreas posibles desprendidas de la fase 1.

Se debe realizar una lista de verificación. Esta lista puede ser utilizada en el campo y debe ayudar al investigador a obtener una visión rápida de la situación general del sitio.

Normalmente el investigador después de una visita al área debe ser capaz de hacer una primera evaluación del lugar indicando si existen condiciones favorables para la construcción del vertedero o no y si hay algún impacto ambiental importante y los parámetros respectivos.

Al final de la visita de campo, el investigador debe estar en condiciones de realizar una preevaluación, considerando la necesidad de estudios adicionales, si el sitio parece inadecuado para la ubicación del vertedero.

La lista de verificación para clasificar el sitio centra su atención en seis grupos de datos y parámetros principales:

- Datos generales, es decir, volumen, circuitos de tráfico, distancias desde la fuente de desechos principal, situación morfológica general.
- Hidrogeología y manejo de aguas.
- Aspectos geotécnicos y de construcción.

- Aspectos meteorológicos.
- Protección de la naturaleza y uso del suelo.

Algunos sitios donde la ubicación de un vertedero es complicada son:

- Existencia de manantiales o pozos de agua potable a corta distancia.
- Acceso extremadamente malo, o bien que atraviesan zonas de densidad de población elevadas.
- Grandes diferencias de altitud entre el área de recolección de desechos y el sitio seleccionado.
- Una actividad agrícola muy intensa, especialmente granjas de pequeña escala.
- Peligro de movimiento y deslizamiento de tierras con taludes muy inclinados.

En la mayoría de los casos, una combinación variada de factores negativos puede llevar a la exclusión de algunos sitios que ya no serán investigados.

Se debe realizar una hoja de evaluación que debe ir acompañada del informe técnico (“comentarios”) es decir, un análisis explicativo de la decisión de evaluar el sitio.

Fase 3: Estudio de sitios

Después de realizar una evaluación comparativa de los sitios seleccionados, un cierto número de éstos (preferentemente entre 2 y 5) deben ser considerados favorables para realizar los estudios más profundos.

En aquellos sitios que pueden ser adecuados para un vertedero, se deben hacer estudios especiales referidos a:

Programas de exploración del subsuelo utilizando métodos directos o indirectos

Los métodos indirectos son técnicas geofísicas como la de prospección geo- eléctrica, el uso de radares capaces de penetrar en el suelo y determinar la refracción sísmica.

La selección de las técnicas geofísicas depende del entorno geológico. Estos métodos dan una gran cantidad de datos los cuales deben ser interpretados por especialistas y en último caso ir acompañado de métodos directos como pozos de sondeos o pruebas “in situ”. También encontramos otros métodos directos como:

- Perforación de pozos de muestreo.
- Pruebas “in situ”.
- Hoyos.
- Excavación de fosas.
- Excavaciones de trincheras.
- Ensayos de corte y de carga.

Estos métodos directos proporcionan descripciones de los estratos del suelo, formaciones rocosas, profundidad a la que se encuentran, resultados de ensayos de penetración estándar y ensayos de rotura e incluso permiten la recogida de muestras para realizar pruebas de laboratorios.

En relación con los aspectos geotécnicos e hidrogeológicos, el subsuelo de un vertedero tiene que cumplir las siguientes condiciones:

- El subsuelo o capa portante debe ser de origen natural (barrera geológica) o puede ser construida artificialmente por capas (barrera técnica) con una baja permeabilidad ($K=10^{-7}$ cm/seg.) y de ser posible debe tener una alta capacidad de absorción (contenido arcilloso).
- El nivel del agua subterránea debe estar al menos a un metro por debajo de la superficie portante del relleno.

Es especialmente importante que los pozos de investigación, los hoyos de prueba, las trincheras y los demás procedimientos se realicen lo más cerca posible del sitio elegido para el estudio. Los resultados de la investigación del sitio deben ser sometidos a un análisis y evaluación global, tomando en cuenta la etapa particular de diseño y los requisitos específicos del plan de seguridad general. Esta información debe estar contenida en un informe geotécnico que debe cubrir los siguientes aspectos:

- Descripción y representación de la estructura geológica.
- Presencia e idoneidad de estratos naturales de baja permeabilidad (espesor, continuidad horizontal, profundidad, permeabilidad, capacidad de absorción) es decir, evaluación global del subsuelo como barrera natural para el sitio.
- Régimen de aguas subterráneas y permeabilidades dentro del área que será rellenada.
- Estabilidad de los taludes naturales y artificiales.
- Capacidad de carga y deformabilidad del subsuelo.
- Fallas, asentamientos posibles del suelo, riesgo de colapso, terremotos y otras situaciones peligrosas.
- Medidas geotécnicas necesarias para mejorar la calidad del subsuelo como barrera de seguridad natural.

Impacto de tipo social, económico y geográfico. Además de la inspección detallada de la situación geológica, otros aspectos no geológicos también deben ser integrados en la evaluación, tales como:

- Situación local de las áreas pobladas (problemas de olores, ruido, desechos acarreados por el viento).
- Caminos de acceso u otros circuitos de tráfico, como el ferrocarril.
- Posibilidad para el tratamiento del lixiviado, así como el posible uso del gas y su tratamiento.
- Impactos sobre la situación ecológica local, incluyendo el paisaje en general.
- Impactos sobre extensiones de agua existentes.
- Influencia sobre zonas de recreo.
- Evaluación de costos y relación de costo-beneficio.
- Para la evaluación final de un sitio para un relleno se necesitará una evaluación de impacto ambiental.

Fase 4: Decisión final

La última fase del proceso de clasificación comparativa de sitios es crucial antes de pasar a la etapa de diseño. Las autoridades interesadas son las que una vez recogida toda la información descripta anteriormente deberán decidir cuál es la ubicación que recibirá la mayor prioridad.

Con el fin de evitar obstáculos insuperables con personas o grupos directamente involucrados en el proceso de decisión la información al público debe de comenzar en la Fase 2, con el objetivo de mantener la mayor transparencia posible.

La elección de un sitio depende en última instancia, en gran medida de preferencias individuales o intereses personales. Cualquier persona encargada de tomar la decisión deberá aceptar que la recomendación final es un compromiso entre factores y limitaciones socioeconómicas y ecológicas.

Evidentemente, lo más ventajoso sería llenar todas las expectativas financieras y ambientales, o por lo menos debería tratarse de encontrar un equilibrio, con el objetivo de alcanzar un nivel que no implique ningún riesgo ambiental ni financiero, siendo descartadas opciones que presenten un claro impacto negativo en el medio ambiente o de corte socioeconómico para la región.

La clasificación de sitios con modelos matemáticos, frecuentemente utilizada, para la ubicación de un vertedero controlado, no satisface el proceso de decisión completo requerido, no son más que instrumentos para apoyar el procedimiento de presentación y discusión.

La decisión final es un proceso político donde debieran incluirse aspectos ambientales, económicos, sociales dando participación a todos los actores locales importantes.

e) Métodos de construcción de un relleno sanitario²⁴

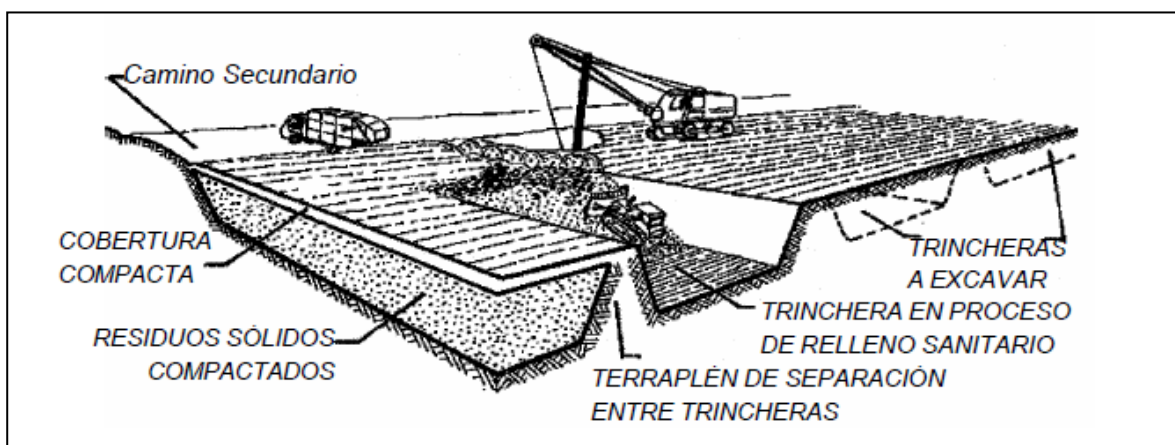
El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario: el método de trinchera o zanja; el método de área y el método vaguada/depresión o rampa. A continuación se describirán cada uno de ellos.

Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de siete (07) metros de profundidad.

Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Imagen 10
Método de trinchera o zanja



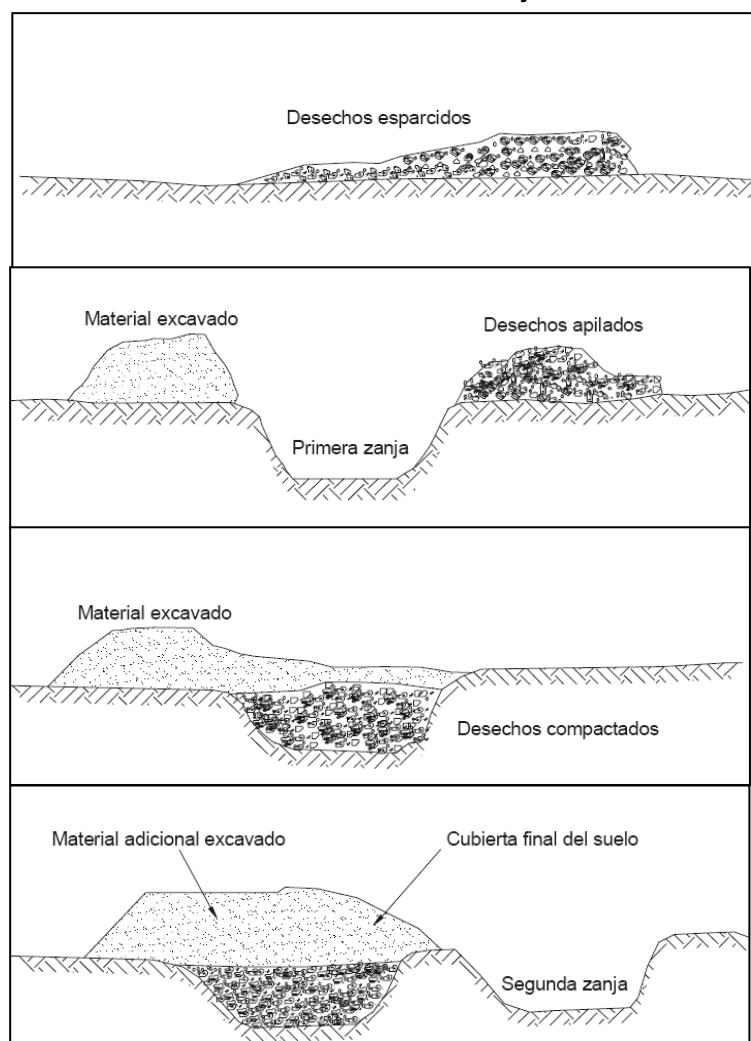
Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

²⁴ En base a Jaramillo, 2002, "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales", Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS), Lima, Perú.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjias. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjias de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

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

Imagen 11
Método de trinchera o zanja



Fuente: CONAM/CEPIS/OPS, 2004.

Método de área

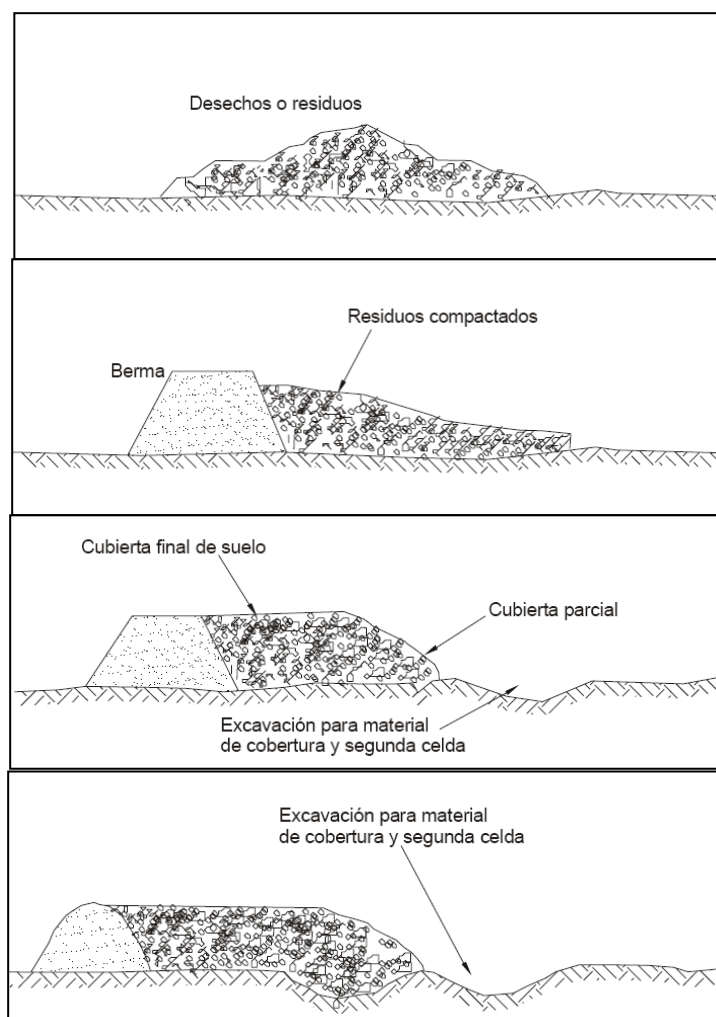
En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una

pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno (véase la imagen 12).

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (véase la imagen 12).

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y aprisiona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5%.

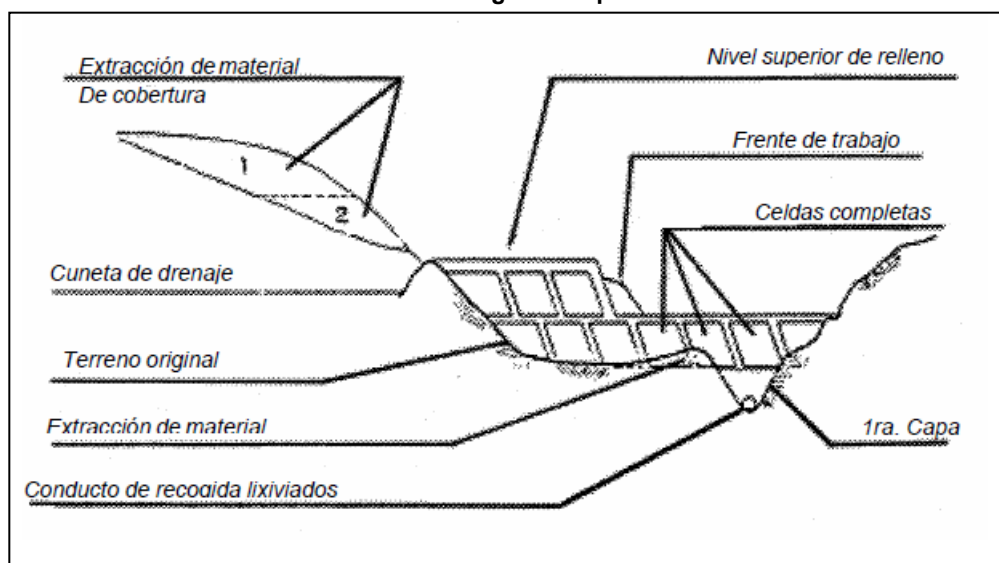
Imagen 12
Método de área



Fuente: CONAM/CEPIS/OPS, 2004.

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación (el método de trinchera y el método de área), es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados.

Imagen 13
Método de vaguada/depresión



Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

Método vaguada/depresión o rampa²⁵

Se han utilizado vaguadas, barrancos y fosas de relleno suplementario e incluso canteras como zonas de vertido. Las técnicas para colocar y compactar los residuos en vertederos de vaguada/depresión varían según la geometría del lugar, las características del suelo, la hidrología y geología del lugar, los tipos de instalaciones para el control del gas y del lixiviado que van a utilizarse además del acceso al lugar. Normalmente se comienza el relleno de cada nivel por la cabeza de la vaguada y se termina por la boca, para impedir la acumulación de agua en la parte de atrás del vertedero. Se rellenan los lugares vaguada/depresión en múltiples niveles.

Una de las claves para la utilización del método vaguada/depresión es la disponibilidad del material adecuado para la cubación de cada nivel mientras se completa y para proporcionar una cubrición final sobre la totalidad del vertedero cuando se ha alcanzado la altura final.

f) Construcción de las celdas²⁶

La celda diaria se define como la unidad básica de construcción del relleno sanitario; se asemeja a un pequeño bloque y está constituida por la cantidad de residuos que se entierra en un día y por la tierra necesaria para cubrirla. Sus dimensiones varían en cada caso y se define teóricamente como un paralelepípedo. Su ancho equivale al frente de trabajo necesario para que los vehículos recolectores puedan descargar la basura. El largo o avance está definido por la cantidad de basura que llega al relleno en un día y la altura se limita a un metro o metro y medio para lograr una mayor compactación.

- La primera celda se construye delimitando el área que ocupará, basándose en las dimensiones estimadas del cálculo de la cantidad de residuos sólidos y su grado de compactación, lo que entrega una visión rápida y aclaratoria a los trabajadores.
- Los residuos se descargarían en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y además evitar su acarreo de larga distancia.
- Los residuos se esparcen en capas delgadas entre 20 y 30 cm. y se compactan hasta obtener la altura recomendada para la celda en el frente de trabajo.

²⁵ En base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

²⁶ En base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

- La cobertura se efectúa con un espesor de turno suficiente para tapar completamente y rellenar las irregularidades de la superficie (aproximadamente entre 40 y 60 cm.) al final de la jornada se compacta la celda hasta obtener la superficie lo más uniforme posible.
- Se recomienda una vez terminada la primera plataforma de celdas, hacer circular sobre ellas a los vehículos recolectores de modo que se logre una mayor compactación.

A continuación, se detallarán de mejor manera los términos *frente de trabajo*, *cobertura* y *compactación*.

Operación en el frente de trabajo

Se denomina “frente de trabajo” al sitio donde los vehículos que transportan basura la descargan para el posterior relleno, también se denomina “frente de vertido”. La operatividad de este frente debe verificarse en todo momento, inclusive con intensas lluvias.

Al ser descargadas las basuras, el personal en operación, las esparcen sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0.20 a 0.30 metros., empleando para ello horquetas o rastrillos. Luego se nivela la superficie superior y se compacta con el rodillo a diferencia de las superficies laterales que son compactadas por medio de los pisones de mano hasta darles una relativa uniformidad. El drenaje de las aguas del sector debe ser inmediato y conducido al sistema de drenaje.

De acuerdo a lo mencionado, la superficie sobre la cual se depositará la basura es impermeabilizada si las condiciones naturales así lo exigen, para ello se podrán emplear arcillas del lugar y de ser necesario se utilizará un film de polietileno de espesor variable entre 250 a 500 micrones debidamente soldado, simultáneamente se perfilará la superficie con las pendientes proyectadas y se construirán las zanjas correspondientes para la recolección del percolado. Estas zanjas pueden rellenarse con piedra partida y eventualmente con arena, donde a veces se colocan tuberías de PVC perforados.

Mediante pendientes suaves, los líquidos deben escurrir al área de almacenamiento de percolados.

Finalmente se acondiciona el respectivo frente de trabajo donde descargarán los residuos transportados por los vehículos recolectores.

El esparcimiento y compactación se realiza en capas horizontales o inclinadas con una pendiente 1:3 (altura:avance) lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

Al iniciar la operación en el frente de trabajo siempre se debe proporcionar contención al relleno (dar una superficie de confinamiento a la masa de residuos antes de depositarla) apoyando cada celda en el talud del terreno natural o paredes de la trinchera y durante el avance sobre la celda ya terminada.

Cobertura

Para concluir la celda, se cubre con una capa de tierra del orden de 0.10 a 0.15 metros, la cual se esparce por medio de carretillas de mano, pala y azadón y se la compacta empleándose el rodillo y pisones de mano, con el mismo sistema efectuado con la basura.

Conviene recordar que la cobertura diaria evita la presencia de insectos, roedores y otros vectores sanitarios, así como el fuego, los gases y malos olores, la humedad y la basura dispersa. De este modo, al terminar la jornada no debe quedar ningún desecho sólido expuesto y, menos aún, al final de la semana.

En cuanto a la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario manual, se recomienda aprovechar la tierra que se encuentra más accesible, puesto que el objetivo fundamental es la cobertura de los desechos. Para esto se recomienda emplear 1 m³ de tierra por cada 4 a 5 m³ de desechos sólidos, es decir, entre 20% y 25%.

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

Cuando se trabaja con el método del área, si se excava en el propio sitio, los costos de acarreo de la tierra de cobertura son mínimos. Se recomienda extraerla de los taludes del terreno, conformando terrazas para evitar la erosión; además, resulta aconsejable ampliar la capacidad del sitio y por ende su vida útil o también aprovechar la tierra sobrante de las excavaciones de las nuevas construcciones en el área urbana.

En los períodos secos, se recomienda extraer y acumular la tierra para cobertura utilizando un tractor o retroexcavadora; de esta forma, se obtienen mejores rendimientos. La tierra puede ser acumulada en otra celda terminada y de allí descender a la celda en conclusión.

En época de lluvia ocurrirá a la inversa, pues el material acumulado se va perdiendo por arrastre y se torna más pesado debido a la humedad, lo que implica mayores dificultades para su transporte. Por lo tanto, en estas circunstancias resulta aconsejable extraer la cantidad de tierra que sea necesaria para efectuar la cobertura de la celda diaria.

Cuando se trabaja con el método de la trinchera, el material de cobertura está prácticamente asegurado; se recomienda acumularlo a un lado de la zanja en elaboración o sobre una ya terminada.

Compactación

Dado que esta obra de saneamiento básico ha sido concebida para emplear tecnología al alcance de la región, y con el propósito de promover el uso extensivo de mano de obra, la conformación de las celdas y la compactación se harán con herramientas de albañilería, por lo que las densidades alcanzadas en el relleno sanitario manual serán relativamente bajas (400-500 kg/m³), pero suficientes para los fines propuestos. No obstante existen otros mecanismos que inciden en la compactación de los residuos sólidos, siendo los más importantes:

- El tránsito de los vehículos sobre las celdas terminadas; esta práctica debe estimularse en los períodos secos.
- El proceso de descomposición de los desechos sólidos, dado que en los países en desarrollo, la materia orgánica ocupa un alto porcentaje de su composición física (entre 40-70%) y es transformado en humus, agua y gases.
- El peso propio de las celdas superiores sobre las inferiores también produce una carga que aumenta el grado de compactación.
- El almacenamiento de material de cobertura sobre las celdas terminadas.

2. Consideraciones básicas en el funcionamiento del relleno sanitario²⁷

Para la operación de un relleno sanitario es necesario considerar algunos aspectos que resultan prioritarios, ellos se vinculan con cuestiones generales, relativas al acceso y circulación de los camiones, el procedimiento de descarga, el personal y otros aspectos referidos en general al control de las instalaciones.

Otros aspectos significativos en el funcionamiento de una planta de este tipo están referidos a los controles que es necesario efectuar para garantizar normas aceptables de sanidad y a los costos operativos en general.

Se incluye en este análisis tres aspectos relativos al funcionamiento de un vertedero: acceso, personal y condiciones complementarias.

Acceso al vertedero

El acceso al vertedero sanitario así como el área perimetral deberá estar indicado y anunciado con carteles diagramados, barreras y casillas de control de ingreso y vigilancia, presentando condiciones estéticas y de mantenimiento propios de un establecimiento industrial en funcionamiento. Dada la

²⁷ En base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

intensa circulación vehicular que se registra, en el área de acceso deberá atenderse para no entorpecer el tránsito que circula por la red vial periférica al centro de disposición final.

Los caminos interiores podrán anunciarse conforme a la siguiente clasificación:

- a) *Red vial*. son caminos de uso permanente y generalmente se mantienen como tales hasta darse un uso específico al suelo rellenado.
- b) *Caminos principales*. Son los que conducen desde la trama vial a los módulos a rellenar y frecuentemente circunscriben los mismos. Su uso es transitorio conforme al diseño del relleno.
- c) *Caminos secundarios*. Son interiores a los módulos y permiten acceder al frente de trabajo desde los caminos principales. En general son rellenados posteriormente constituyendo nuevas celdas.

Las características de estos caminos se adecuan a sus funciones específicas tanto en los aspectos constructivos, los materiales empleados en los terraplenes y las superficies de rodamiento como en el mantenimiento de cada uno de ellos.

Los caminos principales son construidos con materiales del área a rellenar, sus condiciones básicas son: un rápido drenaje de las aguas de lluvia mediante un abovedamiento adecuado y zanjas y/o cunetas paralelas enlazadas al sistema de drenaje.

El mantenimiento de estos caminos debe ser tal que asegure su transitabilidad ante cualquier condición climática desfavorable incluidas intensas precipitaciones.

Los caminos secundarios, reúnen características similares a las playas de los frentes de trabajo, en general es el terreno natural levemente terraplenado. La capa de rodamiento se conserva con el mismo material empleado para la construcción de los caminos principales. Toda la red de circulación interna de ingreso y egreso de vehículos se debe diseñar para circular en un solo sentido, debiéndose colocar adecuadas señalizaciones portátiles necesarias para las distintas etapas del relleno.

Personal

La construcción de un relleno sanitario requiere la participación de un equipo de personas, las que como en cualquier organización deben estar compenetradas con su misión específica y requieren una organización adecuada.

Esta se debe especificar en el organigrama funcional el cual debe reflejar la operatoria, estableciendo las misiones y funciones de cada uno de los componentes del plantel de conducción, así como las distintas especialidades laborales que se requerirán y el número de operarios, para los distintos turnos de trabajo que serán necesarios.

La conducción técnica en la medida de lo posible estará a cargo o bajo el asesoramiento de un profesional idóneo en Ingeniería Sanitaria, con la experiencia adecuada para dirigir todas las tareas inherentes al relleno, debiera ser asistido por un equipo técnico compuesto por un topógrafo, un delineante (dibujante) y un laboratorista para estudio de suelos, en el caso de vertederos con envergadura, como lo son a partir de 250 Ton/día recibidas.

En lo que respecta al plantel general que operará en los distintos frentes, se deberá contar en cada área con supervisores, capataces, operadores de equipos y personal auxiliar debidamente capacitado.

Condiciones complementarias

Es necesario que el relleno sanitario cuente con los servicios de electricidad, abastecimiento, saneamiento, servicio de comunicación y de ser posible teléfono.

También es conveniente controlar el área impidiendo la práctica de selección de materiales (cachureo, pepenador, cirujero, entre otros nombres) y el acceso de personal extraño a la obra, las descargas en lugares no habilitados y controlando el ingreso y egreso de vehículos

Para vertederos de más de 300 Ton./día, es conveniente prever la construcción de instalaciones complementarias. La conducción técnica de la obra debe tener oficinas equipadas con el fin que desarrolle sus actividades específicas en el mismo relleno.

También el personal debiera contar con vestuarios y estantes individuales para guardar su indumentaria y efectos personales e instalaciones sanitarias acordes para su aseo diario.

Es necesario realizar un mantenimiento de áreas rellenadas, considerando que suelen sufrir un agrietamiento debido al asentamiento originado al estabilizarse los residuos a través de las cuales puede infiltrarse el agua proveniente de las precipitaciones. También es conveniente conocer el uso posterior que se dará al área donde se opera un relleno sanitario pues esto permite mejorar notablemente la factibilidad técnico-económica de las obras en su conjunto.

Con esta consideración es posible que todo el costo del servicio de disposición final se transforme en inversión y retorne a la comunidad a través de las obras de destino final, a realizarse sobre el relleno sanitario una vez finalizado el mismo. Reinsertándolas como áreas de esparcimientos (jardines, parques) e incluso como lugares de actividades deportivas (campos de deporte, entre otros), es decir implantando actividades terciarias.

Equipamiento

Al operar un relleno sanitario o vertedero controlado será necesario contar con un parque adecuado para poder cumplir la totalidad de las tareas. A tal fin se deberá disponer del equipo que realice las operaciones necesarias de forma económica y apropiada.

También se deberá establecer una dotación polifuncional para reemplazos que puedan producirse por distintas razones durante la operación del relleno a fin de asegurar la continuidad de su funcionamiento. El equipo dependerá del tipo y cantidad de residuos recibidos, del material de cobertura y de los métodos de operación dentro del vertedero.

Las basuras requerirán ser acomodadas y compactadas, pero rara vez necesitarán ser trasladadas por el equipo de relleno a distancias superiores de treinta metros. El material de recubrimiento sí puede necesitar para su traslado a distancias mayores, sin embargo ambos materiales necesitan ser compactados adecuadamente, durante y después de ser colocados.

Los requerimientos de equipo atienden el manejo de los residuos, en compactación, la cobertura, la construcción de terraplenes y el acondicionamiento de celdas

Para garantizar la continuidad de los trabajos se aconseja incrementar en un 30% el equipo básico a fin de mejorar su vida útil. Una manera de compensar el costo del equipo extra, es recurrir al empleo de máquinas polifuncionales como puede ser el caso de una compactadora que también puede ser utilizada para conformar terraplenes. De forma orientativa, se proporcionarán datos sobre los diferentes equipos a utilizar, sin olvidar que el estudio de la selección del equipo debe realizarse de forma local para cada relleno.

Cuadro 15
Alternativas de equipos de compactación de residuos a utilizar

Equipo	Tipo	Características	Funciones
Tractor con orugas o topadora	Movimiento de residuos y suelo	Capacidad de la hoja: 7-50 m ³ ; Velocidad promedio: 2-3 km/h; Presión sobre terreno: 475-590 Kg/ m ³ ; Distancia máxima de empuje: 90m.	Distribuir y compactar esiduos sólidos; preparar terraplenes y cobertura con tierra.
Compactador de residuos	Movimiento de residuos y suelo	Capacidad de hoja: 11-25 m ³ ; Compactación: 710-1.000 Kg/ m ³ ; Peso: 20-45 Tn.	Distribución y compactación de residuos sólidos
Cargador de cadenas o carriles	Movimiento de residuos y suelo	Capacidad de pala: 1-3 m ³ ; Compactación: 475-590 Kg/m ³	Excavar en suelo firme; transporte de material no más de 30 m.; Conformar y perfilar terraplenes
Excavadora	Movimiento de suelo	Capacidad de balde: 0,1-6 m ³ ; Alcance: 6-18 m; Profundidad: 3.75-14 m	-Excavar. Cargar camiones cubrir basuras compactadas (trincheras) -Apoyo para conformar terraplenes

Cuadro 15 (conclusión)

Equipo	Tipo	Características	Funciones
Dragalina	Movimiento de suelo		Excavar trincheras para Celdas; realizar cobertura primaria (sin compactación).
Cargador de Ruedas	Movimiento de suelo	Capacidad de pala: 1,2-20 m ³ ; Compactación: 530-650 kg/ m ³ ; Altura Máxima de pala: 4-6 m.	Excavar en terrenos blandos; cargar material en los camiones; transportar a distancia no mayores a 6 m.
Retroexcavadora Cargadora	Movimiento de suelo	Capacidad de pala: 0,7-1 m ³ ; alcance: 6,7-9 m; profundidad: 4,3-6,5 m	Excavar y cargar camiones; Transportar distancias cortas
Motoniveladora	Movimiento de suelo	Rodado neumático; dirección hidráulica	Construcción y mantenimiento de caminos, terraplenes, cunetas; perfilado y nivelado de capas de cobertura
Mototrailla (autocargadora)	Movimiento de suelo	Capacidad: 9-33 m ³ ; Velocidad máxima: 30-50 Km/h; peso: 32-75 Ton.	Esparcir capa de cobertura; mejoramiento de terrenos; acarreo de grandes volúmenes de materiales.
Rodillo pata de cabra	Movimiento de suelo	-Peso: 6-8 Ton. -Ancho: 2,4-4,5 m.	Compactación de suelos, terraplenes.
Rodillo neumáticos	Movimiento de suelo		Compactación uniforme de suelos y subsuelos, especialmente limosos.
Rodillos vibrantes autopropulsados	Movimiento de suelo		Compactación efectiva de terraplenes normales, granulados o con arcilla.

Fuente: En base a CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

3. Controles a practicar en un relleno sanitario

En la etapa de desarrollo del proyecto con todos los datos anteriormente nombrados una vez recopilados y analizados, los responsables de la conducción de la obra podrán elaborar un plan de trabajo.

Este plan se inicia con el replanteo en terreno del módulo a rellenar y desarrolla cada una de las tareas a ser ejecutadas, especificando el personal responsable de cada una de ellas, así como los equipos a emplear en cada uno de los frentes.

El plan se actualiza en forma diaria conforme al avance que se registre en obra y atendiendo las prioridades que hacen a la continuidad del servicio de disposición final de residuos.

El plan de trabajo se actualiza con partes diarios que reflejan los resultados reales obtenidos, así como el equipo utilizado y las condiciones climáticas registradas; este parte permite una permanente evaluación de los trabajos que se ejecutan y brinda la oportunidad de verificar el rendimiento de los recursos empleados.

a) Control ambiental

Resulta de suma importancia a efectos de preservar las condiciones sanitarias, un correcto análisis del medio donde se desarrolla el relleno sanitario. La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales podrá producirse si no se adoptan previamente medidas de control.

La carga orgánica contenida en los líquidos percolados es muy elevada y su dilución con agua de lluvia origina caudales de aguas contaminadas que no pueden ser admitidos por el cuerpo receptor sin un grave deterioro de su calidad. La infiltración simultánea de los líquidos de referencia origina la contaminación de la napa freática.

A efectos de prevenir y evitar estas consecuencias se deberá proyectar un sistema de evacuación de las aguas de lluvia de alta eficiencia. En especial en el frente de trabajo se procederá al bombeo inmediato de las aguas acumuladas en las celdas en operación antes de que se mezclen con el líquido originado por la descomposición de las basuras.

Para prevenir la filtración se deberá controlar la impermeabilidad de la superficie soporte de los residuos. En caso que el terreno resulte permeable se podrá aplicar distintas técnicas para lograr una impermeabilización segura.

No obstante y por distintos motivos, puede generarse un nivel excesivo del percolado, en este caso podrá irrigarse sobre basura rellena y no saturada o acumularse en balsas especialmente diseñadas. Las zanjas del sistema de control de las aguas de lluvias también pueden revestirse con film de polietileno para impedir la infiltración del eventual líquido percolado. El esquema de prevención del control de la contaminación se complementa con análisis estadísticos de aguas superficiales y freáticas.

Los gases generados en el proceso anaerobio son eliminados en parte a través de la capa de cobertura. A efectos de favorecer su evacuación y prevenir los agrietamientos de la capa de cobertura por donde podrían producirse filtraciones, se colocan en el relleno sistemas de ventilación, como ya hemos visto, los cuales deben verificarse en su funcionamiento. Así mismo, dentro del control ambiental debe considerarse:

- a) *Programa de control de moscas en el relleno sanitario.* En el área de trabajo la efectividad de las operaciones para el control de las moscas puede medirse por el recuento de las moscas en el lugar de operaciones. La información sobre las necesidades y realizaciones de un programa de control se obtienen mediante una cuidadosa medición de criaderos y de las poblaciones de moscas, tanto antes como después de las labores de control, para lo cual debe tenerse en cuenta la dinámica de la población de moscas que se modifica por reproducción, mortalidad y migración, variando con la naturaleza del medio.
- b) *Control de roedores.* El relleno debido a la existencia de residuos domésticos constituye la principal fuente de alimentación para los roedores, lo que acarrea un inconveniente que debe ser tomado con las previsiones necesarias para evitar las posibles consecuencias sanitarias de la población. Para evitar la existencia de roedores en los rellenos se recomiendan dos tipos de prácticas: compactado y recubrimiento diario de los residuos dispuestos; empleo de venenos y cebos.
- c) *Control ambiental ex-post:* Este control determina las diferentes labores de monitoreo necesarias una vez que se ha reinsertado el vertedero, previo a su clausura. Este monitoreo tratará del control de gases, asentamientos y lixiviados principalmente, además de los vectores sanitarios sea cual sea la función futura que desempeñe (parque, campo deportivo, entre otros).

b) Control de gestión

Tratándose de una obra que durante su ejecución de forma simultánea está satisfaciendo un servicio y más específicamente está salvaguardando la salud pública, se deben extremar los recaudos a efectos de realizar un seguimiento de todas las actividades que la integran.

En este seguimiento el nivel de decisión política podrá evaluar el avance de los trabajos en forma directa y en cualquier oportunidad, a través de una presentación de la documentación de manera precisa y detallada.

En los casos en que se recurra a la actividad privada para la confección del Proyecto y/o ejecución de la obra existen campos de responsabilidad perfectamente definidos para que el Organismo Público administrador efectúe el seguimiento con el simple recaudo de exigir la documentación correspondiente a los responsables técnicos del proyecto ejecutivo y realizar su análisis y evaluación.

El control de gestión se nutre de información que se recoge en los niveles operativos y administrativos. Para ello es necesario efectuar el control pasivo.

c) Control técnico y de operación en vertederos

Su objeto es controlar la ejecución técnica de las operaciones que se realizan en el vertedero como son: construcción de celdas, compactación, cobertura final y el control estadístico y administrativo, de los desechos que entran en el recinto, identificando el tipo de desecho, peso, y procedencia además de la tipología del tipo del vehículo, hora de entrada del mismo y otros aspectos referentes a las labores del personal de mantenimiento.

A los efectos de facilitar el diseño de un sistema de control se incluyen en el ANEXO D los formularios tipo, que podrían ser utilizados para el control de la administración del relleno.

En cada formulario²⁸ se encuentran las instrucciones de uso (las cuales podrían ser modificadas y/o adaptadas a las situaciones de cada región o localidad). Estos formularios son los siguientes:

Formulario n° 1: Registro semanal de mano de obra

Formulario n° 2: Informe diario sobre actividades de disposición final.

Formulario n° 3: Informe diario sobre actividades de recolección.

Formulario n° 4: Registro de reparaciones y mantenimiento

Formulario n° 5: Inventario de equipos e instalaciones.

Formulario n° 6: Resumen de operaciones.

Formulario n° 7: Resumen de costo total e ingresos.

d) Higiene y seguridad laboral

Durante la elaboración de un proyecto de relleno sanitario se deben contemplar normas de seguridad para evitar los riesgos de accidentes resultando aconsejable contar con un programa de higiene y seguridad a desarrollar durante la ejecución de las obras.

- En el diseño se tienen que minimizar los cruces de la trama vial interior, diagramar una adecuada señalización vertical y horizontal indicando accidentes topográficos, cruces, puentes, alcantarillas, velocidades máximas a observar, acceso a balanzas, zonas de tránsito no habilitadas y zona de descarga.
- Las sendas peatonales pueden proyectarse sobre áreas ya rellenadas, tratando que se encuentren totalmente separadas del tránsito vehicular. En el área de descarga, la operación debe preverse sin exponer a riesgos al personal que allí opera, en playa de maniobras, debe impedirse dar instrucciones de estacionamiento desde atrás del vehículo, por lo reducido del campo visual del conductor.

Suele ser frecuente la necesidad de empujar las unidades mecánicas para ayudar a salir de zonas pantanosas, para ello deben preverse los elementos mecánicos indispensables para ejecutar las operaciones (barra de tiro).

- A los trabajadores se les debe proveer de indumentaria y medios de protección acordes a las distintas operaciones que ejecutan. Casco, calzado de seguridad, guantes, chalecos fluorescentes (para uso en operaciones nocturnas) son elementales para los responsables del mantenimiento y limpieza de la obra así como para los encargados de playas de descarga y maniobras. En caso de operaciones nocturnas, en el vertedero se deben colocar niveles lumínicos para asegurar las condiciones laborales, los artefactos serán fijos y/o montados sobre los equipos mecánicos que se utilicen.
- El sistema de prevención contra incendios es otro de los elementos a diseñar para prevenir posibles focos durante la operación del relleno, o brindar colaboración a vehículos recolectores que puedan arribar con la carga encendida.

Se debe también determinar un área de vertido de emergencia lo más cercano posible al acceso principal.

²⁸ Véase el Anexo 4.

4. Cierre y sellado de rellenos sanitarios

El cierre de un relleno sanitario, es la operación que da por finalizada la explotación, en donde, se clausura el lugar y se realizan faenas principalmente de desmantelamiento de las instalaciones, de limpieza superficial y de colocación de una capa de cobertura final (Espinace y otros, 1998).

El sellado, es la operación realizada después del cierre, en la cual se construyen todas las obras destinadas a mantener los residuos aislados, minimizando los riesgos de contaminación y peligro sanitario, controlando las emanaciones de biogás y líquidos lixiviados, además de conservar bajo control la escorrentía superficial y los problemas que se puedan producir debido a los asentamientos del relleno. También se deben considerar las obras destinadas al monitoreo de gases y lixiviados, que es necesario mantener en el largo plazo (Espinace y otros, 1998).

Eventualmente también es objetivo preparar la superficie para realizar las futuras obras de reinserción²⁹.

a) Metodología general del cierre y sellado

Cuando un vertedero o relleno sanitario ha completado su vida útil, debe seguir funcionando eficazmente como una unidad para el control ambiental de los residuos, durante un largo periodo de tiempo en el futuro. El plan de cierre y sellado debe contemplar todas las características del lugar e identificar las entidades responsables para implantar la clausura de las instalaciones. Normalmente, los planes de cierre y sellado desarrollados al diseñar un relleno sanitario, se modifican durante la explotación.

En un plan de cierre y sellado es conveniente seguir los siguientes puntos:

- Diseño de la capa de sellado.
- Sistemas de control de las aguas superficiales y de drenaje.
- Control de los gases de vertedero.
- Control y tratamiento de los lixiviados.
- Sistemas de monitoreo ambiental.

Corresponderá a los operadores del relleno sanitario, sean estos municipales o privados, la ejecución de las tareas y a los servicios de salud respectivos ejercer las funciones fiscalizadoras correspondientes.

Diseño de la capa de sellado

Según CONAMA/BIRF/PUCV (1997), el diseño de la cobertura final es una parte integral del plan de desarrollo del lugar y debe satisfacer dos funciones principales:

- Asegurar la integridad post-clausura a largo plazo del vertedero con respecto a cualquier emisión ambiental; y
- Soportar los posibles usos posteriores que se dé al área.

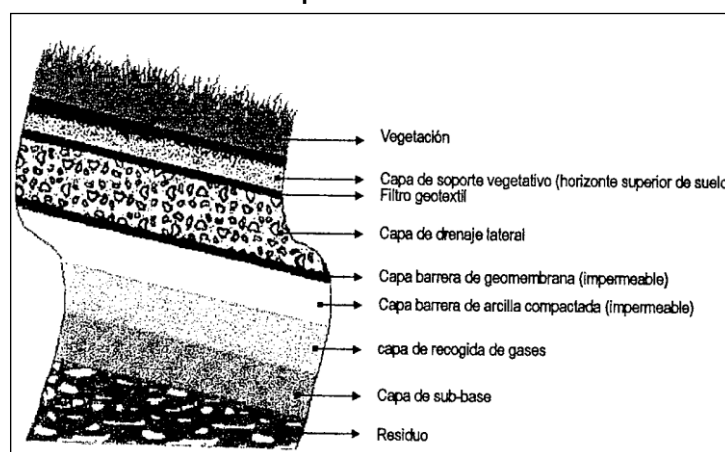
²⁹ En el apartado 5 se explica con detalle este término.

Todo diseño de cobertura final debe tener en cuenta el cumplimiento de satisfacer requisitos de higiene y seguridad, estética y utilización del emplazamiento tras la clausura, junto con los requisitos de ingeniería de permeabilidad, compresibilidad y resistencia. Este último, principalmente, para proporcionar un soporte estructural a la cubierta vegetal y soportar al menos, las cargas impuestas por el tráfico del lugar.

Uno de los sistemas típicos de cobertura final más empleado se presenta en la imagen 14.

La capa superior de soporte vegetal, consiste en suelo franco arcilloso orgánico utilizado como soporte de la vegetación. Ésta última cumplirá adicionalmente las funciones de estética, las de reducir la erosión, la infiltración de la precipitación y favorecer la evaporación.

Imagen 14
Sistema típico de cobertura final



Fuente: LaGrega, Buckingham y Evans 1996.

La capa de drenaje natural, se ubica bajo la de soporte vegetativo y está conformada por gravas de granulometría gruesa, en algunos casos reforzadas con geomallas. Su objetivo es favorecer el drenaje lateral de cualquier infiltración de agua, ya que deberá contar con pendientes y drenajes laterales para recoger esta agua. Esta capa puede contar también con tuberías y sistemas de recogida de aguas.

Optativamente, se puede instalar geotextil bajo el horizonte de suelo orgánico y sobre la capa de drenaje lateral subyacente. El geotextil sirve para mantener la separación entre las capas y actúa como un filtro minimizando la migración de materiales. Si los finos del horizonte de suelo migran hacia la grava, la capa del horizonte de suelo reduce su capacidad para mantener la vegetación y la grava reduce su capacidad de drenaje lateral. La presencia del geotextil entre estas capas reduce el riesgo de colmatación de la capa de drenaje con los finos del horizonte del suelo.

Estas dos primeras capas se justifican cuando junto con un plan de sellado se ha desarrollado el plan de reinserción que contempla como alternativa la utilización de la zona como área verde. Por lo tanto, si ese no fuera el destino para la reinserción, o si sólo se procederá al sellado del vertedero, dejando pendiente su reinserción, estas capas no se justifican.

Debajo de la capa de drenaje lateral hay una o más “capas barrera”. Las capas barrera pueden ser del tipo geomembrana, arcillas naturales o materiales mezclados.

Las capas barrera representan el impedimento final para la infiltración de la precipitación. Una consideración importante en el diseño es el mantenimiento de la integridad de la capa barrera durante y después de los asentamientos del vertedero.

Por debajo de la capa barrera puede situarse una capa de recogida de gases utilizada para recoger los gases generados que migran del vertedero para, posteriormente, emitirlos a la atmósfera. Esta capa se compone de arena gruesa y grava y puede contar con tuberías de recogida de gases.

La capa inferior en el sistema de cobertura de un vertedero es la capa sub-base que adapta las superficies irregulares e inestables. Esta capa también ayuda a la construcción de una cubierta en las curvas de nivel necesarias para favorecer el drenaje lateral y minimizar la carga hidráulica.

El sistema de cobertura puede llevar una capa de georejilla para mejorar la integridad estructural del sistema de cobertura. La rejilla aumenta la capacidad de tracción del sistema de cobertura para redistribuir las tensiones y minimizar los asentamientos diferenciales. Así resulta mejor protegida la integridad de las capas de cobertura.

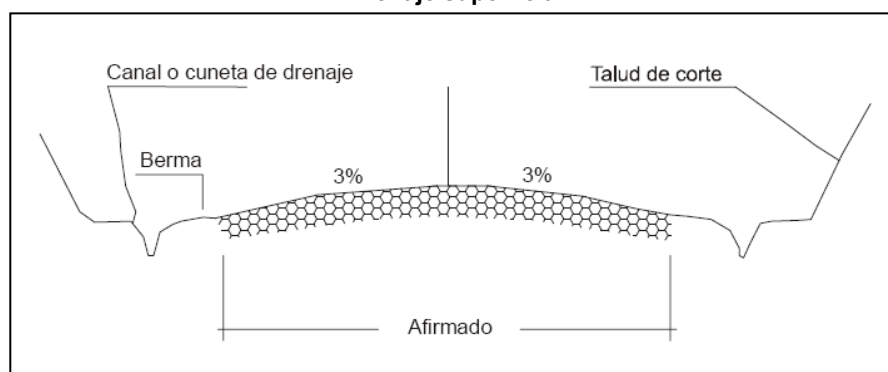
Los movimientos de tierra que se ejecuten para construir el sistema de cobertura final, deberían mantener la integridad de las chimeneas que constituyen el sistema de ventilación del relleno, si es que estas existen. Sobre este particular, es recomendable que se realice en paralelo con los movimientos de tierra, los trabajos destinados a destapar, limpiar y habilitar la salida de las chimeneas que se dejarán como parte integrante del sistema de drenaje de gases.

Sistemas de control de las aguas superficiales y de drenaje

En zonas con cursos de agua superficiales de carácter permanente o lluvias frecuentes se deberá considerar:

- La implementación de zanjas de coronación para evitar que las aguas superficiales y las de escurrimiento, producto de las lluvias, lleguen hasta las áreas en saneamiento o de disposición final de los residuos.
- La ubicación adecuada del sitio desde el punto de vista del drenaje superficial de las aguas.

Imagen 15
Drenaje superficial



Fuente: CONAM/CEPIS/OPS, 2004.

- Las superficies y taludes del sitio deben tener un acabado uniforme y una pendiente mínima de 2% en dirección aguas debajo de los taludes para facilitar el escurrimiento de las aguas de lluvia que inevitablemente caerían sobre las áreas en rehabilitación o de disposición final.

El drenaje superficial debería realizarse mediante el diseño y la construcción de canales perimetrales de interceptación, ya que conducirán dichas aguas hasta canales y cursos de agua existentes.

Con la información topográfica e hidrológica disponible es posible se calcular el tamaño de los canales de drenaje superficial. Los cálculos hidráulicos ordinarios dependen de la gradiente, de la zona superficial de las captaciones de agua superficial y la frecuencia de la precipitación elegida (período de recurrencia). Para determinar el tamaño de los canales de drenaje se sugiere como base de cálculo un periodo de recurrencia de una tormenta de cinco años.

Control de gases de vertedero

En los vertederos se genera una familia de gases, que dependen principalmente de la edad del relleno, del tipo de relleno, y de los sistemas de explotación del biogás. El contenido de humedad, la densidad, la granulometría, el espesor del relleno, entre otros parámetros condicionan la generación de biogás en un vertedero en particular.

El biogás de un relleno sanitario generalmente está compuesto entre un 40% a 60% en volumen por metano (CH_4), y entre un 60% a 40% en volumen por dióxido de carbono (CO_2).

Otros gases solamente están presentes en pequeñas cantidades. El nitrógeno y el oxígeno, se presentan en porcentajes elevados en las fases iniciales de producción de biogás, cuando la producción de metano y dióxido de carbono se encuentra en niveles bajos, luego al aumentar los porcentajes de metano y dióxido de carbono, tanto el oxígeno como el nitrógeno tienden a valores cercanos a cero. Finalmente, cuando los procesos de degradación de la materia orgánica provocan el descenso de la generación de metano y dióxido de carbono, nuevamente aumenta la presencia de nitrógeno y oxígeno.

Después de cerrar un relleno sanitario, hay que controlar los gases durante todo el tiempo que dure su generación. Los sistemas típicos para controlar el gas de vertedero incluyen: pozos de extracción, tuberías de recogida y transmisión e instalaciones de antorchas y/o incineración.

Generalmente, el sistema utilizado para controlar el gas de vertedero durante su etapa de explotación, se usa para controlar los gases después del cierre. Los pasos de diseño más importantes son: la selección de materiales, la ubicación y tipo de chimeneas de drenaje, la selección y colocación de válvulas y de tuberías de recogida en la cobertura final.

Los materiales utilizados en la fabricación de las tuberías deben ser flexibles, para soportar los movimientos cuando el terreno se asienta, y suficientemente fuertes como para soportar la carga de las instalaciones de extracción y recogida del gas y el paso de vehículos o maquinarias sobre la superficie.

En cuanto al número de chimeneas que debe mantener como criterio general un relleno sanitario con posterioridad a su cierre, definido por el radio de influencia de estas.

Este radio depende de factores tales como la profundidad usada en la captación, la altura del relleno, y el tipo de cobertura, entre otros.

Un aspecto a considerar en la gestión del biogás, es la cantidad de metano producida después del cierre. Existen diferentes conceptos y métodos para ventilar un relleno sanitario. Según Tchobanouglos *et al* (1994), el movimiento de los gases en un relleno, se controla para disminuir las emisiones atmosféricas, minimizar las emisiones olorosas, reducir la migración subsuperficial de gases y para permitir la recuperación de energía a través del metano. Los sistemas de control se pueden calificar como *pasivos* y *activos*.

En los *sistemas activos* de control del gas, se utiliza energía en forma de vacío inducido para controlar el flujo del gas. Se puede lograr el control activo de gases, creando un vacío parcial, mediante bombeo que origina un gradiente de presión hacia la chimenea de extracción.

En los *sistemas de control pasivo*, se controla el movimiento del biogás en el relleno mediante el uso de chimeneas y zanjas, proporcionando caminos de más alta permeabilidad que guíen el flujo de gas en la dirección deseada, mientras se está produciendo el metano y el dióxido de carbono a altas tasas. El gas extraído se quema para controlar las emisiones de metano o los compuestos orgánicos volátiles o se utiliza para producir energía.

En cualquier caso el principio fundamental de este sistema es mantener asegurada una ventilación con un material adecuado que sea resistente a la temperatura de los gases e incluso a la probable combustión que se pueda producir. La altura final de la chimenea, cuando se ha considerado un proyecto de reinserción o cuando se estima que habrá tránsito de personas o vehículos, debe estar por lo menos a 2,5 metros sobre la cota final de proyecto, para asegurar su integridad, y minimizar los riesgos por las emisiones de biogás producidas mientras ésta permanezca drenando o en combustión. Esta altura

adicional se logrará mediante tuberías de acero u otra alternativa de material incombustible que sea propuesta por los proyectistas. El remate entre esta solución y la cobertura final deberá ser estanco.

Como alternativa, un segundo sistema a considerar, consiste en la interconexión de las chimeneas, de manera que se pueda emplazar un sistema de extracción de gases de tipo activo. Esta solución puede presentar ventajas desde el punto de vista estético ya que permitiría la instalación de una menor cantidad de chimeneas con antorcha para quemar los gases extraídos mediante un sistema de bombeo. El inconveniente de este sistema radica en los daños que pueden ocasionar a las tuberías de interconexión lateral y al sistema de ventilación en general, los asentamientos diferenciales que se registren en el relleno.

La aplicación de este sistema deja al proyectista la posibilidad de diseñar una red interconectando chimeneas de forma que esta no cubra más allá de 150 metros. Las chimeneas que se incluyan en cada ramal de interconexión pueden quedar ocultas bajo la cota del suelo. En todo caso, las chimeneas ocultas deben considerar registros para observación. Los materiales a emplear en el sistema de interconexión deben presentar una respuesta adecuada ante la corrosión, temperatura e ignición.

En este mismo orden, en cuanto a los olores que se puedan emanar desde las chimeneas, los principales factores que contribuirían a la existencia de estos olores en los rellenos son: la interacción de los componentes de los gases metano y dióxido de carbono, las condiciones meteorológicas, la humedad, las altas temperaturas y la inversión térmica.

Un relleno sanitario que es bien explotado y posteriormente bien sellado para reinserción debe provocar mínimos olores, pero en vertederos perfectamente diseñados se han detectado olores a más de 8 km. Esto porque es difícil eliminarlos totalmente a menos que el biogás generado se queme. La eficiencia máxima se logra combustionando el metano presente junto a las trazas de óxidos, sulfuros y nitrógeno.

Sin embargo una buena cobertura para la recuperación o restauración del vertedero resuelve el problema en una gran parte, al ser absorbidos por éste. Para efectuar una desodorización del olor provocado por el biogás del vertedero, se puede recurrir a métodos de oxidación térmica, filtros de carbón activado y biofiltración.

Control de líquidos lixiviados

En cuanto al manejo de los lixiviados se debe recordar que estos líquidos son formados por la interacción de un líquido, principalmente agua, sobre un residuo sólido o efluentes líquidos que se generan por la propia dinámica de descomposición del residuo. El agua toma contacto con el residuo y forma lixiviados por los caminos siguientes:

- Agua infiltrada a través del material de recubrimiento.
- Agua que se incorpora al relleno por elevación de los niveles freáticos subyacentes.
- Agua que circulando horizontalmente penetra por los lados del vertedero.
- Agua existente en la zona de vertidos o caída durante las operaciones del vertido.
- Agua incorporada por infiltraciones de redes de alcantarillado que incorporan el líquido al vertedero.

Siempre y cuando la pluviometría de la zona sea baja, la técnica de confinar el líquido es el sistema de más bajo costo de todos los utilizados. El sistema está relacionado directamente con la permeabilidad de las zonas de circulación de lixiviados. Se basa en fenómenos de filtración y absorción de contaminantes por materiales de grano fino, disoluciones, cambios iónicos, biodegradación en el contacto lixiviado-agua subterránea, que producen una auténtica concentración con una potencial autodepuración del lixiviado.

En zonas impermeables, se produce una aceptable reducción de los sólidos disueltos del lixiviado en cortas distancias y una gran reducción cuando el tiempo de residencia del lixiviado es grande.

Para áreas permeables, el fenómeno de confinamiento es idéntico, existiendo siempre el riesgo de saturación, por lo que es necesario reducir la infiltración o recoger parte del lixiviado producido.

Cualquier infiltración del lixiviado, implica riesgo por la alta tasa orgánica y la compleja composición de éste líquido, lo que compromete por un largo tiempo cualquier agua superficial o subterránea que se encuentre a su alcance. Además de provocar la contaminación de las aguas subterráneas, el lixiviado también puede transportar sustancias orgánicas disueltas que pueden llegar al suelo subsuperficial no saturado.

Para minimizar el movimiento de los lixiviados hacia las aguas subterráneas y la emisión de los constituyentes disueltos, el recubrimiento de sellado se debe construir bajo un estricto programa de seguimiento de la calidad. La cantidad del lixiviado que se va a controlar y tratar después del cierre del vertedero, está en función del diseño de la cobertura final, de los tipos de residuos colocados en el vertedero y del clima de la región, especialmente las precipitaciones. Con una capa de sellado adecuada, disminuirá la cantidad del lixiviado.

Las instalaciones de recogida y tratamiento de lixiviados se diseñan y se construyen cuando el vertedero empieza a explotarse. Después del cierre, se utilizan las mismas instalaciones. En un relleno sanitario cerrado, durante la fase de descomposición denominada maduración, normalmente disminuye la cantidad del lixiviado generado, así como, la concentración de DBO₅ y DQO.

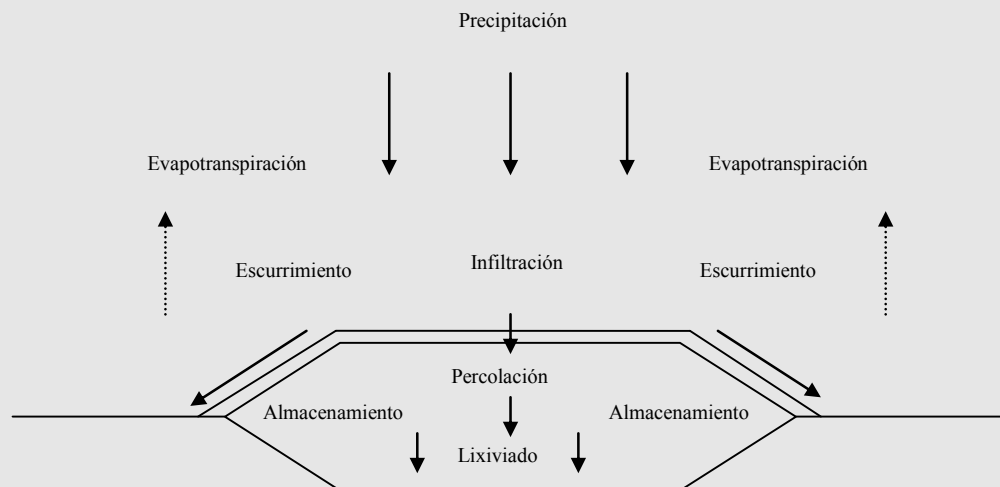
La cantidad de lixiviado que genera un vertedero se puede determinar mediante un balance hídrico o de aguas (véase ejemplo en el recuadro 5) o utilizando modelos como el modelo HELP —o Evaluación Hidrológica del rendimiento del vertedero o relleno, proporcionado por la *Environmental Protection Agency* (EPA)—, entre otros.

Recuadro 5 Modelo de balance hídrico

Los modelos de balance, que toman en consideración los elementos de hidrología, geo-hidrología y meteorología, hacen posible una estimación bastante puntual de la cantidad del agua que infiltra en el relleno, y por lo tanto, son buenos para la predicción de la cantidad del lixiviado generado. Los elementos más importantes que lo conforman, son los siguientes:

Precipitación,
Evaporación (evapotranspiración),
Escorrentía superficial,
Infiltración (percolación),
Almacenamiento de humedad en los desechos y, finalmente la cantidad del lixiviado generado.

Esquema de los componentes del balance de agua en un relleno



Recuadro 5 (conclusión)

Las cantidades de precipitación y evaporación potencial generalmente se proporcionan diariamente por las estaciones meteorológicas, o se pueden medir en el mismo lugar si se instala una propia estación en el relleno. Si se trata de una superficie cubierta de vegetación, entonces deben aplicarse lisímetros adecuados, para la determinación de la evapotranspiración que comprende la pérdida de humedad por la evaporación del suelo y por la transpiración de las plantas. El escurrimiento superficial se puede estimar, utilizando un factor que depende del material de la superficie, del tipo de vegetación y de las condiciones de declividad, o muchas veces se calcula de los otros elementos conocidos o de otra manera ya determinados. La infiltración, el almacenamiento de humedad y la cantidad del lixiviado generado están en estrecha relación y constituyen un equilibrio dinámico, en donde intervienen los elementos anteriormente mencionados que significan aportación (precipitación) o pérdida (evaporación y escurrimiento) de agua en el sistema.

Hay que señalar que el objetivo de la aplicación del modelo no necesariamente es la determinación de la cantidad del lixiviado generado, sino puede ser que conociendo éste se quiera calcular el factor de infiltración, el porcentaje del escurrimiento, el cambio en la cantidad de agua almacenada, o hasta la porosidad efectiva u otras características hidráulicas de los desechos

Fuente: Kiss, G. 1995 y 1998.

Sistemas de monitoreo ambiental

La última parte de un plan de cierre y sellado incluye a las instalaciones de monitoreo y control ambiental, que son necesarias para asegurar el mantenimiento de la integridad del relleno sanitario con respecto a la emisión incontrolada de contaminantes al ambiente (CONAMA/BIRF/PUCV, 1997).

Los responsables del control ambiental deberían considerar como obligatorio la implementación de sistemas de supervisión para controlar el movimiento de las emisiones del vertedero en los ambientes de agua, aire y suelo.

El monitoreo de la calidad del agua, se lleva a cabo para detectar el escape de los líquidos lixiviados fuera del vertedero. Las instalaciones de monitoreo se colocan en los suelos, por debajo del recubrimiento del vertedero y en acuífero superior de las aguas subterráneas. En climas secos, donde la humedad no penetra en los suelos debajo del relleno, las instalaciones de monitoreo deben ser capaces de operar en la zona aireada. Las aguas subterráneas se supervisan mediante pozos de control.

En cuanto al biogás, el plan de cierre y sellado indicará la forma que se van a controlar y a evacuar a la atmósfera, el metano u otros gases. El monitoreo del biogás también se utiliza para evaluar el grado de actividad biológica del vertedero. El equipamiento típico, utilizado en rellenos clausurados, para la supervisión del gas incluye: medidores del gas explosivo, medidores de sulfuro de hidrógeno y equipamiento para la recogida de muestras, que serán analizadas fuera del relleno.

En la mayoría de los planes de cierre y sellado, el material de cubrición es uno de los aspectos más importantes. La capa de sellado, debe colocarse bajo una estricta supervisión de construcción, y posteriormente se debe realizar un mantenimiento permanente, para que el sistema de sellado permanezca en óptimas condiciones. El monitoreo ambiental de los suelos incluye la medición del asentamiento superficial del vertedero, control de los movimientos de los taludes y la observación del avance de la erosión de la superficie del terreno. La inspección de vertederos cerrados requiere una formación y un buen juicio para realizar las observaciones visuales y para la utilización de puntos de control, con la finalidad de registrar los movimientos del terreno.

En definitiva, se debe tener en cuenta, que la mantención a largo plazo a través de los planes de monitoreo y control, tienen el objetivo de resolver problemas provocados por las lluvias y el viento, como las depresiones, grietas y erosiones. Es importante que dichos problemas se reparen lo más pronto posible para evitar que los residuos queden al descubierto y que puedan provocar problemas ambientales (CONAM/CEPIS/OPS, 2004).

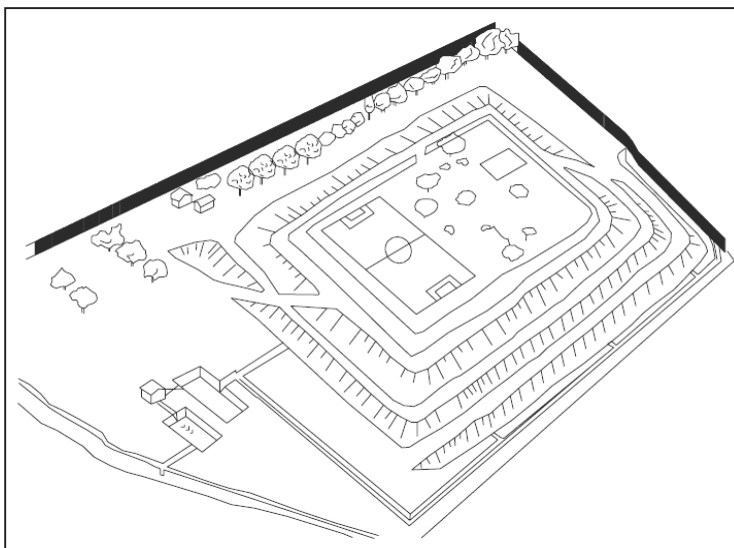
5. Rehabilitación³⁰

Entendiéndose por reinserción a las faenas destinadas a reincorporar el relleno sanitario ya sellado a su entorno, controlando las emisiones de biogás, líquidos lixiviados y los problemas que puedan causar los asentamientos, entre otros, de manera que se impida causar impactos negativos al ambiente y a la salud pública. En esta etapa se debe terminar de implementar las instalaciones de monitoreo, emplazadas en la etapa de sellado, que sean necesarias para controlar que el emplazamiento no sea causa de contaminación de aire, suelo o agua. La reinserción, habitualmente tiene alguna de las siguientes alternativas de destino: agrícola, recreacional y/o apoyo a algún tipo de estructura (CONAMA/GRS de la PUCV, 2002).

Sobre el tema de la recuperación de áreas impactadas por vertidos de residuos sólidos no existe a nivel mundial una solución única, sino que existen variadas tendencias tecnológicas, niveles de desarrollo del conocimiento y criterios para enfrentar el tema.

Olaeta, Espinace, Szantó y Palma (1997) han trabajado en el tema desde el año 1987 donde han probado experimentalmente diferentes tipos de coberturas, en los vertederos en Chile, en las localidades de Limache, La Feria y Papudo, y cuyos resultados son comparados con experiencias internacionales. Los resultados obtenidos muestran que las especies adaptadas en Chile no son siempre las mismas a las reportadas por la bibliografía internacional, por lo que las respuestas a las situaciones nacionales deben necesariamente ser propias, lo que obliga a generar mayores investigaciones nacionales a través de diversas metodologías.

Imagen 16
Uso futuro: recuperación de un relleno sanitario



Fuente: CEPIS/OPS/OMS, 2004.

Rehabilitación con destino recreacional, agrícola y forestal

Entre las aplicaciones más populares que se da a los emplazamientos de usados como rellenos sanitarios después que se ha cumplido su vida útil, están los parques recreativos y los campos de deportes.

Se han reportado numerosos trabajos donde los vertederos o rellenos sanitarios se han rehabilitado como áreas de recreación, campos de deportes y servicios. Sin embargo no hay una

³⁰ Experiencias de recuperación de áreas utilizadas para el vertido de residuos pueden encontrarse en los Anexos G y H.

información acabada sobre el tipo de vegetación que puede adaptarse sin problemas a las condiciones adversas de un relleno sanitario.

Duane (1972) indica el éxito en la habilitación de canchas de golf y jardines sobre rellenos sanitarios, usando además especies arbóreas para completar el paisaje.

El Ministerio del Ambiente y Calidad de Vida de Francia (1985) plantea la importancia de ocupar los rellenos sanitarios acabados en parques o campos productivos, para lo cual señala una serie de posibilidades de especies tanto arbóreas como herbáceas, las cuales podrían adaptarse a las condiciones de suelo que posee un relleno sanitario, esto es, delgada capa de suelo, alta concentración de gases como CO₂ y CH₄, y alto contenido de metales pesados entre otros. Los autores señalan también que es necesario poblar primero con especies llamadas "pioneras", las cuales soportan condiciones adversas, y tienen un crecimiento más rápido, creando así un microclima para que se puedan desarrollar posteriormente especies denominadas "nobles".

Fabris (1995) reporta la experiencia alcanzada en cinco rellenos sanitarios de Italia, estos son: Vertedero de Bellolampo en Palermo, Vertedero de Imola, Vertedero de Vallin dell' Aquila en Livorno, Vertedero de Cozzo Disi en Casteltermini (Agrigento) y el Vertedero de Scala Erre en Sassari. Cada uno de ellos con características diferentes por lo tanto con soluciones propias. Sin embargo en ellos no se reportan las especies vegetales utilizadas.

Russo y Vieira (1995) reportan en Portugal, la recuperación de un vertedero municipal no controlado ubicado en una vieja mina de caolín, el que se utiliza hoy como lugar de recreación y servicios de la población de Viana do Castelo, al construir allí estacionamientos, lavado de automóviles, tiendas y una laguna artificial. En esta recuperación también se incorporaron especies arbóreas y arbustivas, sin embargo no se reportan las condiciones de ellas.

Otra de las alternativas de utilización de los rellenos sanitarios, una vez finalizados, es la vegetación tanto arbórea como arbustiva en aquellos sectores no urbanos.

El tipo de destino agrícola-forestal que se pretenda dar a un antiguo relleno sanitario, estará en función del grado de estabilidad del terreno y del espesor de la capa final de recubrimiento. Si en el vertedero terminado se va a sembrar alguna especie vegetal en particular, el espesor de la capa de recubrimiento final de tierra debe ser suficiente y debe presentar condiciones de soporte vegetal adecuadas para las especies que se van a sembrar. En la mayoría de los casos, es suficiente un recubrimiento final de suelo de aproximadamente 60 cm bien compactado. Según el tipo de especie arbórea o arbustiva que se desee introducir, puede ser necesario que el recubrimiento final requiera un espesor mayor.

Se debe prestar especial atención a los canales para el drenaje superficial, los que deben estar empedrados o revestidos para evitar la erosión y las infiltraciones. Antes de tomar una decisión sobre el uso del emplazamiento para sembrar alguna especie vegetal en particular, hay que evaluar la posibilidad de contaminación del agua subterránea por la infiltración del agua de riego.

En Kearney (Nebraska) se han sembrado canteras rellenas de residuos, con alfalfa, siendo suficientes para ello unos 60 cm de recubrimiento final. En Inglaterra, se han utilizado también algunos terrenos provenientes de rellenos sanitarios, para fines agrícolas-forestales.

El destino agrícola-forestal para un relleno sanitario es la opción más común y más simple de empleo para estos terrenos (Wallace y Ulrich, 1995), debido a que no se requiere una planificación muy acabada durante la etapa de diseño. En general, esta solución representa una opción de bajo costo para los propietarios que deben introducir y mantener una cubierta vegetal durante el período posterior al cierre del relleno sanitario.

En particular, muchas especies vegetales, no requieren coberturas finales de gran espesor u otras capas de soporte vegetal y pueden ser introducidas sin grandes modificaciones del perfil de la capa de sellado. Sin embargo, en la literatura consultada se han encontrado pocas referencias en cuanto a los efectos que puede producir en la vegetación el medio agresivo que representa un relleno de residuos sólidos y particularmente los niveles de toxicidad que se pueden producir en las plantas. Autores como

Purves y McKenzie (1974) y Giordano y Mays (1981), han publicado que un aumento de la absorción de metales pesados como Plomo, Cobalto, Níquel, Cromo y otros, provocarían toxicidad en las plantas entrando a la cadena alimentaria afectando a hombres y animales. Saarela (1991) reporta un elevado tenor de metales pesados en un vertedero sanitario en Finlandia, Grantham y Young (1993) encuentran en una muestra del vertedero Foxhall, en Inglaterra, altos niveles de cloro, amonio a diferentes profundidades del vertedero.

De lo anteriormente expuesto se desprende la limitación del destino agrícola que tendría un relleno sanitario, ya que las soluciones para reinsertar estas áreas, necesariamente deben ser económicas y no implicar riesgos para el ambiente y la salud pública. Sin embargo el uso forestal no presenta limitaciones en ese sentido pues su utilización no implica un deterioro en la salud humana. En otro ámbito es posible señalar que la mayoría de los rellenos sanitarios si no todos, tienen problemas con el control de la sedimentación y de la erosión. Esto pone de relieve la necesidad de prestar especial atención a lo que puede ser considerado un componente habitual del sistema de un vertedero especialmente para favorecer la implantación de una cubierta vegetal.

Es importante considerar la disposición que debiera tener la cobertura final del vertedero para mantener una cubierta vegetal sin la incidencia mayor de gases y metales pesados, asegurando así un mayor desarrollo de las especies implantadas, para lo cual es de vital importancia la adecuada eliminación de gases del vertedero.

En relación a lo anterior también es importante considerar el espesor de la cubierta final donde se desarrollarán las especies vegetales. Se estima que un espesor de 50-60 cm sería suficiente para la vegetación pratense y 70-80 cm para la arbustiva.

Estudios realizados por Dobson y Moffat (1995) reportan los efectos que las condiciones de un vertedero tienen sobre el desarrollo radical de diferentes especies. Los autores reportan que las especies vegetales presentan un menor desarrollo radical a medida que la profundidad aumenta debido a que en un vertedero, las condiciones adversas se incrementan en profundidad.

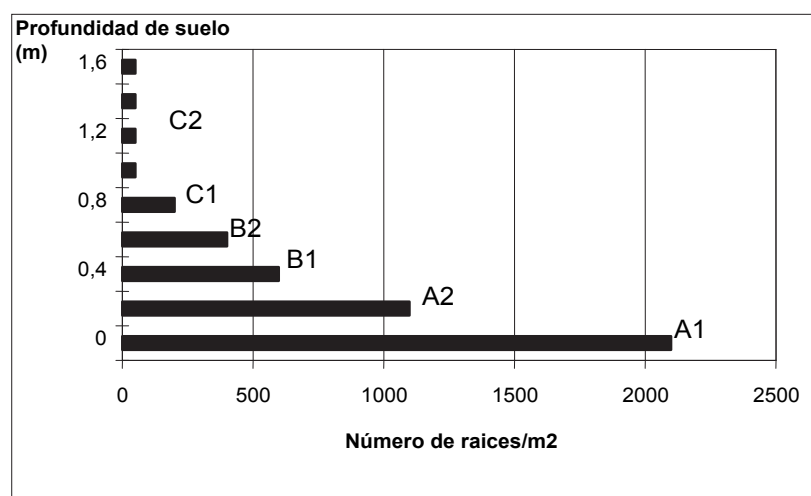
Esta situación se aprecia en el gráfico 1. Estos resultados son corroborados por La Marca, Sanesi y Gambi (1995) en un trabajo de reinsertación en un vertedero en Firenze - Italia, con 9 especies vegetales: *Fraxinus ornus*, *Pyacantha coccinea*, *Quercus pubescens*, *Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus ornus*, *Cupressus sempervirens*, *Crataegus monogyna*, *Piracantha coccinea*, *Spartium junceum* y *Euonymus japonicum*.

Las especies fueron cultivadas en el vertedero en sectores cubiertos con capas de suelo de diferentes espesores:

- 30 cm de suelo (A1);
- 15 cm de suelo (A2);
- y sin cobertura de suelo (A3), en los sectores alto, medio y bajo de la pendiente del talud, y se comparó con el crecimiento vegetal en un sector contiguo que no era parte del vertedero.

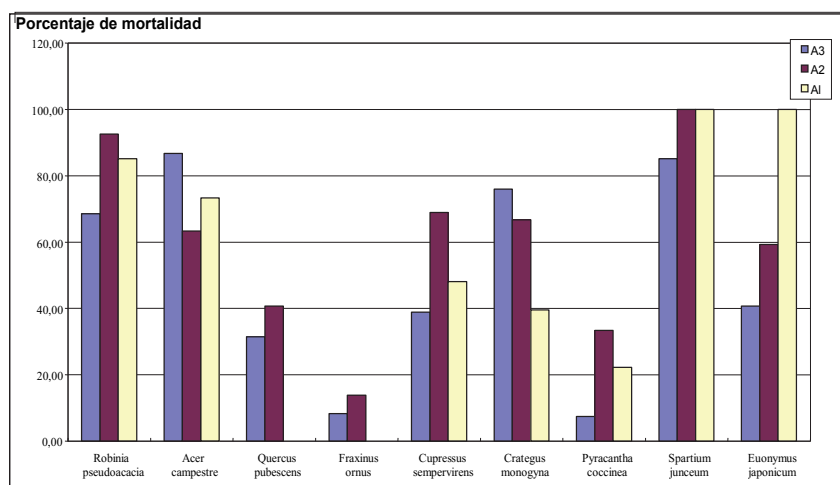
Esta situación se aprecia en el gráfico 1.

Gráfico 1
Efectos de la profundidad del “suelo” en un relleno sanitario sobre el desarrollo radical



Fuente: La Marca, Sanesi y Gambi (1995)

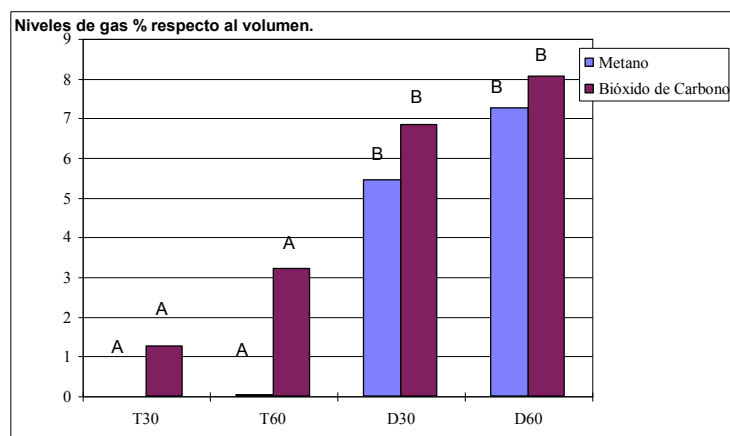
Gráfico 2
Porcentaje de mortalidad de diferentes especies en un relleno sanitario, cultivadas con diferentes espesores de suelo. a1 = 30 cm.; a2 = 15 cm.; a3 = sin suelo



Fuente: La Marca, Sanesi y Gambi (1995).

El gráfico 3 muestra como en general los sectores donde el suelo fue más profundo (30 cm) la mortalidad de las especies fue menor. Se observó también que hay especies que tuvieron un mejor comportamiento como es el caso de *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Pyracantha coccinea* y *Crategus monogyna*. Los autores indican además que la mayor cantidad de biomasa desarrollada ocurrió en el sector donde hubo una mayor capa de suelo (30 cm). Esto se corrobora por los resultados reportados en la figura 18, donde se aprecia que los niveles de CO₂ y CH₄ fueron mayores en los sectores donde hay residuos sólidos, mostrando dos profundidades (30 y 60 cm), T en un sector fuera del vertedero y D en un sector dentro del vertedero. A dos. Los valores marcados con letras diferentes son estadísticamente diferentes con un nivel de P=0,01.

Gráfico 3
Concentraciones de metano y bióxido de carbono a diferentes profundidades



Fuente: La Marca, Sanesi y Gambi (1995)

En conclusión, es importante que una vez ejecutado el cierre, el cual garantice el control seguro de las eventuales externalidades ambientales en los ex rellenos, se pueda pensar en la recuperación social del terreno por medio de proyectos de rehabilitación paisajística, parques públicos o algún tipo de instalación deportiva, entre otras opciones.

De igual manera, es importante aprovechar estos pasivos ambientales en especial en ciudades que van creciendo vertiginosamente, ya que su integración al paisaje urbano en el natural crecimiento de una ciudad evita el efecto barrera por pérdida de plusvalía (Rondón y Szantó, 2011).

III. Elementos de formulación de proyectos

Este capítulo reúne la información básica para formular proyectos de implementación de sistemas de gestión integral residuos sólidos domiciliarios, por lo que se requiere identificar las causas que lo originan y los efectos que lo generan, definir y comparar diferentes opciones de solución, así como la selección de la alternativa que se va a desarrollar, definiendo los objetivos y resultados esperados; así como la vinculación con las políticas, planes y estrategias de desarrollo.

Por otro lado, en este capítulo se presentan las características técnicas del proyecto, incorporando los diferentes análisis requeridos como: mercado, técnico, reducción de riesgo a desastres, ambiental, aspectos legales y administrativos del proyecto, que deben ser considerados como parte de la preinversión para su ejecución y su evaluación.

Así mismo, este capítulo se ha desarrollado con el propósito de facilitar el proceso de la preinversión en proyectos de implementación de sistemas de gestión integral residuos sólidos, y de orientar las tareas en la elaboración de los estudios de preinversión, partiendo desde la etapa de perfil. No obstante, su naturaleza y magnitud, así como la confiabilidad y profundidad de las variables que se analizan en esta etapa, es lo que permitirá definir el grado de avance del estudio de preinversión que se requiera (prefactibilidad y factibilidad). Este capítulo permitirá iniciar y orientar el proceso para elaborar el documento a nivel de perfil, así como facilitar condiciones para el establecimiento de términos de referencia, en caso de que el proyecto requiera avanzar hacia las etapas de prefactibilidad y factibilidad.

Se estudian dos fases o etapas: la formulación del proyecto y la evaluación del proyecto; donde el desarrollo de cada uno de los temas señalados determina la viabilidad, factibilidad y utilidad de los bienes y servicios que se desean alcanzar con la ejecución del proyecto.

La etapa de formulación del proyecto comprende los estudios básicos que permiten definir el problema o necesidad a solucionar, identificar las alternativas de solución, escoger la alternativa, definir los objetivos, resultados, beneficiarios, la vinculación del proyecto con las políticas y planes de desarrollo, así como el análisis del área de influencia del proyecto.

La etapa de evaluación de proyectos se refiere a la evaluación financiera, costos y económico-social, con el propósito de determinar la utilidad o rentabilidad financiera y los efectos sociales y económicos que ejerce el proyecto planeado en la sociedad.

A. El ciclo de vida de los proyectos³¹

Un proyecto de inversión es una decisión sobre el uso de recursos con el objetivo de incrementar, mejorar o mantener la producción de bienes o prestación de servicios y/o incrementar, mejorar mantener o recuperar la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico. Esta decisión se puede materializar en una obra física y/o en una acción específica.

Un proyecto de inversión puede ser llevado a cabo por inversionistas privados o por el Estado. En el primer caso, se invertirán recursos de propiedad privada y se esperará obtener un beneficio para los inversionistas privados. En el segundo caso, se invertirán recursos de propiedad social y se espera obtener un beneficio para la sociedad.

No obstante, en ambos casos, los proyectos de inversión surgen como reconocimiento de la existencia de necesidades insatisfechas que el proyecto de inversión sería capaz de satisfacer.

Ejemplos Ilustrativos:

<i>Idea de proyecto:</i>	Realización de una campaña de educación medioambiental.
<i>Posible necesidad:</i>	Aumentar y mejorar la cooperación de la ciudadanía en la fase de pre-recogida de RSU.
<i>Idea de proyecto:</i>	Recolección con contenedores en un sector de la ciudad.
<i>Posible necesidad:</i>	Mejorar los rendimientos de recolección en zonas de tránsito saturado y/o de difícil acceso.
<i>Idea de proyecto:</i>	Renovación de la flota de vehículos recolectores de basuras.
<i>Posible necesidad:</i>	Mejorar la eficiencia del sistema de recolección de RSU.
<i>Idea de proyecto:</i>	Instalación de una planta de incineración de RSU.
<i>Posible necesidad:</i>	Diversificar las formas de tratamiento final de RSU, dado el colapso de los rellenos actuales.
<i>Idea de proyecto:</i>	Establecimiento de relleno sanitario mancomunado de basuras para dos ciudades.
<i>Posible necesidad:</i>	Solucionar problemas de saturación de rellenos actuales y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos en la fase de disposición final de las basuras de ambas ciudades.
<i>Idea de proyecto:</i>	Establecimiento de relleno sanitario mancomunado de basuras para dos ciudades.
<i>Posible necesidad:</i>	Solucionar problemas de saturación de rellenos actuales y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos en la fase de disposición final de las basuras de ambas ciudades.
<i>Idea de proyecto:</i>	Concesión a privados de la explotación de un relleno municipal.
<i>Posible necesidad:</i>	Mejorar la eficiencia de la fase de disposición final, mediante la contratación de los servicios de empresas privadas.

Los ejemplos anteriormente señalados indican que no siempre un proyecto de inversión requiere la aplicación de grandes cantidades de recursos, ni debiera implicar la creación de una nueva unidad productiva.

Puesto que un proyecto de inversión implica la aplicación de recursos económicos que siempre son escasos o limitados que podrían obtener un beneficio en otras actividades (usos alternativos de los recursos), resulta imprescindible emprender *estudios de preinversión* que permitan su adecuada formulación y una evaluación económica que otorgue cierta seguridad de que el beneficio que se obtendrá será mayor que el que se obtendría en otras alternativas disponibles o que la actividad se realizará a un menor costo.

1. Fases de un proyecto

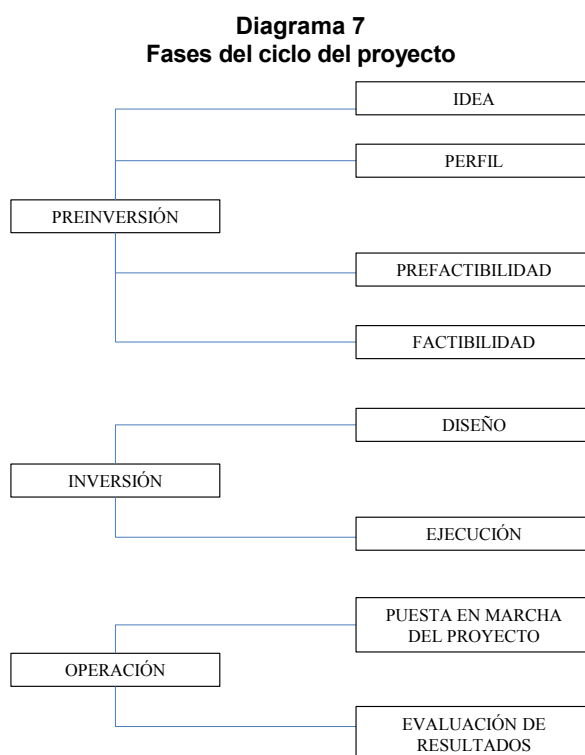
El ciclo de vida de los proyectos (véase el gráfico 4) comienza con la fase llamada preinversión, en la cual se realizan los estudios que permiten fundamentar la decisión de invertir.

³¹ Capítulo en base a Szantó M., 1998 y Nieto M., 1999.

En esta fase se realiza la formulación del proyecto de inversión, en la que se identifica el problema a resolver y se perfilan las alternativas de solución; se realiza la identificación, medición y valoración de costos y beneficios de cada alternativa y se calcula su rentabilidad.

La segunda fase del ciclo de los proyectos es la inversión propiamente tal, en la que se realiza el diseño y la ejecución de las obras.

Posteriormente el proyecto comienza su fase de operación, en la que se pone en marcha o se hace operar la producción o prestación de servicios que el proyecto provee. Es recomendable considerar en esta etapa la realización de evaluaciones ex post, con el objetivo de conocer si el proyecto realmente resolvió el problema para el cual se planteó originalmente. Estas evaluaciones retroalimentan la formulación y diseño de futuros proyectos del mismo tipo.



Fuente: Elaboración propia.

Estas fases podrían desdoblarse en subfases (que se denominarán etapas) de las cuales varias o todas pueden ser recorridas por un proyecto, dependiendo de ciertos factores: su naturaleza, su complejidad, el volumen de inversión comprometido o las pautas establecidas por los organismos encargados del financiamiento.

2. Preinversión

En la fase de preinversión se identifica la idea del proyecto y se realiza un análisis lo más completo posible del problema que se quiere resolver, de modo de contribuir a encontrar todas las posibles alternativas de solución.

La preinversión se desagrega en las siguientes etapas:

Idea: en esta etapa, se identifica el problema o la necesidad que se va a satisfacer y se identifican las alternativas básicas mediante las cuales se resolverá el problema.

Perfil: en esta etapa se evalúan las diferentes alternativas, partiendo de información técnica, y se descartan las que no son viables. Se especifica y describe el proyecto con base en la alternativa seleccionada. Por lo general, la información en que se apoya la elaboración del perfil proviene de fuentes de origen secundario.

Prefactibilidad: en esta etapa se realiza una evaluación más profunda de las alternativas encontradas viables, y se determina la bondad de cada una de ellas.

Factibilidad: en esta etapa se perfecciona la alternativa recomendada, generalmente con base en información recolectada especialmente para este fin.

El anterior proceso es iterativo y no necesariamente todos los proyectos atraviesan por cada una de las etapas.

La preinversión facilita un proceso de evaluación-decisión orientado a verificar la pertinencia, viabilidad y conveniencia del proyecto antes de asignarle los recursos solicitados. Entre otros, por lo menos tres aspectos deben ser verificados:

- Que el proyecto es una buena solución al problema planteado;
- Que la alternativa seleccionada es más conveniente que las desechadas y que no hay a disposición otra alternativa mejor, y
- Que el proyecto demuestre estándares técnicos e indicadores de rentabilidad eficientes respecto a proyectos similares.

3. Inversión

Una vez decidida la realización del proyecto, comienza la fase de inversión, en la que se efectúan todas las acciones necesarias para que el proyecto se materialice.

La inversión se desagrega en las siguientes etapas:

Diseño: una vez decidida la ejecución del proyecto, en esta etapa se elabora el diseño definitivo. En las etapas anteriores se pueden haber elaborado diseños preliminares, pero los diseños definitivos e ingeniería de detalle —especialmente en el caso de los proyectos más complejos y de mayor monto de inversión— solo se justificará efectuarlos a partir del momento en que se cuente con el dictamen de viabilidad y con la decisión favorable del financiamiento.

Ejecución: en esta etapa se materializa el proyecto.

Es importante tener en cuenta una serie de actividades de preparación de la implantación, como las siguientes:

- a) Revisión y actualización del Documento-Proyecto (sobre todo cuando haya transcurrido un tiempo considerable entre la identificación del proyecto y la decisión final, ya que las circunstancias pueden haber cambiado).
- b) Actualización y detalle de cronogramas para la ejecución del Proyecto.
- c) Negociación de créditos y de recursos destinados al proyecto, a fin de garantizar que se provean en las condiciones más favorables y que se encuentren disponibles oportunamente para la ejecución.
- d) Organización institucional y administrativa del Proyecto y definición sobre la responsabilidad de implantación (ejecución directa, contratada o con participación de la comunidad).
- e) Gestión de recursos humanos (reclutamiento, selección, incorporación, entrenamiento) y materiales (licitaciones, contrataciones y adquisiciones).

La implantación (o instalación), está constituida por el conjunto de actividades necesarias para dotar al proyecto de su capacidad productiva. Es la etapa en que se efectúan las inversiones físicas y termina cuando se entrega una unidad en condiciones de iniciar la generación de los bienes o servicios con los cuales el proyecto deberá cumplir sus objetivos específicos.

La etapa de implantación requiere de un sistema gerencial que posibilite:

- a) La realización del proyecto dentro de los tiempos programados.
- b) El cumplimiento de las actividades dentro de los costos preestablecidos.
- c) La ejecución de las actividades de acuerdo con las especificaciones técnicas predeterminadas.

El término de la etapa de implantación del proyecto se da con la "puesta en marcha", o sea cuando la capacidad instalada se prueba y se hacen los ajustes del caso, para verificar que el proyecto está en plenas condiciones de operar.

4. Operación

Una vez instalado, el proyecto entra en operación.

Puesta en marcha: En esta etapa, también denominada producción o funcionamiento, el proyecto adquiere su realización objetiva, es decir, que la unidad productiva instalada inicia la generación del producto (bien o servicio) para el cumplimiento del objetivo específico orientado a la solución del problema o a la satisfacción de la necesidad que constituyó el origen del proyecto.

El proyecto se convierte en una unidad transformadora de operación permanente, mientras subsista la necesidad que pretende atender. El proyecto se "institucionaliza" mediante la creación de una organización responsable por su operación en el tiempo, o mediante la entrega de dicha responsabilidad a una entidad ya existente.

Comparativamente con la etapa de implantación, la operación requiere un sistema gerencial diferente. Su preocupación ya no es la realización de actividades no repetitivas en carrera contra el tiempo, sino, más bien, la administración de un sistema que recibe unos insumos, los transforma y entrega productos, dentro de un proceso con características repetitivas y de operación permanente.

A medida que la fase operativa del proyecto avanza, la gerencia debe estar atenta para introducir modificaciones o mejoras que aumenten la eficiencia del sistema. Pero hay otras dos situaciones que se van presentando en el tiempo:

- a) La necesidad de ampliación del sistema para extender su cobertura a nuevos usuarios, y
- b) El desgaste y obsolescencia de las instalaciones y equipos van implicando la necesidad de renovación-reposición.

Evaluación de resultados: Si el proyecto es la acción-respuesta a un problema, es necesario verificar después de un tiempo razonable de su operación que efectivamente el problema ha sido solucionado por la intervención del proyecto.

De no ser así, se requiere introducir las medidas correctivas pertinentes. Además, el diseño del proyecto puede contemplar la generación de otros efectos en su ambiente, y se hace necesario, por tanto, constatar si tales efectos se han producido en la dirección e intensidad deseadas y qué tipo de nueva realidad se ha configurado como consecuencia del proyecto.

Es común que durante las anteriores fases los proyectos sufran metamorfosis, modificaciones y readecuaciones que impliquen adiciones o cambios en los objetivos hasta llegar a darse el hecho de que se desdibuje o distorsione el objetivo inicial y, como el objetivo postulado nace de una necesidad, será necesario preguntarse: ¿En qué grado el proyecto, durante su vida operativa ha contribuido efectivamente a satisfacer la necesidad original?

Por otro lado, el ambiente es cambiante y en el tiempo pueden modificarse las condiciones exógenas al proyecto, pueden variar las características del problema o pueden haberse modificado el tipo y nivel de la necesidad original.

La evaluación de resultados (ex-post) trasciende el control de gestión de las fases de inversión y de operación preguntándose si la presencia y utilización social del producto está contribuyendo eficazmente a generar resultados en el ambiente de su jurisdicción, mediante la efectiva solución del problema original, atención de la necesidad identificada y efectos derivados atribuibles al proyecto. La evaluación de resultados "cierra el ciclo", preguntándose por los efectos de la última etapa a la luz de lo que inició el proceso: el problema.

La evaluación de resultados tiene por lo menos dos objetivos importantes:

Evaluar el impacto real del proyecto ya entrado en operación, para sugerir las acciones correctivas que se estimen convenientes.

Asimilar la experiencia para enriquecer el nivel de conocimiento y de capacidad, para mejorar así los proyectos futuros.

B. Identificación del proyecto³²

1. Nombre del proyecto

El nombre del proyecto debe identificar su naturaleza, ser simple, claro y conciso, de tal forma que se pueda enunciar en uno o dos renglones; incorporando el proceso, objeto, institución responsable del proyecto y localización geográfica (véase el anexo 9).

2. Antecedentes

Los antecedentes se refieren a la descripción precisa de:

- La situación o los motivos que han originado el problema o la necesidad que requiere ser intervenida con el proyecto. Entre los principales motivos suelen estar: la observación de la realidad, particularmente de los problemas que enfrenta la población del área, la solicitud explícita, situación negativa antes descrita y qué consecuencias se espera alcanzar con ello. Se debe sustentar cómo, al resolver esta situación negativa, la localidad en cuestión se beneficiará.
- Se deben detectar las iniciativas anteriores que se han planteado con propósitos similares al proyecto bajo estudio. Hasta donde lo permita la información disponible, se deben identificar las causas por las que dichas iniciativas no se realizaron o por qué razones no se han resuelto las necesidades para las cuales se implementaron.

C. Identificación del problema

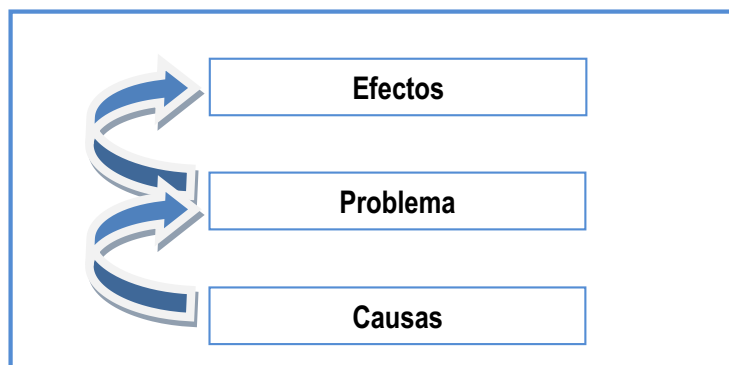
De acuerdo al objetivo que persigue este capítulo, de servir como una guía básica en la formulación de proyectos para implementar sistemas de gestión integral residuos sólidos domiciliarios, es importante en esta fase de identificación, el poder ahondar en las distintas dimensiones que tiene el problema, el cual, debe ser formulado como un estado negativo (por ejemplo, “sitios de disposición final no cumplen con criterios técnicos”).

Para la adecuada formulación del proyecto, es conveniente identificar las causas y los efectos del problema central detectado. De esta manera, al estudiar las causas del problema es posible identificar alternativas de solución que permitirán resolverlo y, de esta forma, evitar los efectos que ese problema generaba sobre la comunidad (beneficios del proyecto).

³² Este punto y los sucesivos, han sido tomados directamente de la “Guía Metodológica para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Sitios de Disposición Final de residuos Sólidos Ordinarios” MIDEPLAN (Costa Rica)- ILPES, 2012.

Esquemáticamente la lógica causal entre causas, problema y efectos se puede representar como está en el diagrama 8.

Diagrama 8
Ordenamiento lógico de causas, problema y efectos



Fuente: ILPES, área de proyectos y programación de inversiones.

1. El árbol de problemas, causas y efectos

Según Silva Lira³³, el método que se presentará es una alternativa entre varias posibles. Sin embargo, por su gran sencillez, es el más adecuado para iniciar el proceso analítico de identificación de un proyecto de inversión. Esto es organizar el análisis a partir de una “lluvia de ideas” en torno a una “situación problema” y poder construir un árbol de problemas. El método es muy flexible, eficiente y efectivo, siempre y cuando los participantes que se reúnan para aplicarlo también lo sean.

Se sugieren los siguientes pasos a seguir:

- Dada la manifestación de una situación problema: hay que analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación analizada. Esto debido a la normal existencia de múltiples causas que pueden explicar el problema y los efectos que se derivan de ello.
- En términos de análisis se recomienda que a partir de una primera “lluvia de ideas” establecer cuál es, a juicio del grupo de analistas, el problema central que afecta a la comunidad analizada. En esto lo que se aplica son los criterios de prioridad y selectividad.
- Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y verifica su importancia. Se trata, en otras palabras, de tener una idea del orden y gravedad de las consecuencias que tiene el problema que se ha detectado lo cual hace que se amerite la búsqueda de soluciones.
- Anotar las causas del problema central detectado. Esto significa buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema.
- Una vez que tanto el problema central, las causas y los efectos están identificados se construyen los “diagramas del árbol de efectos y causas” asociados al problema.
- Es necesario revisar la validez e integridad del árbol dibujado, todas las veces que sea necesario. Esto es, asegurarse que las causas representen causas y los efectos representen efectos, que el problema central esté correctamente definido y que las relaciones (causales) estén correctamente expresadas.

³³ “Preparación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Local”, tercer Curso Internacional de “Preparación, Evaluación y gestión de Proyectos de Desarrollo Local”, ILPES/CEPAL.

- Para la elaboración del árbol de causas y efectos se sugiere seguir las siguientes recomendaciones: a) formular el problema central en estado negativo; b) centrar el análisis de causas y efectos en torno a un solo problema central, lo que permite acotar el análisis y ser más efectivo en recomendar soluciones, y c) no confundir el problema con la ausencia de una solución; no es lo mismo decir falta un hospital (falta de solución), que decir que existen “altas tasas de morbilidad” en un área específica (problema).

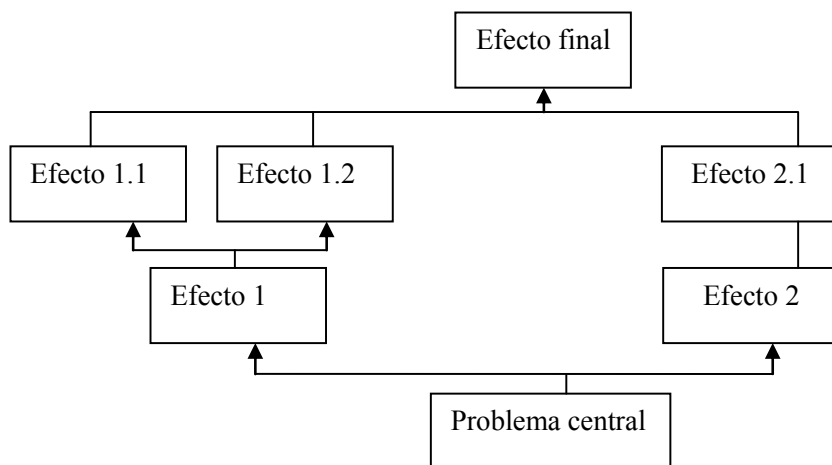
2. El árbol de efectos

Teniendo presentes las indicaciones hechas en el apartado anteriormente descrito, el árbol de efectos es un excelente y sencillo instrumento para identificar las repercusiones encadenadas del problema.

Consiste en representar gráficamente hacia arriba los efectos identificados como consecuencia del problema. Para su construcción es posible seguir estos pasos:

- Se coloca en un primer nivel los efectos directos o inmediatos del problema. Cada efecto nace del problema, lo que se representa con una flecha desde el problema hacia cada efecto inmediato.
- Preguntarse para cada efecto de "primer nivel" si hay alguno o varios efectos superiores importantes que puedan derivarse de él. Representarlos en un segundo nivel, derivándolos con flechas de abajo hacia arriba desde el efecto de primer nivel que opera como causa. Si a un efecto concurre como causa otro efecto de primer nivel ya representado, se indica la interdependencia con una flecha.
- Así, sucesivamente para otros niveles, hasta llegar a un nivel que se considere como el superior dentro de la órbita geográfica o institucional en que se tiene competencia o posibilidades de intervención.

Diagrama 9
Árbol de efectos

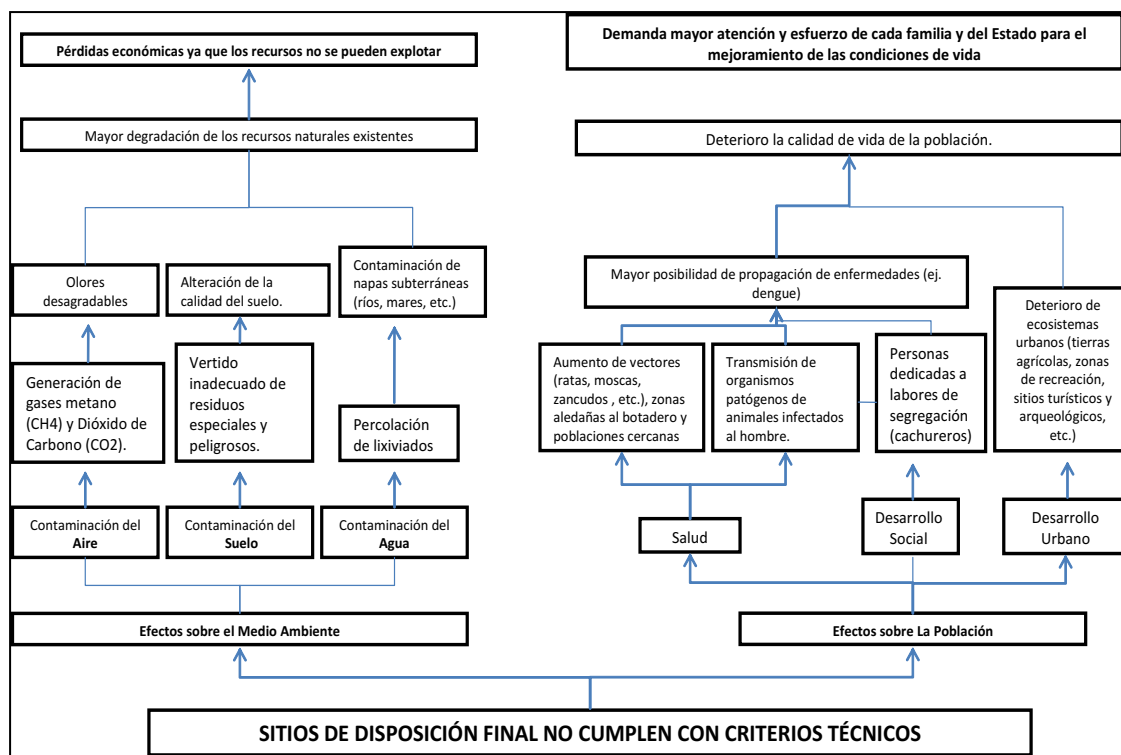


Fuente: ILPES, Área de proyectos y programación de inversiones

Ejemplo: Manifestación del problema: Sitios de disposición final no cumplen con criterios técnicos

A continuación se presenta un ejemplo aplicado a un proyecto de residuos:

Diagrama 10
Árbol de efectos



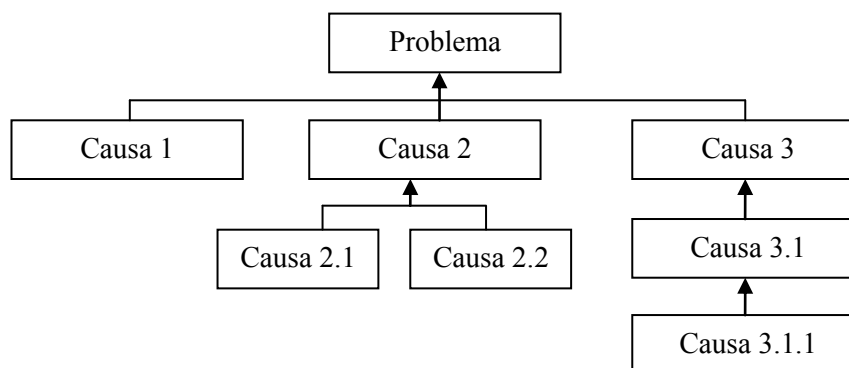
Fuente: En base a Szantó M., "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", OPS/ILPES, 1998.

3. El árbol de causas

Desde abajo se representan las causas posibles del problema central. A su vez, se buscan las causas de las causas, construyendo un árbol encadenado.

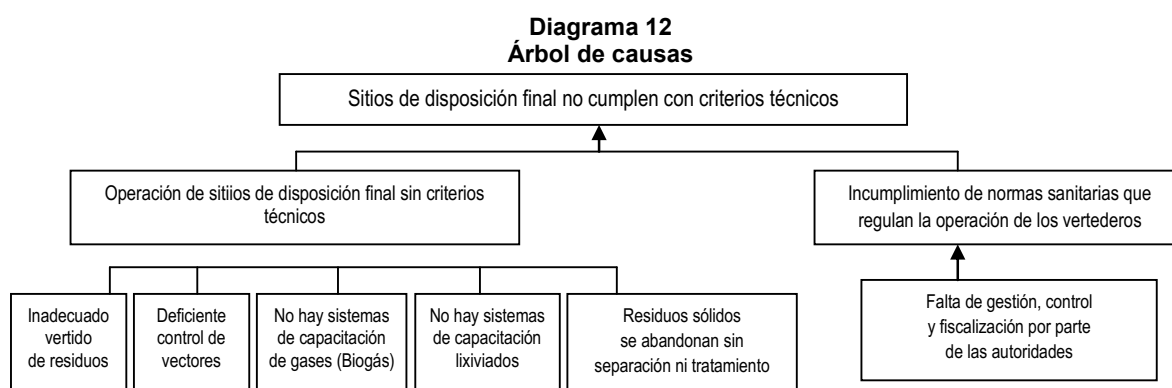
En principio conviene dar rienda suelta a la creatividad. Una buena definición del problema con sus cuadros de causas examinados sin restricciones iniciales aumentará la probabilidad de soluciones exitosas.

Diagrama 11
Árbol de causas



Fuente: ILPES, Área de proyectos y programación de inversiones.

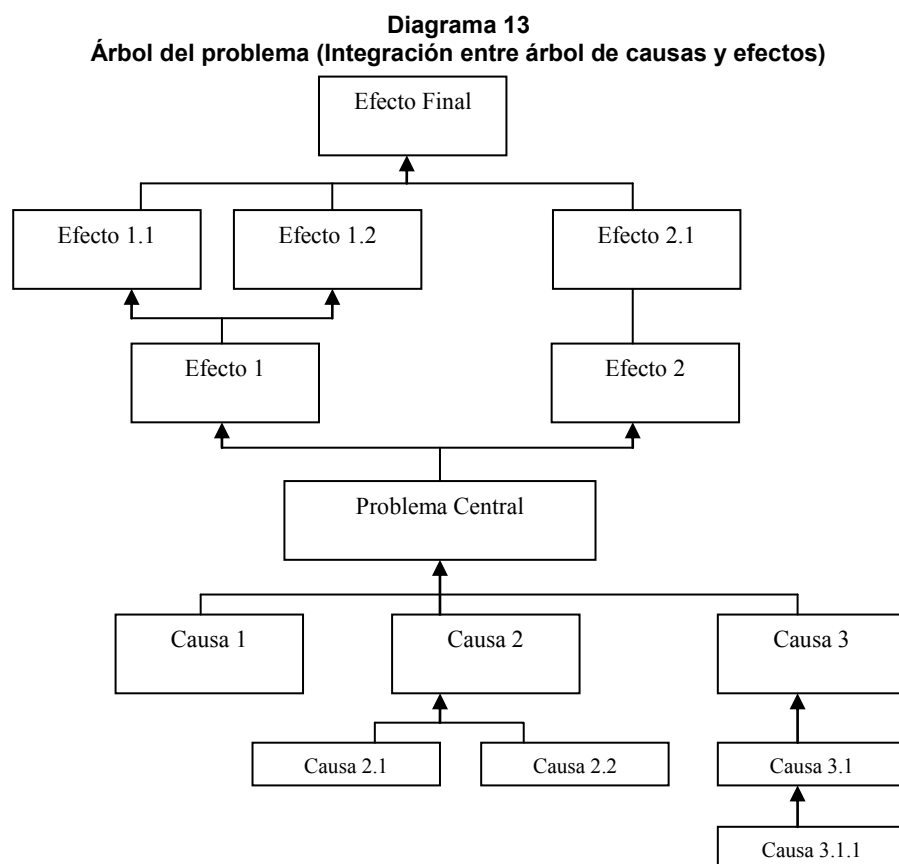
A continuación, se presenta un ejemplo de las causas identificadas para el ejemplo del problema planteado.



Fuente: En base a Szantó M., "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", OPS/ILPES, 1998.

4. El árbol del problema

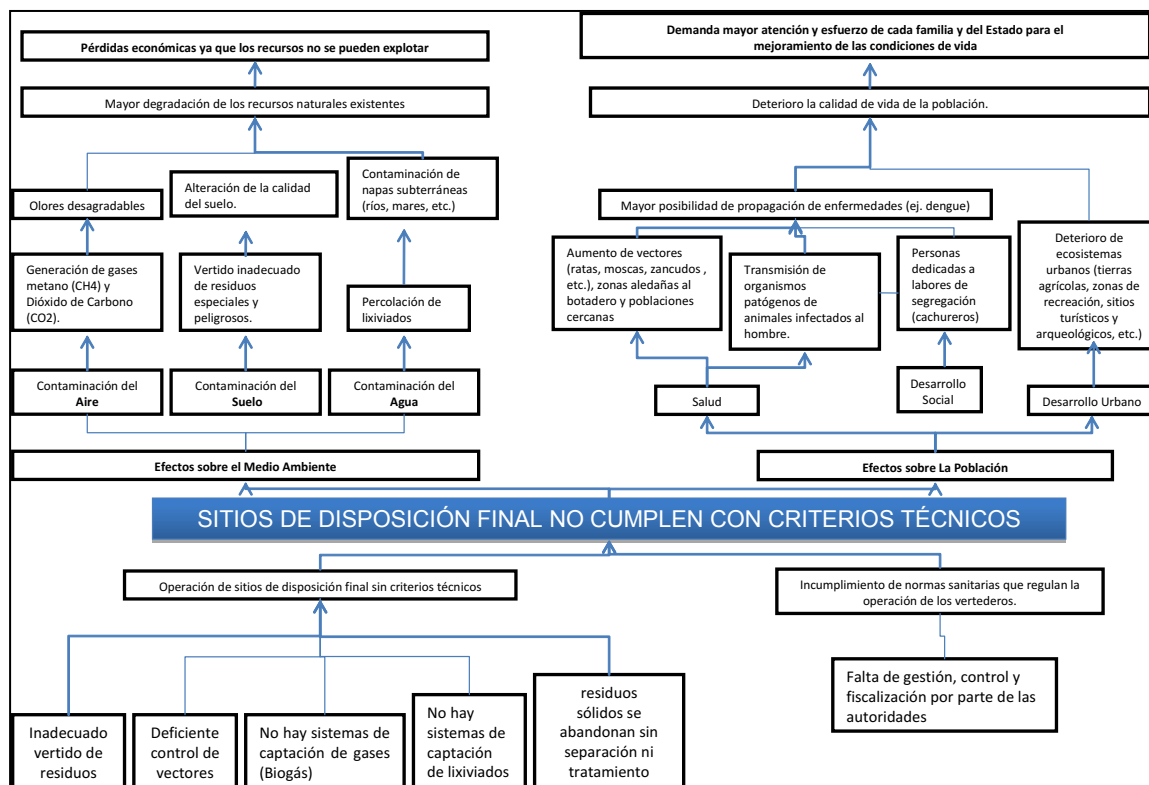
El empalme del "árbol de efectos" con el "árbol de causas" genera el "Árbol de Causas-Efectos" o "Árbol del Problema".



Fuente: ILPES, Área de proyectos y programación de inversiones.

A continuación se presenta el árbol de causas y efectos del proyecto con el que hemos estado ejemplificando.

Diagrama 14
Árbol de causas-efectos



Fuente: En base a Szantó M., "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", OPS/ILPES, 1998.

5. Alternativas de solución

Una vez identificadas las causas y los efectos del problema, es más fácil explicar las razones por las cuales es necesario ejecutar el proyecto.

Los medios para solucionar un problema se encuentran relacionados con el ataque a sus causas, es decir, los medios constituyen las vías de solución (alternativas del proyecto). En el caso de los efectos, se trata de revertirlos transformándolos en objetivos. La manera más sencilla de definir los objetivos es a través de la identificación de la situación deseada, es decir, de la situación solucionada del problema.

6. El árbol de objetivos (medios y fines)

Los objetivos son las guías del estudio y constituyen la proyección al futuro de una situación que los afectados consideran deseable. El "objetivo central" es una hipótesis de trabajo que centra el análisis del proyecto.

Los objetivos deben ser:

- *Realistas*, es decir, se deben poder alcanzar con los recursos disponibles dentro de las condiciones generales dadas.
- *Eficaces*, es decir, no sólo deben responder a los problemas presentes, sino a aquellos que existirán en el tiempo futuro en que se ubica el objetivo.

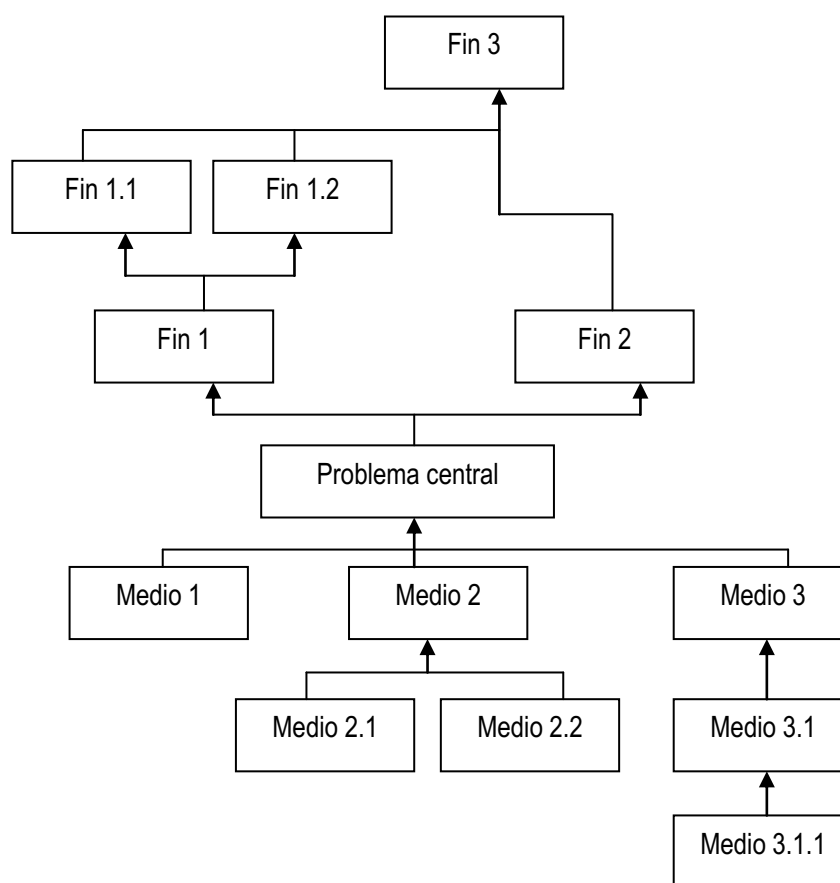
- *Coherentes*, si el cumplimiento de un objetivo no imposibilita el cumplimiento de otro.
- *Cuantificables*, es decir, que puedan ser medibles en el tiempo.

A partir de la identificación del problema es posible determinar el **objetivo general**, que corresponde fijarse para hacer frente al problema, en términos de una acción positiva con el fin de contar con un punto de referencia para la definición de propósitos más específicos y la búsqueda de posibles alternativas de solución.

También es necesario describir los **objetivos específicos**, estos son las soluciones concretas que el proyecto debe alcanzar en un tiempo determinado. El objetivo específico es el logro de una situación deseable.

Luego las causas del árbol del problema, al revertirse se transforman en los medios para alcanzar el objetivo, y a su vez los efectos del árbol de problema se transforman en los fines a alcanzar en el árbol de objetivos, según se ilustra en el siguiente diagrama.

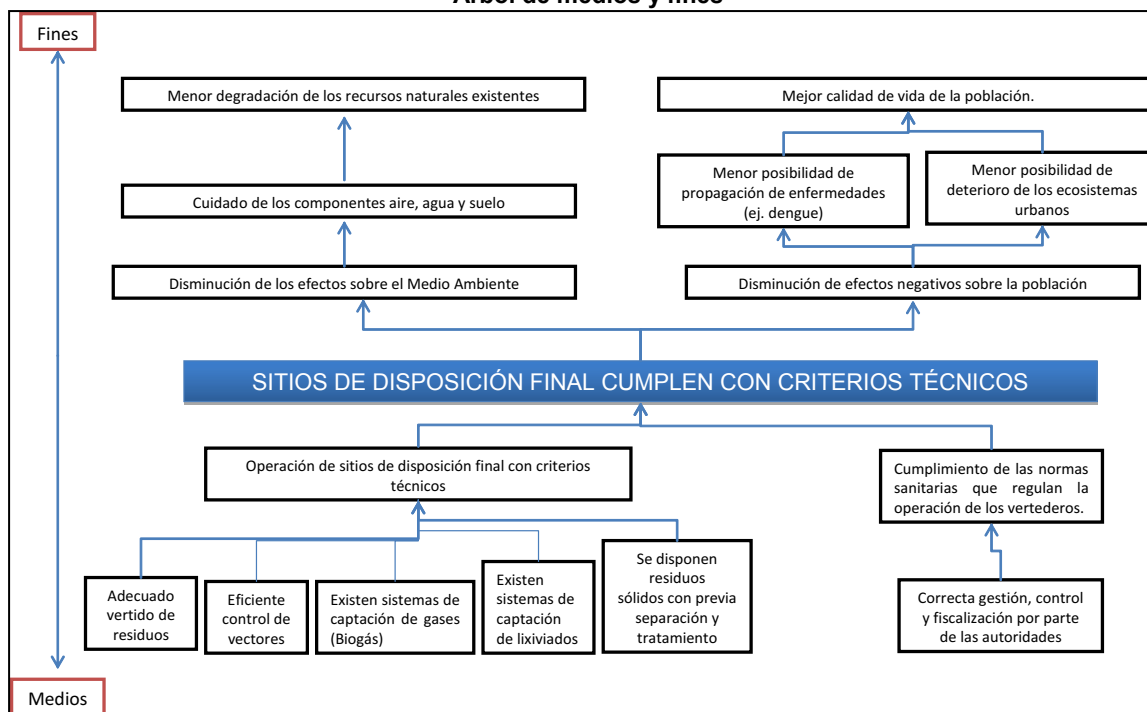
Diagrama 15
Árbol de medios y fines



Fuente: ILPES, Área de proyectos y programación de inversiones

En el siguiente diagrama se presentan los medios para alcanzar el objetivo, y los fines a alcanzar en el árbol de objetivos del problema que se había caracterizado en el diagrama 16.

Diagrama 16
Árbol de medios y fines



Fuente: En base a Szantó M., "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", OPS/ILPES, 1998.

7. Identificación de alternativas de solución

En este punto se deben formular acciones para solucionar el problema planteado, para esto se debe utilizar como herramienta el árbol de objetivos (medios) con el fin de buscar de manera creativa, una acción que lo concrete efectivamente en la práctica.

8 Identificación de acciones

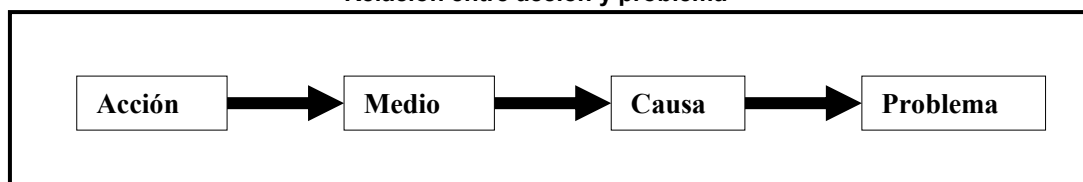
La identificación de acciones es un proceso analítico que permite operacionalizar los medios. Es decir, en este proceso se definen acciones concretas tendientes a materializarlos.

Los medios que deben operacionalizarse son los que están en la parte inferior del árbol de objetivos. Es decir, son aquellos que no tienen otro medio que los genere y están en correspondencia con las causas independientes que estén en la parte más baja del árbol del problema.

Es importante verificar, también, la coherencia entre causa, medio y acción. Esto por que existe una relación lógica entre estos tres aspectos del análisis. En este sentido la relación se puede expresar como sigue: la existencia de un problema se explica por la existencia de una causa que lo provoca, para solucionarlo es necesario recurrir a unos medios que eliminen la causa, para hacer efectivo este medio se debe identificar una acción que lo operacionalice. Si se esquematiza resulta lo siguiente:

Si atendemos este esquema, se podría decir, leyendo de izquierda a derecha, que la acción que se propone permite obtener unos medios que eliminan la causa que genera el problema. Por lo tanto, es necesario revisar que exista coherencia entre estos elementos para así no caer en inconsistencias que afectarían el análisis.

Diagrama 17
Relación entre acción y problema



Fuente: ILPES/ Área de proyectos y programación de inversiones.

b) Postulación de alternativas

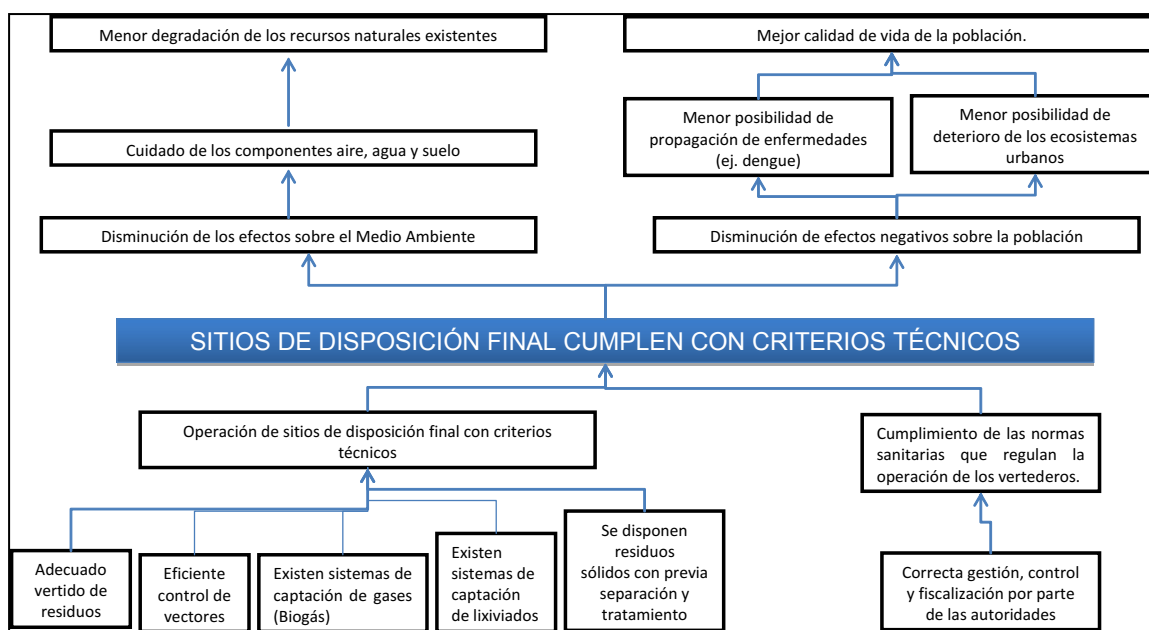
Luego de formular las respectivas acciones para la solución del problema, se deben configurar alternativas viables y pertinentes.

Las acciones propuestas deben examinarse en varios aspectos:

- Analizar su nivel de incidencia en la solución del problema. Dar prioridad a las de mayor porcentaje de incidencia presumible.
- Verificar el grado de interdependencia entre las acciones propuestas y agrupar las que sean complementarias. Cada agrupación de acciones complementarias podrá configurar una alternativa.
- Verificar la factibilidad (física, técnica, presupuestaria, institucional, cultural) de las alternativas

Tomando el ejemplo antes descrito, se plantea nuevamente árbol de objetivos.

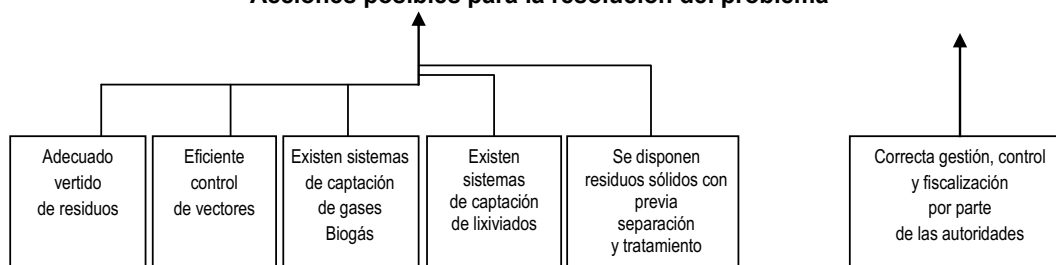
Diagrama 18
Formulación de acciones



Fuente: Elaboración propia.

A partir de este árbol, se debe analizar cuáles serían las acciones posibles de llevar a cabo para resolver el problema. Para ello se procede a separar los medios que están más abajo del árbol.

Diagrama 19
Acciones posibles para la resolución del problema



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta este esquema, para cada base del árbol de objetivos se busca creativamente acciones que concreten el medio, como por ejemplo, si se tiene una columna de medios, se puede construir una columna de acciones de la manera siguiente:

Cuadro 16
Medios-acciones

Medios	Acciones
Adecuado vertido de residuos	1. Compactación y cobertura diaria de residuos
Eficiente control de vectores	2. Programas de control y prevención
Existen sistemas de captación de gases (Biogás)	3. Construcción de sistemas de captación y venteo de biogás
Existen sistemas de captación de lixiviados	4. Construcción de sistemas de captación, recirculación y tratamiento de lixiviados
Se disponen residuos sólidos con previa separación y tratamiento	5. Reciclaje
	6. Compostaje
	7. Biodigestión
	8. Coprocesamiento
	9. Tratamiento mecánico-biológico (TMB) con valorización energética del material estabilizado resultante.
	10. Tratamientos específicos para residuos peligrosos
	11. Sistemas de control y registro de ingreso de residuos (tipo, cantidad y origen)
Correcta gestión, control y fiscalización por parte de las autoridades	12. Seguimiento y fiscalización de la legislación vigente.
	13. Cumplimiento de la Ley de gestión integral de residuos (GIR).
	14. Aplicación del reglamento sobre rellenos sanitarios para mejorar aspectos técnicos que permitan un mejor funcionamiento.
	15. Elaboración de guías técnicas para: administración mancomunada y de federaciones, contratación de gestores de residuos, optimización de rutas de recolección, minimización y reciclaje, cálculo de tarifas y cobranza, operación de rellenos sanitarios y MDL (postulación a bonos de carbono).
	16. Establecimiento de instrumentos económicos para la Producción más Limpia y la reducción de residuos en la fuente.
	17. Creación de una "ventanilla única" para otorgar permisos sobre gestión de residuos (viabilidad ambiental, autorización ambiental, permiso de ubicación, permiso sanitario de funcionamiento, patente municipal).

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado se puede graficar de la siguiente manera;

A partir de las acciones descritas, el trabajo siguiente, consiste en agrupar las acciones en complementarias y excluyentes. Las complementarias dentro de lo posible, debiesen formar parte de todas las alternativas. Es posible que algunas de las acciones, o incluso alguno de los medios, que sean de bajo costo, pasen a formar parte de la Optimización de la situación base que se explica más adelante. Esta optimización consiste en las acciones que se podrían implementar en la situación base si es que el

proyecto no se ejecuta, contribuyendo en ese caso parcialmente a la solución del problema. En el ejemplo anterior, podría ser el programa de control y prevención de vectores.

Diagrama 20
Resultado de postulación de acciones



Fuente: Elaboración propia.

Las acciones excluyentes son las que permitirán conformar alternativas para el proyecto.

Cuadro 17
Acciones complementarias

1. Compactación y cobertura diaria de residuos
3. Construcción de sistemas de captación y venteo de biogás
4. Construcción de sistemas de captación, recirculación y tratamiento de lixiviados
9. Tratamiento mecánico-biológico (TMB) con valorización energética del material estabilizado resultante.
11. Sistemas de control y registro de ingreso de residuos (tipo, cantidad y origen)
13. Cumplimiento de la Ley de gestión integral de residuos (si aplica).
14. Aplicación del reglamento sobre rellenos sanitarios para mejorar aspectos técnicos que permitan un mejor funcionamiento.
15. Elaboración de guías técnicas para: administración mancomunada y de federaciones, contratación de gestores de residuos, optimización de rutas de recolección, minimización y reciclaje, cálculo de tarifas y cobranza, operación de rellenos sanitarios y MDL (postulación a bonos de carbono).
17. Creación de una "ventanilla única" para otorgar permisos sobre gestión de residuos (viabilidad ambiental, autorización ambiental, permiso de ubicación, permiso sanitario de funcionamiento, patente municipal).

Cuadro 17 (conclusión)

2. Programas de control y prevención
11. Sistemas de control y registro de ingreso de residuos (tipo, cantidad y origen)
12. Seguimiento y fiscalización de la legislación vigente.
15. Elaboración de guías técnicas para: administración mancomunada y de federaciones, contratación de gestores de residuos, optimización de rutas de recolección, minimización y reciclaje, cálculo de tarifas y cobranza, operación de rellenos sanitarios y MDL (postulación a bonos de carbono).
5. Reciclaje
6. Compostaje
9. Tratamiento mecánico-biológico (TMB) con valorización energética del material estabilizado resultante.
12. Seguimiento y fiscalización de la legislación vigente.
13. Cumplimiento de la Ley de gestión integral de residuos (si aplica).
16. Establecimiento de instrumentos económicos para la Producción más Limpia y la reducción de residuos en la fuente.
17. Creación de una “ventanilla única” para otorgar permisos sobre gestión de residuos (viabilidad ambiental, autorización ambiental, permiso de ubicación, permiso sanitario de funcionamiento, patente municipal).
7. Biodigestión
8. Coprocesamiento
9. Tratamiento mecánico-biológico (TMB) con valorización energética del material estabilizado resultante.
10. Tratamientos específicos para residuos peligrosos
12. Seguimiento y fiscalización de la legislación vigente.
13. Cumplimiento de la Ley de gestión integral de residuos (si aplica).
16. Establecimiento de instrumentos económicos para la Producción más Limpia y la reducción de residuos en la fuente.
17. Creación de una “ventanilla única” para otorgar permisos sobre gestión de residuos (viabilidad ambiental, autorización ambiental, permiso de ubicación, permiso sanitario de funcionamiento, patente municipal).

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las acciones 9, 11, 13, 15, 16, 17 son complementarias, y las acciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 14 son excluyentes entre sí.

9. Selección de la alternativa de solución

Las alternativas de solución al problema son las obtenidas del análisis de medios, y sus respectivas acciones y de la información del diagnóstico; considerando en particular las acciones excluyentes se procede a la formulación de las alternativas de proyecto técnicamente factibles.

En el análisis de las acciones y conformación de alternativas, se recomienda poner atención a los siguientes aspectos:

1. Debe tenerse presente que este proceso de análisis es iterativo y retroalimentado: nunca se cierran las puertas, siempre debe ser posible incorporar nuevas alternativas o integrar varias que todavía se consideren como componentes complementarias de la solución.
2. Las alternativas resultantes deben ser analizadas en relación con el espacio geográfico y socioeconómico al cual están referidas, con el fin de especificar mejor el problema y de seguir verificando su factibilidad y pertinencia como soluciones adecuadas al problema. Luego serán objeto de un desarrollo básico y de una evaluación correlativa para seleccionar la que mejor resuelva el problema y garantice el uso más eficiente de los recursos que le sean asignados.
3. El resultado de esta etapa de “identificación” es el conocimiento de un problema y la postulación de un conjunto de alternativas estimadas como factibles para la solución del problema planteado.
4. A partir de las alternativas identificadas se hace una caracterización de ellas hasta establecer los costos y beneficios de cada una de ellas para así poder compararlas.
5. Por alternativa singular, usualmente se entiende a un curso de acción o acciones a realizar para enfrentar un problema específico. También, dependiendo del problema, la alternativa puede estar referida tanto a un programa coherente, como a un proyecto específico.

6. En un sentido más amplio, alternativa significa que existen además diferentes opciones que permiten solucionar un problema específico. La “opción” “no hacer nada”, desde esta perspectiva no constituye alternativa de solución a un problema. Esto por que “no hacer nada” significa que el problema seguiría inalterado o simplemente que el problema no existe o no tiene importancia.

Si bien el tamaño de las alternativas de proyecto formuladas se define con los antecedentes de demanda, oferta y factibilidad técnica, posteriormente, en la fase de evaluación de las alternativas, estos elementos deberán ser revisados a la luz del análisis de los indicadores de rentabilidad social y privada, que definirán cuál es en definitiva la mejor alternativa considerando tanto tamaño como, localización y todas las demás variables que hagan diferencia entre las alternativas.

Para el caso de evaluaciones a nivel de factibilidad, será conveniente contar con sólo una opción para estudiar detalladamente, debido al alto costo involucrado en esa etapa del ciclo de vida del proyecto. Previo a la evaluación, y para una mejor caracterización de las alternativas, se requiere detallar más algunos aspectos técnicos de la (o las) alternativa(s).

10. Resultados esperados

Los resultados esperados expresan los logros del proyecto en calidad y cantidad y se construyen a partir de cada uno de los objetivos específicos, se entienden como los productos de un proyecto y están referidos a las fases de ejecución y de operación. Deben ser tangibles, verificables, cuantificables (en calidad y cantidad) y realizables en un tiempo determinado para poder verificar avances o evaluar el proyecto (véase el árbol de objetivos ó de medios y fines descrito anteriormente).

11. Vinculación con políticas, planes y estrategias de desarrollo

El proyecto debe estar vinculado a los lineamientos de la política nacional, sectorial, regional y local, así como su relación con otros planes, programas y proyectos que se implementan en el área de influencia del proyecto.

12. Optimización de la situación base

Tiene como principal objetivo aproximarnos a una justa estimación de los beneficios (cuando se proceda a hacer la evaluación del proyecto), ya que si se compara una situación actual sin optimizar con una situación con proyecto teóricamente óptima se estará sobre estimando los beneficios del proyecto.

Una forma de identificar la optimización de la situación actual, es (como se señaló antes) a través de las acciones identificadas por medio del árbol de objetivos. Algunas de esas acciones, en general las de bajo costo, pueden definirse como necesarias incluso en la situación sin proyecto. Bajo este contexto, entonces, la situación actual optimizada puede referirse a cualquier mejora que pueda realizarse en la zona del proyecto en caso de no ejecutarse el mismo, y que mejore la situación de la población objetivo respecto a los mismos objetivos del proyecto.

D. Formulación o preparación de proyectos³⁴

La formulación de proyectos parte con la identificación de ideas, continúa con la definición de objetivos para diseñar un perfil que luego será analizado y aprobado. Este proceso no es siempre lineal, ya que podrían surgir imprevistos, reacciones inesperadas o cambios de último minuto. Por tal razón, los proyectos se conciben mejor si en la elaboración se consideran las interacciones entre las diferentes fases y con la participación de todos los involucrados.

Dentro de este contexto, los proyectos de inversión en el área de residuos sólidos pueden adoptar distintas formas: un proyecto totalmente nuevo (por ejemplo, una empresa privada de tratamiento de

³⁴ En base a Szantó, 1998.

residuos sólidos urbanos), la ampliación o modificación de un proyecto vigente (por ejemplo, la ampliación de un relleno sanitario actual), o bien, alternativas de mejoramiento u optimización de alguna fase específica del manejo de residuos sólidos de una determinada institución, ya sea en materia de recolección, transporte, disposición o procesamiento (por ejemplo, la instalación de contenedores en el plan de una ciudad para mejorar la fase de recolección-transporte), e incluso en temas anexos, tales como educación ambiental o comunicaciones dirigidas a la comunidad en torno a la gestión de los residuos, entre otras.

Estos proyectos surgen en prácticamente todas las comunidades humanas modernas y se caracterizan por el interés que en ellos tienen -desde distintas perspectivas- distintos actores de tales comunidades, tanto individuos como organizaciones, públicos y privados. Ello implica que en torno a ellos pueden generarse conflictos de intereses que es necesario compatibilizar en la medida que ello sea posible, en pro de un mayor bienestar social.

Asimismo, en los proyectos de residuos sólidos adquieren importancia una serie de variables que escapan al manejo de quienes los formulan (la hidrología, meteorología, geotecnia, geografía, sismología de la localidad, los aspectos económicos, socioeconómicos, demográficos de la comunidad, así como las normativas legales y medioambientales). No menos importante resulta el hecho de que la mayor parte de estos proyectos deben ser emprendidos por los municipios, inmersos en una crónica situación de escasez de recursos para enfrentar las múltiples tareas que se les ha encomendado, entre las cuales el aseo ocupa un lugar secundario (comparado con educación, salud y seguridad ciudadana, por ejemplo).

En la preparación del proyecto se analizarán cinco aspectos: 1) Diagnóstico de la situación actual; 2) Análisis técnico del proyecto; 3) Análisis Ambiental y 4) Análisis Legal y Administrativo.

1. Diagnóstico de la situación actual

El objetivo de este apartado es entregar una herramienta que permita diagnosticar el problema ya identificado. De acuerdo a ILPES (2005), se entiende por diagnóstico de la situación actual, la descripción de lo que sucede al momento de iniciar el estudio en un área determinada. Dicha descripción supone, en primer término, una presentación clara y detallada del problema que origina la inquietud de elaborar un proyecto.

La importancia del diagnóstico es la corroboración o no de la idea del problema identificado a priori, y su resultado arrojará la cuantificación y el dimensionamiento de dicho problema y a partir de estos resultados, se generarán las características de cada una de las posibles alternativas de solución al problema detectado (ILPES, 2005).

Para la formulación de un proyecto de manejo de residuos sólidos, es necesario reunir y analizar tanto antecedentes de carácter general como antecedentes técnicos y administrativos de la gestión. En consideración a que cada problema específico requerirá profundizar más en unos aspectos o variables que en otras.

Es fundamental que el diagnóstico sea elaborado por un equipo multidisciplinario y con la participación de la entidad afectada directamente por el problema.

En términos generales, la elaboración del diagnóstico comprende las siguientes etapas:

- a) Determinación del área de estudio
- b) Identificación de la población objetivo
- c) Análisis de la población
- d) Estimación de la demanda
- e) Estimación de la oferta

2. Determinación del área de estudio

El área de estudio consiste en delimitar el espacio geográfico del proyecto, donde el problema afecta directa e indirectamente a la población y se plantea implementar la alternativa de solución seleccionada al problema identificado. Para definir claramente el área de estudio, es importante considerar los siguientes elementos:

Fijar los límites geográficos: extensión de la superficie, tipo de zona (rural o urbana), identificación de la región, provincia, distrito, comuna, entre otros. Esta delimitación permitirá visualizar la ubicación de la población afectada por el problema, tanto la que está siendo afectada directamente como indirectamente.

Condiciones socioeconómicas de la población afectada: identificar la población total, urbana y rural, por sexo y edades, niveles de ingreso familiar y per cápita, condiciones de vivienda, niveles de escolaridad, salud, composición de las familias, costumbres, participación comunitaria entre otros.

Condiciones de accesibilidad: debe abarcar, dentro de lo posible, una zona geográfica que presente condiciones de acceso favorables en toda su extensión. De no presentar estas condiciones, habría que analizar si existen los medios que permitan facilitar el acceso, de tal forma que esta condición no interfiera en el desarrollo del proyecto.

3. Identificación de la población objetivo

Identificado un problema o percibida una necesidad social, es necesario ahondar en su análisis para conocer adecuadamente la población asociada a dicha necesidad y determinar el tipo y cantidad de producto (bienes o servicios) requerido para su satisfacción. Para ello es necesario, primero, realizar un análisis de la población y segundo, una estimación de la población.

4. Análisis de la población

El primer paso para conocer la demanda es realizar una identificación, caracterización y cuantificación de la "población carente" actual, donde, es posible delimitarla en una referencia geográfica, estimar su evolución para los próximos años y definir, en calidad y cantidad, los bienes o servicios necesarios para atenderla.

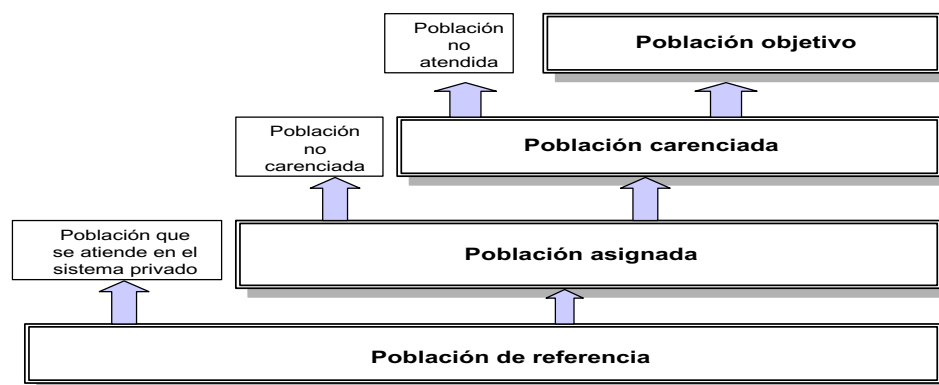
En el proceso del análisis para la determinación de la demanda social, es posible identificar, de mayor a menor, tres tipos de poblaciones:

- Población de Referencia: Es una cifra de población global, que se toma como marco de referencia para cálculo, comparación y análisis de la demanda.
- Población Afectada: Es el segmento de la población de referencia que requiere de los servicios del proyecto para satisfacer la necesidad identificada. También llamada población carente.
- Población Objetivo: Es aquella parte de la población afectada a la que el proyecto, una vez examinados los criterios y restricciones, está en condiciones reales de atender.

Naturalmente, el ideal es que la población objetivo sea igual a la población afectada. Es decir, que el proyecto pueda atender efectivamente a la totalidad de la población necesitada.

No obstante, restricciones de índole tecnológica, financiera, cultural, institucional, generalmente hacen que la demanda supere la capacidad de atención. Esto hace que en muchos casos sea necesario aplicar criterios de factibilidad y definir prioridades para atender el porcentaje de población carente que permitan los recursos disponibles (por ejemplo, preguntarse por los estratos de la población que padecen con mayor nivel de rigor o de riesgo el problema).

Diagrama 21
Diferentes tipos de población



Fuente: ILPES, 2005.

El porcentaje no atendido del proyecto se constituirá en una POBLACIÓN OBJETIVO POSTERGADA, frente a la cual las autoridades públicas deberán estar atentas para cubrirla en planes posteriores, tan pronto se prevean nuevos recursos, o mediante otro tipo de acciones. Lo importante es no dejarla en el olvido: mantenerla bajo el foco de búsqueda de soluciones.

La POBLACIÓN OBJETIVO es la META del proyecto y constituirá la base de su dimensionamiento.

Se requiere conocer adecuadamente la población afectada:

En sus diferentes características, especialmente las que sean relevantes para el tratamiento del problema, como las socioeconómicas, culturales, edades, grado de avance del problema³⁵.

En su dimensión geográfica: zona donde está ubicada y áreas de influencia correlacionadas con el problema;

En su dimensión temporal: volumen actual de la población afectada, y estimación del crecimiento de dicha población durante los próximos años.

Es necesario realizar una revisión de algunos métodos útiles y sencillos para la estimación de la población actual y la proyección sobre su crecimiento en el futuro.

Estimación de la población utilizando datos de censos.

Resulta de suma importancia estimar la población futura que tendrá la comunidad por lo menos entre los próximos 5 a 10 años, con el fin de calcular la cantidad de residuos sólidos domiciliarios (RSD) que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario. En el cuadro 18 se consigna la información básica a este respecto.

³⁵ Ejemplos de estratificación poblacional para el estudio de la demanda pueden ser: clasificación socioeconómica (para fijación de precios); niveles educativos (para proyectos culturales); diferenciación por sexo (para proyectos de salud, de protección del hogar o de participación de la mujer).

Cuadro 18
Estimación de la población futura

Año	Población (habitantes)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fuente: Elaboración propia.

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

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

La siguiente expresión nos muestra su cálculo:

Dónde:

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

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento anual de la población

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

Normalmente se asume como tasa de crecimiento la última tasa intercensal, es decir, la calculada con base en el crecimiento que la población objeto de estudio tuvo entre los dos últimos censos realizados.

- Estimación de la población por medio de investigación de campo

Si bien el método de cálculo por tasa intercensal es de uso común por su simplicidad y bajo costo, hay casos en que su aplicación se dificulta o lleva a resultados poco confiables, por varias razones:

- Que el último censo de población se haya efectuado hace ya bastantes años y que se posean indicios sobre cambios poblacionales recientes de tendencia (tasa de crecimiento) distinta a la última intercensal.
- Que haya serias dudas sobre la confiabilidad de el (los) último(s) censo(s). (Hacer un censo de población es una faena compleja, difícil y no siempre, por distintos factores, se cumple con éxito el conteo de la población).
- Que se requiera medir la población de un subconjunto pequeño (un barrio, un grupo de barrios) sobre el cual no se posean datos desagregados o simplemente no se disponga de ningún antecedente informativo.

En estos casos se puede acudir al método de investigación de campo con conteo de viviendas y aplicación muestral, el cual es de ejecución sencilla, de bajo costo y arroja resultados de buena confiabilidad.

Resumen de los pasos que se deben seguir:

- Definición del conjunto espacial sobre el que se hará el estudio de población (el área urbana completa o una zona determinada de la ciudad).
- Recopilación de cartografía disponible. Selección de la más actualizada, de mejor calidad y que tenga las escalas apropiadas.
- Actualización cartográfica. Verificación sobre el terreno e inclusión de las novedades observadas: nuevos desarrollos, cambios de nomenclatura, etc.
- Sectorización cartográfica y definición de áreas de enumeración. División en grupos de manzanas contiguas para programar el trabajo de campo.
- Enumeración. Conteo y listado para cada manzana del número de "estructuras" de uso independiente: casas, apartamentos, locales comerciales, identificando –ante todo– las de uso residencial. Como resultado de la enumeración se tendrá un censo o "recuento" de viviendas; es decir, se sabrá cuántas viviendas hay en el área investigada.
- Diseño y selección de la muestra. El concepto de viviendas proporciona el universo o marco muestral. Por algún método estadístico (asesorarse de un técnico muestrista si fuere necesario) se define el tamaño relativo de la muestra. Una muestra de 1/10 significa que de cada 10 viviendas se escogerá una. La selección debe hacerse por un método aleatorio (al azar, fortuito). Se identifican las viviendas a las que se aplicará el formulario de la muestra.
- Encuesta muestral. Visita a todas las viviendas seleccionadas en la muestra y entrevista con aplicación del formulario diseñado para el efecto. Este debe ser sencillo y claro. Puede bastar apenas preguntar el número de personas que habitualmente residen en la vivienda. Téngase en cuenta que cada pregunta adicional dificulta la operación. Por ello debe incluirse sólo las preguntas estrictamente necesarias para los objetivos fundamentales de la investigación.
- Crítica estadística y procesamiento. Verificación, por diferentes medios, de que la información obtenida es válida, y realización de los cálculos de población, así:

$$PHP = V \times \left[\frac{P}{V} \right]_m$$

PHP = Población de Hogares Particulares.

V = Total de viviendas contadas.

$$\left[\frac{P}{V} \right]_m = \text{Promedio de personas por vivienda obtenido de la muestra}$$

A la población de Hogares Particulares se suma la Población de Hogares Colectivos (PHC): hospitales, asilos, conventos, cárceles, hoteles, orfanatos, campamentos, etc. Los datos de la población

que allí reside regularmente se obtienen directamente, mediante entrevistas con los directores de dichos establecimientos.

La suma de las dos poblaciones nos da la POBLACION TOTAL (PT):

$$PT = PHP + PHC$$

Es importante señalar que los trabajos de campo deben efectuarse con personal adecuadamente seleccionado, entrenado y supervisado, para evitar errores de recolección. El trabajo con la propia comunidad, que la motive y la haga partícipe del proceso, facilita las labores de enumeración y entrevistas, y ayuda al logro de información confiable.

5. Estimación de la demanda

El orden para estimar la demanda es el siguiente:

Estudio de la demanda: Ésta es posible determinarla de diferentes maneras de acuerdo a la cantidad de datos disponibles. En este sentido, se describen a continuación algunos datos que pueden recopilarse en la zona a estudiar.

- Número de personas generadoras de residuos sólidos domiciliarios.
- Número y tamaño de establecimientos comerciales e industriales que generan residuos sólidos asimilables a urbanos y la superficie de parques, jardines y áreas verdes en general.
- Identificar los grupos de consumidores de características homogéneas, para considerar el tipo de consumo (residencial, comercial e industrial) y el nivel socioeconómico de los consumidores del servicio. En este sentido, la tasa de producción per cápita de residuos sólidos urbanos varía aproximadamente entre 0,5 Kg/persona/día y 1.0 Kg/persona/día, dependiendo del nivel socioeconómico. En general, a mayor ingreso, mayor es la tasa de producción per cápita.

Aditivo a estos datos a recolectarse, se debe tener presente que la demanda por disposición de RSD, en muchos casos tiene un comportamiento estacional. Por ejemplo, en ciudades turísticas, existe una mayor demanda durante las vacaciones (diciembre, semana santa o verano), debido a la mayor población flotante. En estos meses es también posible apreciar un mayor contenido de materia orgánica en los desechos.

Estimación de la demanda: Para realizar la estimación de la demanda actual de RSD en una localidad (Véase ejemplo en ANEXO K), es posible utilizar alguna de las siguientes fuentes de información:

Recopilación de la información histórica de toneladas o volúmenes depositados en el relleno sanitario actual: En algunas ocasiones es posible obtener esta información de los registros existentes al ingreso del relleno o bien de las empresas encargadas de la recolección y transporte de los RSD, por lo que si se conoce la población que es atendida por el servicio de recolección, es posible estimar una dotación de producción per-cápita de RSD (PPC) de la siguiente forma:

$$PPC \text{ (kg/persona/día)} = \frac{TAD \text{ (ton/año)} \times 1.000 \text{ (kg/ton)}}{P \text{ (personas)} \times 365 \text{ (días/año)}}$$

$$P \text{ (personas)} \times 365 \text{ (días/año)}$$

Dónde:

PPC = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

TAD= Total de toneladas anuales dispuestas en el relleno sanitario o vertedero

P = es la población atendida por el servicio de recolección y disposición

Si sólo existe registro del volumen anual depositado (VAD) y se conoce la densidad (D) de los residuos ingresados al vertedero, es posible obtener una estimación de las TAD mediante el siguiente procedimiento:

$$TAD \text{ (ton/año)} = VAD \text{ m}^3 * D \text{ (ton/m}^3\text{)}$$

Estimación de acuerdo a la recopilación de la información del actual sistema de recolección: En el caso de que no exista un registro estadístico de los volúmenes o toneladas depositadas en el vertedero, es posible aproximarse al valor de generación per cápita a partir de la información del proceso de recolección.

Para realizar esta estimación, es necesario hacer un trabajo de campo que recopile la siguiente información:

- *Número de camiones utilizados en la recolección:* conocer las características y el número de camiones que realizan el servicio de acuerdo a su capacidad, es de suma importancia, con el fin de no sesgar la estimación de la demanda.
- *Número de viajes al relleno (V):* Corresponde al número promedio de viajes que realizan los camiones recolectores al lugar de disposición final o, eventualmente, a la estación de transferencia existente, en un período de tiempo (semana, mes, año).
- *Capacidad del camión (C):* Corresponde a la capacidad volumétrica (m³) de cada tipo de camión recolector (t) existente.
- *Densidad de compactación del camión (D):* Es necesario determinar el método de compactación para cada tipo de camión recolector (t) existente y a partir de esa información, su densidad de compactación (ton/m³).
- *Porcentaje de ocupación del camión (O):* Corresponde al porcentaje de capacidad utilizado en un período de tiempo para cada tipo de camión (t). Este porcentaje dependerá de la temporalidad con que se esté realizando el estudio (por ejemplo, puede ser semana, mensual o anual). Es recomendable considerar la estacionalidad en esta estimación, ya que provocará cambios significativos en el resultado final.
- *Población atendida (P):* Población que es atendida por el servicio de recolección en esa localidad.

Con esta información, es posible estimar la producción per cápita de un determinado período (i) (se asumirá una estimación mensual):

$$PPCi(kg / persona / día) = \frac{\sum_{i=1} V_i(viajes / mes) \times C_i(m^3 / viaje) \times D_i(ton / m^3) \times O_i \times 1.000(kg / ton)}{P(personas) \times 30(días / mes)}$$

La producción per-cápita (PPC) promedio anual se puede obtener como el promedio ponderado de los distintos períodos, donde el ponderador es la proporción que la duración de ese período representa del total del año (en el anexo K se presenta un ejemplo de este método).

Se debe tener presente que la existencia de vertederos clandestinos puede llevar a que estos métodos subestimen la demanda real del servicio de disposición final. Sin embargo esto será relevante para fines del proyecto si es que éste puede capturar parte de esta demanda, en cuyo caso se sugiere ajustar la PPC mediante el siguiente procedimiento:

Donde

$$PPC = PPCx(1 + TVC/TRS)$$

PPC = representa la producción per-cápita ajustada por el efecto de la disposición en vertederos clandestinos

TVC = representa las toneladas anuales depositadas en vertederos clandestinos que es capturada por el proyecto

TRS = corresponde a las toneladas anuales depositadas en el relleno sanitario.

Proyección de la demanda: El crecimiento futuro de la generación de RSD, puede estimarse con base en dos variables:

- El crecimiento proyectado de la población de la localidad relevante al proyecto y;
- La evolución de la producción per cápita (PPC) de ésta.

6. Estimación de la oferta

El estudio de la oferta actual consiste en realizar un análisis del servicio de disposición final de residuos sólidos existente, desde un punto de vista físico y operativo.

La determinación de la oferta dependerá sobre conocer en detalle la infraestructura que posee el servicio, estableciendo el grado de cumplimiento con todas las normativas e identificando las carencias tanto sanitarias y ambientales, como operativas y técnicas.

Desde el punto de vista físico, el análisis del servicio debe considerar los años de operación y vida útil remanente del sitio, estado de conservación de las principales obras y antecedentes técnicos como volumen actual acumulado de RSD, existencia de drenes de aguas y gases, evidencia de lixiviados, entre otros.

Se debe precisar la forma de administración actual del sistema, ya sea por concesión o administración directa del municipio, identificando los recursos de personal y material asignados, la organización y la forma de control.

Con el propósito de conocer la eficacia actual del servicio, conviene conocer los eventuales impactos sobre el medio ambiente del vertedero y la presencia de basurales clandestinos, su ubicación, tamaño y composición. La corrección de las falencias encontradas constituye objetivos a ser superados en la preparación de proyectos.

7. Déficit o demanda insatisfecha del proyecto

Las proyecciones de demanda y oferta, realizadas de acuerdo a lo establecido en los puntos anteriores, permiten obtener el déficit o demanda insatisfecha, es decir, el déficit se determinará basándose en la demanda obtenida y la situación actual de utilización del servicio (oferta).

Del mismo modo, comparando la oferta proyectada bajo las condiciones del proyecto actual con la demanda proyectada, es posible estimar el déficit proyectado. La oferta proyectada debe considerar la capacidad remanente de la actual infraestructura, más el ingreso de nuevos proyectos de los que se tenga conocimiento.

E. Análisis técnico del proyecto³⁶

El estudio técnico permite analizar y proponer las diferentes opciones tecnológicas para producir el bien o servicio que se requiere, verificando la factibilidad técnica de cada una de ellas. Se identificarán equipos, maquinaria e instalaciones necesarias y todo lo relacionado con los aspectos de tamaño, tecnología, localización e ingeniería.

Estos aspectos, son parte integrante del estudio técnico, que conjuntamente definen la magnitud y naturaleza técnica del proyecto.

1. Localización del proyecto

La localización es un elemento determinante en todo proyecto para la gestión integral de residuos sólidos, de acuerdo al tipo, por ejemplo, zonas para el reciclaje, estaciones de transferencia, los sitios de disposición final de residuos, entre otros; puesto que va a condicionar su funcionamiento y explotación, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista ambiental e higiénico.

De este modo, la localización del emplazamiento viene determinada por la disponibilidad de espacios libres aptos para estos fines. Además, se destacan las características geológicas y agronómicas, la accesibilidad o existencia de infraestructura adecuada y la disponibilidad de materiales, por ejemplo para cubrir los residuos (en el caso de los rellenos sanitarios).

2. Tamaño

Con la información de oferta y demanda del proyecto, y el resto de la información del diagnóstico tendiente a determinar el déficit, se procede a la definición del tamaño del proyecto, que será aquel que permita eliminar o disminuir el déficit, considerando las alternativas de proyecto técnicamente factibles. Es posible que se defina más de una alternativa de tamaño, dependiendo del punto futuro en el tiempo para el cual se pretende cerrar la brecha (déficit). En particular, si la actividad generada por el proyecto fuera creciente, se puede definir el proyecto para mantener un nivel de oferta compatible con la demanda a 10, 15, 20 o más años de plazo³⁷.

Si bien, el tamaño de las alternativas del proyecto formuladas se define con los antecedentes de demanda, oferta y factibilidad técnica, posteriormente, en la fase de evaluación de las alternativas, estos elementos deberán ser revisados a la luz del análisis de los indicadores de rentabilidad social y privada.

El tamaño del proyecto debe indicarse en el tipo de unidades que mejor expresen su capacidad de producción. La cantidad de producto por unidad de tiempo es normalmente la medida más adecuada. Para el caso de proyectos de saneamiento, la unidad de medida vendría a ser el número de toneladas por día o por año.

Así mismo, son varios los factores que inciden en la decisión del tamaño. En general, los más determinantes son los siguientes:

- *Población afectada y demanda insatisfecha (déficit)*. Es factor orientador más importante y por ello, en su primera aproximación, el análisis de tamaño debe partir de la información de la demanda insatisfecha (déficit que debe cubrir la solución propuesta).
- *Financiamiento*. Actúa generalmente como el factor restrictivo más importante. La exploración del volumen de recursos financieros posibles para el proyecto nos indica hasta dónde se podrá llegar en la búsqueda de alternativas de tamaño (siempre y cuando la demanda no sea inferior a este límite).

³⁶ CEPAL/ILPES/OPS/UNC (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Instituto Latinoamericano de Política Económica y Social/Organización Panamericana de la Salud/ Universidad Nacional de Córdoba), (1999c) "Módulo tres: Manejo y operación de un vertedero", Red Latinoamericana y del Caribe para la Capacitación y la Cooperación Técnica Mediante la Educación a Distancia.

³⁷ La definición del plazo para satisfacer la brecha, es independiente del horizonte de evaluación que se defina. A modo de ejemplo, se podría hacer un diseño para satisfacer la demanda a 20 años, y evaluar el proyecto a 10 años. En casos como este, es importante que no se omita en la evaluación el valor residual de las inversiones en el horizonte definido.

- *Economías de escala.* Este es un factor bien importante en proyectos donde se pueden obtener rendimientos crecientes por concentración de tamaño, lo que se refleja en costos unitarios menores. Como ejemplo, el relleno sanitario se puede organizar en consorcio con tres municipios contiguos, ante la opción de cada uno hacerlo por su cuenta, repitiendo algunos de los costos comunes.
- *Tecnología.* La tecnología disponible puede ser factor determinante del tamaño en situaciones como las siguientes: a) para ciertos tipos de procesos, los proveedores de tecnología no producen soluciones por debajo de una capacidad determinada, y b) inflexibilidad o discontinuidad en el dimensionamiento tecnológico, de manera que las configuraciones disponibles en el mercado presenten saltos importantes de capacidad, lo cual lleva al proyecto a tomar una decisión inferior o superior a la requerida (ejemplo, plantas de generación termoeléctrica).
- *Localización.* Tamaño y localización mutuamente se influyen. Ejemplo: Un mercado en el que se pueden considerar diferentes alternativas o combinaciones de alternativas, desde una sola ubicación centralizada (que coincidirá con el tamaño global del proyecto) hasta varias plazas distribuidas estratégicamente, de tamaños menores.
- *Disponibilidad de insumos.* Pueden darse alternativas de solución en que el tamaño sea determinado, limitativamente, por un volumen de insumos disponibles, inferior a los requerimientos de la demanda o de las posibilidades de financiamiento.
- *Estacionalidades y fluctuaciones.* Algunos proyectos están sometidos a variaciones estacionales en la provisión de insumos o en el comportamiento de la demanda, que pueden implicar fluctuaciones importantes en el transcurso del año (cosechas, vacaciones, períodos de lluvias, períodos de sequía). En estos casos, no basta analizar el tamaño en función de cifras anuales o de promedios mensuales, pues se corre el riesgo de dejar desprotegidos los meses de alta estacionalidad. Pero igualmente debe examinarse el costo de un sobredimensionamiento con alto grado de capacidad ociosa durante buena parte del año.
- *Valoración del riesgo.* En toda decisión de inversión está implícito el concepto de riesgo. El binomio tamaño-tecnología es determinante en el volumen de la inversión del proyecto, lo que exige un alto cuidado en el análisis previo a la decisión. Sin embargo, ciertos proyectos, por la complejidad de su naturaleza, por la insuficiencia de antecedentes y de datos para el estudio, o por el nivel de incertidumbre sobre su evolución futura, pueden presentar un margen de riesgo considerable, lo cual puede ser motivo suficiente para que la persona o entidad a quien corresponda la decisión final, opte por escoger el menor tamaño dentro de un conjunto de alternativas.

3. Tecnología y procesos

Se deberá describir los protocolos y procedimientos de prestación que conllevan el servicio; así como la tecnología que se utilizará en la construcción y operación del proyecto.

Más allá de las grandes alternativas identificadas en el análisis del árbol de objetivos, a través de los medios y acciones, será necesario analizar sub alternativas tecnológicas tales como: alternativas de materiales para la construcción del relleno sanitario, dependiendo de su tamaño y de su capacidad para el vertido de RSD, se podrán identificar alternativas técnicas como por ejemplo, la incorporación de reciclaje o compostaje, entre otros.

Las alternativas tecnológicas que se analicen, deberán cumplir, no solo con satisfacer la demanda establecida cerrando así el déficit (o reduciéndolo) sino además deberán cumplir con los requerimientos que se deriven del análisis ambiental que se presenta más adelante.

4. Ingeniería

La ingeniería del proyecto consiste en determinar el tipo de las inversiones que serán hechas para establecer la infraestructura básica, las instalaciones, la maquinaria y el equipamiento básico que se

requiere, dada la alternativa tecnológica seleccionada. En el capítulo II se presentaron los elementos de ingeniería básica para la implementación de sistemas de gestión integral de residuos, por lo cual, podría definirse la ingeniería a aplicar de acuerdo a lo descrito.

En este mismo orden, la ingeniería es un aspecto complementario al componente tecnológico. Se destacan a continuación algunos puntos que pueden ser tomados en cuenta a la hora de realizar la ingeniería del proyecto:

- Presentar una distribución de los principales rubros o actividades que implica la ingeniería del proyecto, describiendo las etapas de ejecución de cada componente y los insumos que se requieran.
- Espacio (terreno) que se requiere para la operación y funcionamiento del proyecto.
- Equipamiento.
- Especificaciones técnicas que deben ser atendidas en la ejecución y operación del proyecto.
- Requerimientos de seguridad que incorporen diseños que garanticen la prestación de un servicio con condiciones higiénicas aceptables y para uso de la población con necesidades especiales.

5. Criterio de la comunidad sobre la propuesta técnica del proyecto

En el sentido de la información pública, es importante involucrar a la comunidad de manera activa y dinámica en el proceso de análisis tecnológico, como por ejemplo:

- Diseño tecnológico que responda a los valores, costumbres, usos y preferencias de los lugareños.
- Diseño tecnológico adecuado a las condiciones ambientales específicas (topografía, clima, intensidad solar, entre otros.)
- Posibilidades de aplicación o adecuación de tecnología lugareña (inclusive tradicional), tanto en "formas de producción", como en el aprovechamiento de materiales autóctonos.
- Posibilidades creativas en la búsqueda de soluciones. Cuando un problema se examina con los que lo sufren, se mejoran las posibilidades de solución, incluida la aparición de formas creadoras e innovadoras.

6. Responsabilidad social

Se debe indicar de qué forma los responsables de la ejecución del proyecto, se harán cargo de cumplir con las obligaciones hacia la comunidad. De determinarse necesario en el Análisis Ambiental (se detalla más adelante) se especificarán las medidas de compensación y mitigación. También se debe señalar de qué forma durante la ejecución y posterior operación del proyecto, se atenderán los aspectos sociales y laborales en los que el proyecto pueda impactar.

Los aspectos anteriores cobran especial relevancia en la medida que los responsables subcontraten a privados la ejecución de parte de las componentes y actividades del proyecto. En ese caso se deberá velar porque esa parte también cumpla con todas las obligaciones de responsabilidad social.

F. Análisis ambiental

En el proceso de análisis o de evaluación de impacto ambiental se deben identificar los impactos que el proyecto podría generar en el medio ambiente, así como las medidas de intervención que dichos impactos requerirían y sus costos, los cuales deben ser llevados a las evaluaciones: financiera, costos y económica social del proyecto. Esto permite minimizar errores de estimación de costos, escoger las

alternativas que más se adecuan al medio ambiente para asegurar la armonización del proyecto con la protección de los recursos naturales.

Existen varias metodologías para identificar y valorar los impactos ambientales que podría generar un proyecto. La metodología puede aplicarse a cualquiera de las etapas de la fase de pre-inversión; la diferencia en el producto que se obtiene radica en el tipo, fuente y calidad de la información que se utiliza para analizar los impactos del proyecto y el tiempo dedicado a realizar el estudio.

1. Identificación y valoración de impactos ambientales

El impacto ambiental se puede definir como el efecto que una actividad, obra o proyecto o alguna de sus acciones y componentes tiene sobre el ambiente o sus elementos constituyentes. Sus efectos pueden ser de tipo positivo o negativo, directo o indirecto, acumulativo o no, reversible o irreversible, extenso o limitado, entre otras características. Se diferencia del daño ambiental en la medida y el momento en que el impacto ambiental es evaluado en un proceso ex – ante, de forma tal que puedan considerarse aspectos de prevención, mitigación y compensación para disminuir su alcance en el ambiente.

Los impactos se valoran de acuerdo con su importancia, la cual considera los siguientes elementos: naturaleza (impacto beneficioso o perjudicial), extensión (área de influencia), persistencia (permanencia del efecto), sinergia (potenciación de la manifestación), efecto, recuperabilidad, intensidad, momento, reversibilidad, acumulación y periodicidad. Esta valoración permite clasificar los impactos en irrelevantes o compatibles, moderados, severos y críticos.

2. Medidas correctoras y compensatorias

Una vez valorados los impactos, se procede a determinar las medidas de intervención que se requerirá, de acuerdo con los lineamientos indicados donde se señala:

- Medidas protectoras que evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, traslado, tamaño, materias primas, entre otros).
- Medidas correctoras de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre: procesos productivos (técnicos, entre otros); condiciones de funcionamiento (filtros, insonorizaciones, normas de seguridad, entre otros); factores del medio como agente transmisor (auspiciar dispersión atmosférica, dilución, entre otros); factores del medio como agente receptor (aumento de caudal, oxigenación de las aguas, entre otros); otros parámetros (modificación del efecto hacia otro de menor magnitud o importancia).
- Medidas compensatorias de impactos irreversibles e inevitables, que no inciden en la aparición del efecto, ni lo anulan o atenúan, pero sí pueden compensar de alguna manera, la alteración del factor (licencia para contaminar, creación de zonas verdes, entre otras).

Si se obtienen varias medidas para reducir o eliminar el impacto ambiental, se debe elegir la alternativa que mejor se ajuste al medio, ya que en términos de eficiencia (generación de beneficios directos contra costos ambientales) asegura en parte la preservación de esa medida. Adicionalmente, si las medidas no logran los efectos ambientales requeridos, es posible que se deban realizar algunos ajustes al proyecto que garanticen la sostenibilidad ambiental del mismo, es decir, modificar aspectos del estudio técnico (tamaño, localización o tecnología).

- Costos de las medidas correctoras y compensatorias

La estimación del costo de las medidas de intervención que se llevarán a cabo, se realizan de acuerdo con las exigencias del medio. Esto implica que la inversión debe considerar todos los costos de las modificaciones y obras complementarias y en las etapas de operación y abandono todos aquellos costos relacionados con planes de monitoreo y obras adicionales en abandono, si fueran necesarias. Estos costos deben ser incorporados en las evaluaciones financieras y económico social, como parte de la responsabilidad ambiental y social que el Estado debe garantizar a los ciudadanos.

G. Análisis legal y administrativo

Estos estudios indican claramente la planificación, la programación de la ejecución del proyecto y la organización idónea que responda al marco legal existente para llevar a cabo el proyecto y se aplica durante su ejecución y operación.

1. Aspectos legales

El objetivo es lograr que el proyecto se adecue a las normas legales vigentes, así como identificar las características del marco legal relacionado con la implementación del mismo.

Es necesario revisar, analizar y evaluar la legislación existente relacionada con el proyecto (leyes, decretos, reglamentos, códigos, normas, entre otras), y los requisitos legales (patentes, salud pública, laborales, municipales, ambientales, entre otros aspectos) que se consideren pertinentes.

Este análisis se debe hacer para evitar futuros problemas legales que impidan cumplir con la realización de las actividades.

2. Organización y estructura administrativa

Se refiere a la estructura organizativa y administrativa que se requiere implementar para llevar a cabo el proyecto y el grado de responsabilidad y autoridad sobre el mismo, estableciendo un resumen de lo que implica la ejecución administrativa del proyecto, diseñar la estructura organizativa básica y ubicar la responsabilidad gerencial.

La etapa de ejecución del proyecto comprende las actividades relativas a la construcción de obras físicas y a las labores previas, incluyendo cómo se distribuyen las responsabilidades o divisiones de la entidad, describiendo cada una de las funciones y aportando el organigrama (si la construcción la lleva a cabo la administración).

En la etapa de operación del proyecto se debe hacer un detalle de los diferentes departamentos de la entidad que administrará el proyecto, indicando si se efectuará una implementación progresiva de la organización o se comenzará con la que será definitiva en sus lineamientos generales. Es útil presentar un organigrama para tener una visión completa de toda la organización.

3. Planificación y programación de la ejecución del proyecto

El proceso de planificación y programación de la ejecución del proyecto consiste en definir las actividades que requieren cada uno de los componentes del proyecto de acuerdo con los objetivos. Se prepara un listado de las actividades requeridas para ejecutar el proyecto y se define la secuencia de actividades para luego proceder a asignar los recursos humanos, el tiempo de ejecución y el costo de cada actividad. Se debe presentar un cronograma con el desglose de todas las actividades del proyecto.

Por ejemplo, para un proyecto para sitios de disposición final o rellenos sanitarios, se contemplan por lo menos las siguientes actividades: Diseño, construcción, operación y cierre o abandono.

4. Valoración de riesgos institucionales del proyecto

Se deben contemplar los siguientes aspectos:

- Identificación y valoración de los principales procesos del proyecto.
- Establecer los procedimientos para cada uno de los procesos identificados.
- Evaluar los procedimientos conforme al portafolio de riesgos.
- Definir la magnitud de riesgos y el orden de prioridad de atención de las actividades críticas del proyecto.
- Incorporar las alternativas de solución y el cálculo de los costos que conlleva la implementación de las actividades, lo cual debe considerarse en los costos, ingresos y beneficios.

IV. Elementos de evaluación de proyectos³⁸

Con los elementos entregados en el capítulo anterior se generan las alternativas de proyecto para resolver el problema general, que en este caso se usó como ejemplo el dónde disponer los residuos sólidos domiciliarios. Generadas las alternativas, se debe realizar un estudio para decidir cuáles de estas resuelven el problema de la mejor manera, según los criterios que son expuestos en el presente capítulo, el que además entrega los lineamientos para tal estudio. Esto es lo que corresponde a la evaluación del proyecto.

A. Evaluación privada

Este primer análisis tiene por objetivo estudiar la rentabilidad de un proyecto, desde el punto de vista de sus resultados financieros y evaluar la conveniencia de ejecutarlo. Una vez realizado el flujo de fondos se procede a calcular los indicadores de evaluación financiera relevantes, tales como el Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) en la medida que el proyecto genera ingresos o el Valor Actual de Costos (VAC) y el Costo Anual Equivalente (CAE), si es que el proyecto no genera ingresos.

Lo anterior requiere, en primer lugar, definir el agente para el cual se realiza el análisis, es decir, el ente o institución que lo llevaría a cabo, el que podría ser un municipio o un agente privado que invierte en esto a cambio de un pago por parte del propio municipio y/o de la comunidad.

1. Costos de las alternativas del proyecto

Se deben identificar, cuantificar y valorar todos los costos asociados a cada alternativa del proyecto. Las partidas generales para un proyecto del tipo, por ejemplo, de implementación de un sistema integral de residuos, podrían ser:

- costos de inversión
- costos de operación (anuales)
- costos de mantención (anuales)

³⁸ Capítulo realizado en base a MIDEPLAN-ILPES, 2010.

- costos de transporte (anuales)
- costos de programas de monitoreo y control ambiental (anuales), y
- costos de cierre y término de la operación.

Además, para posteriores conversiones, así como para posteriores sensibilidades y/o cambios, es conveniente desglosar los costos en los siguientes conceptos:

- materiales o adquisiciones nacionales
- materiales o equipos importados
- insumos afectos a impuesto o subsidio
- mano de obra calificada
- mano de obra no-calificada

Se debe tener presente que los costos relevantes dependerán del agente inversor; por lo tanto, el desglose de costos presentado anteriormente es sólo referencial y para la evaluación se deberán considerar sólo aquellos que percibe dicho agente.

2. Costos de inversión

Responde a los egresos que deben ejecutarse en la etapa de ejecución del proyecto, es decir, todos los costos iniciales necesarios para echar a andar el proyecto, incluyendo los costos ambientales, de reducción de riesgo a desastres, entre otros. Según la naturaleza de estos costos, pueden clasificarse en fijos o tangibles, diferidos o intangibles y capital de trabajo.

Fijos o tangibles

Los costos fijos corresponden al cálculo a precios de mercado de los principales activos físicos que conlleva el inicio de la operación del proyecto. Para proyectos de esta naturaleza, los principales son:

- *Terrenos.* Corresponde al espacio físico requerido para ejecutar las obras, en especial aquellas relacionadas con obras civiles. Tanto para esta fase de evaluación como para la siguiente se requiere que los terrenos sean valorizados aunque sean de propiedad de la institución ejecutora del proyecto (ya que siempre existe un costo de oportunidad para el terreno). Es necesario considerar, además, todos los gastos necesarios para la preparación del terreno, tales como despeje, drenaje, nivelación y cercado así como también las conexiones a las redes de servicios básicos (luz eléctrica, agua potable, alcantarillado).
- *Construcciones.* El costo de construcciones corresponde al valor de las edificaciones y otras obras físicas necesarias para materializar la alternativa de proyecto. Incluye los costos de materiales, transporte de materiales, mano de obra, supervisión, asesoría, y otros necesarios para la construcción de la obra física.
- *Equipamiento mayor.* Corresponde al valor de los bienes de capital necesarios para prestar el servicio, entre los cuales se incluyen una o más camionetas de servicio, camiones cisterna, cargadores frontales, herramientas, báscula, etc.
- *Equipamiento menor.* Corresponde al valor de los bienes muebles, equipos de oficina y otros elementos necesarios para que el proyecto quede funcionando. Por ejemplo: mobiliario, instalaciones sanitarias, etc. El costo del equipamiento debe incluir el costo de instalación, cuando corresponda.

Intangibles

Los costos por activos intangibles son los constituidos por la adquisición de servicios o derechos que son indispensables para ejecutar el proyecto, entre los cuales se puede mencionar: el desarrollo de recursos humanos, supervisión, pago de intereses, servicios básicos, alquileres, patentes, permisos fitosanitarios, costos de organización y legalización, imprevistos, avalúos de fincas, entre otros.

Capital de trabajo

El capital de trabajo son los recursos financieros necesarios para iniciar la etapa de operación del proyecto. Este monto de capital de trabajo deberá cubrir los costos mínimos durante los primeros meses de operación. Es importante considerar el capital de trabajo inicial que se requiere para iniciar la operación, para calcular y considerar el monto total de los costos durante el período en el cual no se perciba ningún ingreso que permita la sostenibilidad del proyecto. Este costo adquiere relevancia en el caso de que se contemple la participación de un agente privado inversor para la ejecución del proyecto.

A continuación se incluye un ejemplo de costos privados asociados a un sistema de disposición final³⁹.

3. Costos de operación y mantenimiento

Son todos los costos en los que se incurre en la etapa de operación, incluyendo los costos ambientales, reducción de riesgo a desastres, entre otros, para garantizar la prestación de bienes o servicios. Los más relevantes son:

- Remuneraciones. Corresponde al costo de los servicios prestados por los recursos humanos necesarios para que el servicio sea prestado. En este ítem se registran los costos de remuneraciones de encargados de las instalaciones, empleados para la disposición, supervisores, mecánicos, etc.
- Insumos materiales. Corresponde al valor de los elementos indispensables para la operación, que permiten la prestación regular del servicio y que se utilizan normalmente dentro de un periodo anual. Entre ellos se encuentran vestuario, combustibles, aceites, materiales de oficina, materiales de apoyo, etc.
- Mantenición y reparación. Corresponde a los egresos en que debe incurrir para mantener la capacidad de generación de beneficios de los inmuebles y del equipamiento mayor y menor, evitando su deterioro o falla prematura. Es decir, corresponde a gastos tales como pintura y reparaciones menores de los edificios, servicios de mantención periódica de vehículos y equipos, reparaciones de las instalaciones, entre otros.
- Servicios básicos. Corresponde a los gastos generales necesarios para la prestación del servicio. Estos servicios incluyen, por ejemplo, agua, luz eléctrica, teléfono, entre otros.
- Arriendos. Corresponde al pago de renta por edificaciones, terrenos, vehículos y/o equipos que se requieran para la operación del proyecto. Debe considerarse el costo total del arriendo, incluyendo comisiones.
- Costos de control medioambiental. Corresponde a aquellos costos en que se debe incurrir para evitar la contaminación ambiental que puede generar el proyecto. Por ejemplo, el monitoreo de fugas de líquidos en vertederos, la operación de una planta de tratamiento de aguas provenientes del relleno sanitario, entre otros.

³⁹ En base a la metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables. ministerio de desarrollo social. Chile. 2013.

Cuadro 19
Costo de operación y mantenimiento

Item	Partida	UN	P. Unitario	Cantidad	Total	Materiales o adquisiciones nacionales	Materiales o equipos importados	Insumos afectos a impuesto o subsidios	Mano de obra calificada	Mano de obra semi-calificada	Mano de obra no-calificada
Inversiones iniciales											
1.1	Estudio de pacto ambiental	gl	45 000 000	1	45 000 000				45 000 000		
1.2	Diseño de ingeniería básica y detalles	gl	20 000 000	1	20 000 000				20 000 000		
1.3	Terreno de la instalación (*)	m2	5 000	14 420	72 100 000	72 100 000					
1.4	Construcción cierre perimetral	ml	6 000	488	2 928 000	2 049 600			585 600		292 800
1.5	Preparación de señalización interna y portón de acceso	gl	400 000	1	400 000	360 000					40 000
1.6	Caseta de regulación de entrada y salida	m2	300 000	1	300 000	210 000			60 000		30 000
1.7	Instalaciones para labores administrativas y de control	m2	250 000	30	7 500 000	5 250 000			1 500 000		750 000
1.8	Instalaciones sanitarias y de vestuario para el personal	un	5 000 000	1	5 000 000	3 500 000			1 000 000		500 000
1.9	Sistema de iluminación exterior	un	6 000 000	1	6 000 000	6 000 000					
1.10	Empalme eléctrico	gl	20 000 000	1	20 000 000	20 000 000					
1.11	Instalación de báscula incluye software y hardware para 50 toneladas	un	40 000 000	1	40 000 000		32 000 000		4 000 000	4 000 000	
1.12	Construcción de un camino de acceso principal	m2	10 000	240	2 400 000	1 200 000			720 000	240 000	240 000
1.13	Canal perimetral, drenaje de escorrentía superficial	ml	4 500	366	1 647 000	329 400			658 800		658 800

Inversiones iniciales

Cuadro 19 (conclusión)

Item	Partida	UN	P. Unitario	Cantidad	Total	Materiales o adquisiciones nacionales	Materiales o equipos importados	Insumos afectos a impuesto o subsidios	Mano de obra calificada	Mano de obra semi-calificada	Mano de obra no-calificada
Inversiones iniciales											
1.14	Laguna de líquidos lixiviados	gl	500 000	1	500 000	350 000				100 000	50 000
1.15	Bombas regulación lixiviado	un	350 000	1	350 000		350 000				
1.16	Camión tolva	un	24 750 000	1	24 750 000		24 750 000				
1.17	Bulldozer	un	60 500 000	1	60 500 000		60 500 000				
1.18	Camioneta cabina simple	un	10 000 000	1	10 000 000		10 000 000				
Sub-totales					319 375 000	111 394 000	127 600 000		69 720 000	8 144 000	2 561 600

Fuente: Elaboración propia.

a) Ingresos

Esto se considerará en el caso de que el sistema sea explotado por un agente inversionista para el o los municipios y corresponderán a los pagos que ya sea directamente la comunidad o los municipios efectúan por la prestación de los servicios. También puede considerarse esto en el caso de que el municipio genere cobros a las familias de los domicilios involucrados a través de la aplicación de tarifas o también por los aportes provenientes de instituciones públicas, organismos internacionales, organizaciones privadas sin fines de lucro o de la misma comunidad beneficiaria.

b) Aspectos presupuestarios del proyecto

Este apartado debe contener el resumen de la información referente a inversiones, ingresos, financiamiento, tasas de interés, amortizaciones y depreciación, con el propósito de elaborar el flujo de fondos.

Financiamiento del proyecto

Es la definición de las necesidades de financiamiento para la ejecución del proyecto, donde además debe especificarse la modalidad de ejecución y operación del proyecto, así como las fuentes de financiamiento a utilizar para ejecutar el proyecto.

Los proyectos que requieran endeudamiento público, deben identificar plazos, tasa de interés, período de gracia, entre otras características del crédito, y deberían considerarse más de una alternativa de financiamiento para seleccionar la más conveniente de acuerdo a las características anteriores.

Los proyectos deben especificar la fuente de financiamiento y la modalidad definitiva que se requiere utilizar para la ejecución del proyecto. Algunas de las fuentes y modalidades de financiamiento utilizadas son:

Fuentes:

- a) Presupuesto nacional.
- b) Recursos institucionales o propios.
- c) Donación de una instancia nacional e internacional.
- d) Recursos provenientes de un organismo nacional o internacional.
- e) Otras.

Modalidades:

- a) Endeudamiento público (interno o externo).
- b) Concesión de Obra Pública.
- c) Fideicomiso.
- d) Contrato de gestión interesada.
- e) Otras que permita la Ley de Contratación Administrativa.

Tasa de descuento, amortización e intereses

El estudio de financiamiento del proyecto requiere justificar la tasa de descuento que se utilizará. La tasa de descuento se expresa en términos porcentuales y es la rentabilidad mínima que un privado exige a sus inversiones (en el caso de la evaluación privada) o la que exige el sector público (en el caso de la evaluación social). Es el precio del dinero, el cual se debe pagar/cobrar por tomarlo prestado/cederlo en préstamo en una situación determinada. En este sentido, se debe especificar cuál es la tasa de descuento conveniente de considerar en el proyecto.

El concepto de amortización y el de intereses, está relacionado al hecho de pagar las deudas y consiste en reintegrar, por medio de entregas parciales y comúnmente periódicas, un capital recibido a préstamo, con lo cual se define el período de pago del proyecto ante posibles financiamientos que se reciban.

Depreciación del proyecto

La depreciación es la pérdida de valor que sufren los bienes de capital, debido a su deterioro en el proceso de producción o prestación del servicio. Están relacionados con los activos fijos (maquinaria, edificios, mobiliario y equipo, vehículos, etc.) y que pueden generar al final de la vida útil si no se han desgastado en su totalidad, un ingreso que se conoce como valor de rescate o residual.

Existen varios métodos para calcular la depreciación: línea recta, método por suma de años dígitos, método de depreciación anual decreciente y otros. Como el cálculo de la depreciación incide en el monto de la utilidad anual, sobre la cual se pagan impuestos, normalmente la autoridad en temas tributarios define el método de depreciación.

Por ejemplo, si un proyecto a 10 años requiriera un terreno, un edificio, una maquinaria y un camión, y los valores de adquisición y vida útiles legales son los que se indican en la Figura siguiente, entonces con el método de la línea recta podríamos calcular la depreciación del proyecto para cada año.

Cuadro 20
Depreciación del proyecto

	Valor de adquisición (US\$)	Vida legal (años)	Depreciación (US\$/año)
Terreno	50 000	∞	0
Edificio	200 000	5	4 000
Maquinaria	90 000	15	6 000
Camión	28 000	7	4 000

Fuente: Elaboración propia.

La depreciación no genera flujo de caja (la empresa no la paga), por lo tanto luego de restarla para efectos del cálculo de la utilidad, debe reversarse (se suma)

De esta forma, el resumen de ingresos y costos que típicamente se presentan en un proyecto, se presenta en la siguiente tabla:

Cuadro 21
Resumen de ingresos y costos

	Año 0	Año 1	...	Año N
+ Ingresos por venta				
- Costos de ventas				
- Gastos de administración y ventas				
- Depreciación				
= Resultados operacional (A)				
+/- Ganancia/pérdida de capital				
- Ingresos financieros				
- Interés				
- Pérdidas del ejercicio anterior				
= Resultado no operacional (B)				
= Utilidad antes de impuesto (A+B)				
- Impuesto a las empresas				
= Utilidad después de impuesto				

Fuente: Elaboración propia.

Notar que los ítems relacionados con la deuda quedan separados: préstamo y amortización forman parte del flujo de capitales (después de impuestos), mientras que los intereses forman parte del flujo operacional (antes de impuestos). Lo anterior se debe a que las legislaciones tributarias no consideran los flujos de capitales para la determinación de la base imponible, pero sí se consideran los intereses como un costo (gasto financiero) para la generación de la utilidad.

Ganancias/pérdidas de capital

Éstas ocurren cuando se venden activos fijos a un precio diferente del valor contable. Existirá una ganancia de capital cuando el valor de reventa (valor económico o de mercado) es superior a su valor contable (o libro), la ganancia será igual a la diferencia entre ambos valores y se considerará como un ingreso. Al contrario, si el valor de liquidación es inferior a su valor libro, entonces existirá una pérdida de capital igual a la diferencia, y se considerará como un egreso. Al igual que la depreciación, este es una partida contable para pagar mayor (ganancia) o menor (pérdida) impuesto, por lo que este flujo también se reversa una vez que se calcula el pago de impuestos.

Pérdidas del ejercicio anterior

Algunas legislaciones tributarias permiten que cuando en lugar de la utilidad antes de impuestos ocurren pérdidas en un año, estas se pueden arrastrar para el año siguiente (o más años) usándolas de esta forma como crédito para descontar impuestos. Lo anterior es correcto desde la lógica tributaria, pero desde el punto de vista del flujo de caja significaría estar contando dos o más veces la misma pérdida, por esa razón, si se generan pérdidas del ejercicio anterior arrastradas, una vez calculado el impuesto se deben reversar (sumar), siguiendo así el mismo tratamiento que la depreciación y las pérdidas y ganancias de capital.

4. Cálculo de indicadores de rentabilidad privada

Los siguientes puntos deben considerarse en el caso de contar con un agente privado que lleve a cabo la ejecución del proyecto.

a) Tasa de descuento

Como ya se mencionó, es la rentabilidad mínima exigida a una inversión, en este caso privada (expresado como una tasa).

b) Flujo de caja

La elaboración del flujo de caja, según la tabla presentada en el punto 3, incorpora los costos de inversión, los costos de operación en que se incurrirán durante la vida útil del proyecto y todos los ingresos que se generarán para la sostenibilidad del mismo. Estos deberán ser expresados a precios de mercado, desglosados por año y registrados en forma monetaria de acuerdo con el momento en el que se generan, ya que a partir del flujo financiero es que se pueden hacer los escenarios para determinar la rentabilidad y liquidez del proyecto. El flujo de caja privado consistirá en determinar la diferencia entre los costos y los ingresos incrementales anuales del proyecto, corresponde a la última línea de la tabla presentada en el punto 3.

c) Cálculo de los indicadores

Valor Actual Neto (VAN)

El VAN se define como el valor actualizado de los ingresos menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida, durante la vida útil del proyecto. Se utiliza la siguiente fórmula para obtener el VAN:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde: B_t = ingresos del año t del proyecto.

C_t = costos del año t del proyecto.

t = años correspondientes a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n .

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la inversión.

r = Tasa de descuento

El criterio de decisión para conocer si el proyecto es rentable, se presenta en las siguientes alternativas:

$VAN > 0$, el proyecto es rentable.

$VAN = 0$, el proyecto es indiferente.

$VAN < 0$, el proyecto no es rentable.

Se puede decir que el VAN del proyecto es el valor actual del excedente que se obtiene por encima de la rentabilidad que se lograría mediante la inversión que determina la tasa de descuento, que en este caso, representa el costo de oportunidad del capital invertido.

d) Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR o tasa de rentabilidad se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de ingresos netos (VAN), es decir, los ingresos actualizados iguales a los costos actualizados.

Se utiliza para obtener la TIR la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde: B_t = ingresos del año t del proyecto.

C_t = costos del año t del proyecto.

t = años correspondientes a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n .

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la inversión.

r = TIR

La TIR mide la rentabilidad financiera del proyecto, porque compara la TIR del proyecto con la tasa de descuento “ r ” que mide el mejor rendimiento alternativo deseado. El criterio de decisión es el siguiente:

Si la $TIR > r$, el proyecto es rentable.

Si la $TIR = r$, el proyecto es indiferente.

Si la $TIR < r$, el proyecto no es rentable.

La TIR siempre debe utilizarse en conjunto con el VAN, por el motivo de que si se produce más de un cambio de signo en los flujos, es posible más de una solución, es decir, puede haber varias TIR. El criterio de la TIR asume que los fondos liberados por el proyecto se reinvierten a esa misma tasa, cuando lo lógico es asumir que se invierten a la tasa de oportunidad.

e) Análisis de sensibilidad

Es conveniente sensibilizar los resultados que se obtienen con la evaluación del proyecto, ya que se puede determinar el máximo cambio que podría experimentar una variable sin dejar de hacer rentable el proyecto, indicando cuán sensible es la decisión adoptada frente a cambios en una variable.

Debe analizarse cómo cambian los indicadores del proyecto (VAN, TIR, TREMA) ante variaciones en los siguientes aspectos: cantidad, tarifas, costos de operación, transporte y de inversión. Los porcentajes de variación y los aspectos a modificar para probar la sensibilidad del rendimiento financiero de un proyecto dependen básicamente de las características y tipo de cada uno. Se propone el siguiente método:

f) Identificación preliminar de variables riesgosas

El primer paso consiste en identificar las variables que poseen un componente de incertidumbre y que es probable que afecten la rentabilidad del proyecto bajo análisis.

El analista debe concentrarse en aquellas variables que tengan un efecto sobre el flujo de caja del proyecto; es decir, variables que afecten tanto los beneficios como los costos generados por el proyecto. Si bien esto depende de cada caso en particular, es posible señalar a modo de ejemplo las siguientes variables que el analista debe estudiar:

- Costos de inversión del proyecto.
- Demanda (toneladas de residuos generados)
- Precios de insumos (Ej: combustible para el transporte)

g) Análisis de Sensibilidad de las variables riesgosas

Una vez identificadas las variables con un grado importante de incertidumbre, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad que permita cuantificar el efecto que tiene cada variable sobre la rentabilidad final del proyecto.

Este análisis permite al evaluador centrar la búsqueda y recopilación de información sólo en aquellas variables que tienen un efecto importante sobre la rentabilidad del proyecto.

Se sugiere sensibilizar cada variable aumentando o disminuyendo su valor en un 10% sobre el valor utilizado en la evaluación bajo certidumbre. Una vez efectuado esto se registra el VAN del proyecto al modificar la variable bajo análisis y se calcula el cambio porcentual en el VAN del proyecto siguiendo la siguiente expresión:

$$\Delta\%VAN = \frac{VAN(\pm 10\%) - VAN \text{ base}}{VAN \text{ base}}$$

Donde $\Delta\%VAN$ es el cambio porcentual en el VAN del proyecto al modificar la variable bajo análisis, $VAN (\pm 10\%)$ es el VAN del proyecto al modificar en un $\pm 10\%$ el valor de la variable y $VAN \text{ base}$ es el VAN del proyecto calculado inicialmente (precio al análisis de riesgo).

Una vez calculado el cambio porcentual del VAN del proyecto se calcula la elasticidad del VAN con respecto a la variable bajo análisis, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

$$Elasticidad_{VAN,X} = \frac{\Delta\%VAN}{\pm 10\%}$$

Con esta información se priorizan las variables riesgosas del proyecto y se seleccionan para pasar a la etapa de recopilación de información, sólo aquellas variables que muestren un impacto significativo

sobre la rentabilidad del proyecto. Para estas, se puede analizar si es conveniente reducir la variabilidad (comprar certidumbre), a modo de ejemplo, mediante seguros y contratos.

Existen otros métodos más sofisticados de análisis de riesgo, que no se incluyen en este capítulo: simulación, opciones reales, Value at Risk y otros.

También es conveniente realizar el análisis de sensibilidad ante una variación de la tasa de descuento utilizado y las variaciones en los costos de inversión. Consideradas las variaciones adecuadas que han de practicarse, se deberán elaborar nuevos estados financieros para obtener un nuevo flujo de efectivo a partir del cual se calcularán los nuevos indicadores del proyecto, indicando el grado de sensibilidad del mismo.

Se propone realizar el análisis de sensibilidad, utilizando una variable o mediante combinaciones de diferentes variables, en este último caso hablamos de análisis de escenarios, buscando al menos tres escenarios (pesimista, normal y optimista).

5. Análisis de costos sociales

Este análisis es determinante para la selección de la alternativa a ser desarrollada directamente por el municipio, sin intervención de un agente inversionista privado. Esto por cuanto el servicio es provisto sin considerar una tarifa a la comunidad o porque el monto que se paga no constituye tarifa en el sentido de cubrir los costos de la provisión del servicio.

En este caso, el conjunto de alternativas de proyectos, planteado a escala preliminar, debe cumplir las siguientes condiciones:

- Cada proyecto perteneciente al conjunto definido de alternativas, provee el mismo servicio, o igual beneficio.
- El criterio de “igualdad de servicio” entre proyectos alternativos implica que en cada uno de ellos se han incorporado las obras y medidas de mitigación medio ambientales y sociales e internalizado sus costos.

El análisis en este caso se hace desde una óptica social y no financiera, utilizando por tanto, parámetros o precios sociales para la evaluación.

a) Tasa Social de Descuento (TSD)

El primero de los parámetros sociales a utilizar en este análisis es la Tasa Social de Descuentos. La TSD es el costo de oportunidad en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar los proyectos, es decir, el costo de oportunidad de utilizar esos recursos en otra inversión que pudiera generar un rendimiento más alto que la inversión propuesta en el proyecto. Se utiliza para convertir en valores actuales los beneficios y los costos sociales futuros de un proyecto de inversión pública. Para realizar el análisis de costos del proyecto, se requiere utilizar la TSD para descontar los flujos de costos.

En la evaluación de proyectos públicos se utiliza la TSD para ponderar los costos y beneficios generados por un proyecto público en un horizonte de tiempo dado, con el propósito de reflejar la rentabilidad social del proyecto como inversión. En cada país, el organismo rector del Sistema Nacional de Inversión Pública debería calcular e informar la TSD. Sin embargo, la forma de determinar dicha tasa no es única, pues no hay un amplio consenso entre los economistas acerca de la mejor forma de determinarla.

b) Resto de los precios sociales

Como se señaló previamente, este análisis de costos se realiza cuando el proyecto es ejecutado directamente por el municipio o por otro ente estatal, por lo que deben aplicarse en él, los precios sociales, dado que éstos representan el verdadero costo de oportunidad para la sociedad de los recursos que se utilizan. Los factores que determinan la diferencia entre los precios de mercado y los sociales son:

Imperfecciones del mercado. Los casos más comunes se presentan cuando los bienes y servicios se comercializan en condiciones de monopolio u oligopolio, donde los precios de los productos que se

comercializan no representan el verdadero costo para la sociedad. Generalmente, son precios que no reflejan el verdadero costo marginal de los productos que se producen.

Transferencias, impuestos y subsidios. A diferencia de la evaluación financiera, en la evaluación económica no se toman en cuenta los impuestos, ni las transferencias ni los subsidios, pago de la deuda del crédito (si el crédito es otorgado por un banco local, sí debe considerarse la deuda si se trata de financiamiento desde el extranjero), depreciación de los activos, ya que los anteriores son reasignaciones de los recursos entre los diferentes sectores de la economía, lo que no genera un valor agregado para ésta. Por ejemplo: para el caso del pago de impuestos por una empresa en particular, es una mera transferencia del sector privado al público, pero no implica la generación de ninguna unidad de producción adicional para la economía del país.

Las consideraciones implícitas en la determinación del precio social de la mano de obra, están referidas a determinar de dónde proviene la demanda de mano de obra adicional por la ejecución de los proyectos de inversión, lo que puede ser: mano de obra desplazada desde otros empleos hacia el proyecto, o mano de obra que en la situación sin proyecto estaba en el desempleo.

Mano de Obra No Calificada. El precio social de la mano de obra no calificada se define como el precio mínimo por el cual los trabajadores no calificados estarían dispuestos a emplearse.

Mano de Obra Calificada. La definición es similar a la anterior, pero para el caso de mano de obra calificada.

Todos los tipos de precios sociales de la mano de obra, deberían ser calculados y difundidos por el organismo rector del Sistema Nacional de Inversión Pública en cada país.

En algunos países latinoamericanos se cuenta además con el precio social de la mano de obra semicalificada.

Bienes comercializables y no comercializables. En el cálculo de estos precios es fundamental distinguir el concepto de bienes comercializables o transables internacionalmente y no comercializables o no transables. Los bienes transables o comercializables, son aquellos que se relacionan directa o indirectamente con el comercio internacional. Se pueden dividir en dos grupos: Los bienes transables de oferta y los bienes no transables o no comercializables. Los bienes transables o comercializables pueden dividirse a su vez en dos tipos. El primero es *los bienes transables de oferta*, los cuales son los exportables, y se valoran FOB40, los que sustituyen importaciones CIF. El segundo de este tipo son los *bienes transables de demanda* son los importados, y se valoran CIF41, los que disminuyen exportaciones FOB. A estos se les debe aplicar la corrección que correspondiera al tipo de cambio para obtener el precio social de la divisa.

Los bienes no transables o no comercializables, son aquellos cuya producción no se vincula con el comercio exterior. Se pueden dividir en dos grupos. Los no transables por naturaleza o restricción física (mano de obra, transporte etc.) y los no transables por restricciones institucionales (fijación de cuotas, aranceles prohibitivos etc.).

Factores de corrección. Tanto para el caso de la mano de obra, como para el caso de las divisas, en los Sistemas Nacionales de Inversión Pública frecuentemente se trabaja con factores de corrección, estos relacionan el precio social con el precio de mercado, de forma que el organismo rector del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), en lugar de entregar a los evaluadores un precio social, entrega un factor de corrección que permite transformar un precio de mercado en precio social, mediante la fórmula:

$$\text{Precio Social} = \text{Factor de Corrección} * \text{Precio de Mercado.}$$

⁴⁰ FOB: significa que la mercancía es puesta a bordo por el exportador, libre de todo gasto, siendo de cuenta del importador los fletes, seguros y aduanas, entre otros aspectos

⁴¹ CIF: significa que la mercancía es puesta en el puerto del importador, con lo cual los fletes, seguros y aduanas, entre otros aspectos, son cubiertos por el exportador.

La idea es que de esta forma, el precio social se mantiene vigente en el tiempo en función del precio de mercado, así el organismo rector del SIN no necesita estar entregando periódicamente los valores vigentes de cada uno de los precios sociales.

c) Flujo de costos sociales

Con la información de los factores de corrección descritas previamente, se debe tomar cada costo descrito en el punto 1 para aplicar el siguiente procedimiento:

- desagregar en los componentes de costos que correspondan (si no se realizó según lo señalado en tal punto), esto es:
- *valor del ítem de costo X = componente de mano de obra no calificada + componente de mano de obra calificada + componente de impuestos + componente de bienes comercializables + resto del valor del ítem de costo X*
- aplicar los factores de corrección a los componentes de mano de obra no calificada y mano de obra calificada (lo que reducirá el valor de estos componentes)
- aplicar el factor de corrección de las divisas (tipo de cambio social) a la componente de bienes comercializables.
- Rebajar de la suma total el componente de impuestos

El valor resultante corresponderá a la versión social de cada costo identificado, cuantificado y valorado en la etapa previa.

Con los anteriores costos, se estará en condiciones de construir el flujo de costos sociales, lo que consiste en incorporar todos los costos de inversión y los costos de operación en cada período (año) en que se incurrirán durante la vida útil del proyecto.

Cálculo de indicadores

d) Valor Actual de los Costos (VAC)

El VAC del proyecto se calcula utilizando el flujo de costos, representa el costo en valor presente de cada alternativa de proyecto independiente de cuándo se produzcan los egresos reales, por lo que da la medida equivalente de cuántos recursos significa para el estado (municipio) cada alternativa, por lo que debiera escogerse la de menor VAC. La actualización de los costos del futuro en el horizonte de vida del proyecto se deben calcular utilizando la TSD. Se debe indicar el resultado en unidades monetarias. Su fórmula es:

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde: C_t = costo total del proyecto

t = años correspondientes a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la fase de inversión

r = tasa social de descuento

e) Costo Anual Equivalente (CAE)

El CAE es una medida que pretende expresar todos los costos de un proyecto igual por un año. Para ello se utilizan métodos de descuento. Se usa para comparar alternativas que producen el mismo resultado o beneficios, pero que difieren en su costo y en la vida útil, y que además sean repetibles. Se escogerá aquella alternativa de menor costo anual.

Se obtiene a partir del valor actual de los costos (VAC), utilizando la siguiente fórmula:

$$CAE = VAC * \frac{(1 + r)^n * r}{(1 + r)^{n-k+1} - 1}$$

B. Evaluación social costo-beneficio

Este es un análisis complementario al privado y de costos sociales, que permite incorporar criterios de beneficio social e impacto a nivel macroeconómico del país, y es recomendable aplicar cuando las alternativas de proyecto difieran en aspectos de, por ejemplo, cómo se resuelve el problema de disposición de residuos sólidos. Es el caso, por ejemplo de alternativas que puedan incorporar algún sistema de tratamiento como compostaje o reciclaje, que involucra beneficios adicionales, presentando aportes significativos para la sociedad.

1. Beneficios sociales

Para los casos mencionados previamente, adicional al análisis de costos, se deben considerar los beneficios, que no corresponden a los eventuales ingresos que pudiera recibir el municipio por ejecutar el proyecto, sino por el grado de bienestar que recibe la sociedad y está relacionada con el impacto que tiene el disponer de un sistema adecuado para estos residuos.

La primera parte de esta consideración es la identificación de tales beneficios, que van desde la disminución de enfermedades en la comunidad por no estar expuestos a focos de infección y contaminación que implican los residuos hasta el eventual empleo que pueden generar sistemas de reciclaje y/o compostaje. La tarea complicada que sigue a este primer paso de identificación es la cuantificación y valoración en unidades monetarias que permitan su comparación con los costos y de esta manera obtener indicadores como los señalados en el análisis financiero. En general, para este tipo de proyectos, se requiere un esfuerzo importante (encuestas y estudios econométricos utilizando métodos como valoración contingente y precios hedónicos), para cuantificar y valorar con cierto grado de precisión los beneficios reales en la sociedad de estos proyectos.

Bibliografía

- Acurio G.; Rossin, A.; Teixeira, P. F. & Zepeda, F., (1998), “Diagnóstico de La Situación del Manejo de residuos Sólidos Municipales en América latina y El Caribe”, Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de La Salud, Serie Ambiental n° 18, Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de La Salud y Banco Interamericano de Desarrollo.
- BID (Banco Interamericano del Desarrollo) (2003), “II Reunión: La aplicación de Instrumentos Económicos para la Gestión del Agua y residuos Sólidos. *Instrumentos Económicos para el Manejo Integral de residuos sólidos en América Latina y El Caribe*”. 25 y 26 de febrero, Washington, D.C.
- Avanzini de Rojas (2003) “Concepto y aplicación de los residuos Urbanos y Asimilables”, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Comunidad Europea, Fondo Europeo de Cohesión.
- OPS/OMS-AIDIS-BID (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Banco Interamericano de Desarrollo) (2010), “Evaluación regional del manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe 2010”, [En línea] <http://www6.iadb.org/residuos/infogeneral/Acerca.bid> [Fecha de consulta: 03 de enero 2013]
- Martínez Arce, Evelyn; Daza, Diego; Tello Espinoza, Pilar; Soulier Faure, Martin; Terraza, Horacio (2010) “Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe 2010”, trabajo en conjunto con la OPS/OMS-AIDIS-BID (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Banco Interamericano de Desarrollo), Washington, D.C. [En línea] <http://publications.iadb.org/handle/11319/3286?locale-attribute=es> [Fecha de consulta: 15 de enero 2013]
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2003), “Manual para la estimación de los efectos socioeconómicos y ambientales de los desastres”, México.
- _____ (2010), “El desarrollo sostenible en américa latina y el caribe: tendencias, avances y desafíos en materia de consumo y producción sostenibles, minería transporte, productos químicos y gestión de residuos”, Informe para la decimotava sesión de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.
- _____ (2009) “Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: Reseña 2009”, (LC/L.3140), Santiago de Chile, noviembre.
- _____ (1999a), “Módulo Uno: Recolección y transporte”, Red Latinoamericana y del Caribe para la capacitación y cooperación técnica mediante la educación a distancia.

- CEPAL(Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social / Organización Panamericana de la Salud (OPS) / Universidad Nacional de Córdoba) (1999b), “Módulo Dos: Tratamiento: reciclado e incineración”, Red Latinoamericana y del Caribe para la capacitación y cooperación técnica mediante la educación a distancia.
- _____ (1999c), “Módulo Tres: Manejo y operación de un vertedero”, Red Latinoamericana y del Caribe para la capacitación y cooperación técnica mediante la educación a distancia.
- _____ (1999d), “Módulo Cuatro: Evaluación de Impacto Ambiental”, Red Latinoamericana y del Caribe para la capacitación y cooperación técnica mediante la educación a distancia.
- _____ (1999e), “Módulo Cinco: Gestión integral de residuos sólidos domiciliarios”, Red Latinoamericana y del Caribe para la capacitación y cooperación técnica mediante la educación a distancia.
- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) (2005), “Política de gestión integral de residuos Sólidos”, Santiago de Chile, Chile, enero.
- CONAMA/GRS de La PUCV (Comisión Nacional del Medio Ambiente/Grupo de residuos Sólidos de La Pontificia Universidad Católica de Chile) (2002), “Estudio de caracterización de residuos sólidos de La Región Metropolitana”, informe final.
- CONAMA/BIRF/PUCV (Comisión Nacional del Medio Ambiente/Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Pontificia Universidad Católica de Chile) (1997). *Diseño de un plan de cierre y rehabilitación de áreas utilizadas como vertederos o rellenos sanitarios*. Valparaíso, Chile.
- CONAM/CEPIS/OPS, “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos”, Lima, 2004.
- Conato, D. y Apollo, S., (2010), “La gestión integrada de los residuos sólidos municipales. Dos modelos latinoamericanos”, Centro Studi di Politica Internazionale (CeSPI), Ayuntamiento de Arezzo, Italia, julio.
- Díaz, Luis (2009), “Panorama mundial del manejo de los residuos sólidos: problemas y perspectivas”, documento presentado en el noveno congreso internacional Disposición final de residuos y perspectivas ambientales, Armenia (Colombia), Alcaldía de Armenia/Empresas Públicas de Armenia (EPA)/Alcaldía de Pereira/Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 12 a 14 de agosto.
- Duane, F. (1972). *Golf Course from Garbage*. The American city.
- Espinoza, Guillermo, “Gestión y fundamentos de la evaluación de impacto ambiental”, Banco Interamericano del Desarrollo (BID), Centro de Estudios para el Desarrollo (CED), Santiago de Chile, 2007.
- Espinace A. y otros (1998), “Recuperación de áreas utilizadas como vertederos controlados de residuos sólidos urbanos. Experiencias y proposiciones, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), agosto.
- Fabris (1995). *The Architectural and Landscaping Aspect in Landfill Planning: Examples in Italy*. Sardinia 95 Fifth International fill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 2-6 October.
- FICHTNER – LKSUR Asociados, (2005), “Plan Director de residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana”, Mandatado por la República Oriental del Uruguay, Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Uruguay, Dirección de Proyectos de Desarrollo, noviembre.
- Giordano, P., Mays, D. (1981). *Plants nutrients from Municipal sewage*. Ind. Eng. drem Prod. Res. Dev.
- Inostroza C., y Cataldo J., (2011), “Modelo de gestión estratégica para EMERES”, septiembre.
- IDRC/MAYT/IBAM (Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo-Canadá / Ministerio de Ambiente y Territorio de Italia / Instituto Brasileño de Administración Municipal) (2006), “Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe”, 1ª Edición.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007), “Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- ISWA (International Solid Waste Association) (2010), “residuos y Cambio Climático. Libro blanco de ISWA”, Asociación para el estudio de residuos Sólidos (ARS), [En línea] <http://www.ars.org.ar/documentos-download/ISWA-%20residuos-y-cambio-climatico.pdf> [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2012].
- ILPES (Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social) (2005), “Guía metodológica para la preparación y evaluación de proyectos de inversión pública”, Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones, Santiago de Chile.
- Jaramillo, Jorge (2002), “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS), Lima, Perú.
- Kiss, G. (1995). “Balance de agua en rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales” (en húngaro) - Hidrológiai Közlöny (Hungría), No.2, p. 106-112.
- _____ (1998). “Balance de agua en rellenos sanitarios - Vector de la Ingeniería Civi”l. FECIC A.C., México.

- LaGrega, M., Buckingham, P., & Evans, J. (1996). *Gestión de residuos Tóxicos*. Volumen I y II, editorial McGraw-Hill, Madrid, España.
- La Marca, O., Sanesi, G., & Gambi, L. (1995). "Study of the Vegetation in Landfill Restoration Project: First Result". Sardinia, 95th International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 2 and 6 October.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) (2010), "Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014 'María Teresa Obregón Zamora'", Gobierno de Costa Rica, diciembre.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) (2010), "Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública", Área de Inversiones Públicas, San José, Costa Rica, febrero.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) ILPES-CEPAL (2012), "Guía Metodológica para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Sitios de Disposición Final de residuos Sólidos Ordinarios", San José, Costa Rica, abril.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación) (2009) "Metodología de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables", Ministerio de Planificación y Cooperación, Chile.
- Ministerio del Ambiente y Calidad de Vida de Francia (1985). *Les Residus Urbains*. Ed. Lavoisier, Francia
- ONU-HABITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos), (2012), "Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana", Brasil, agosto.
- Olaeta, J., Espinace, R., Szantó, M., & Palma, J. (1997). *Experiencias de reinserción de vertederos mediante la implantación de una cubierta vegetal*. Escuela de Ingeniería en Construcción, Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2005), "Informe regional sobre la evaluación de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en la Región de América Latina y el Caribe". Organización Panamericana de la Salud, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Washington. D.C.
- Peterson C., (2009), "Cities and Solid Waste", Sector Note 4, Field Reference Guide Eco2 Cities: Ecological Cities as Economic Cities, Washington, DC: The World Bank.
- Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat (2009), "World population prospects: The 2008 revision and world urbanization prospects: the 2009 revision", <http://esa.un.org/wup2009/unup/>.
- PRESOL (Plan de residuos Sólidos) (2007), "Diagnóstico y áreas prioritarias", Programa CYMA (Competitividad y Medio Ambiente), Costa Rica.
- Programa CYMA (Programa Competitividad y Medio Ambiente), 2008, "Plan de residuos sólidos Costa Rica (PRESOL). Plan de acción", Costa Rica, mayo. [En línea] <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/5ca16311-f442-4a1e-8de0-7f03a792aaae/978-9977-62-055-8.pdf> [Fecha de consulta: 26 de agosto 2012].
- Purves, D., and Mackenzie, E. (1974). *Phytotoxicity due to boron in municipal compost*.
- Rondón E. y Szantó, M., (2012), "residuos y reducción de gases efecto invernadero: El caso de Chile", (LC/W.464), Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile, diciembre. [En línea] <http://www.eclac.org/blicaciones/xml/7/48607/residuosyreduccionGasesEfectoInvChile.pdf> [Fecha de consulta: 3 de octubre 2013].
- Saarela, J. (1991). *Landscaping Aspects of Sanitary Landfills in Finland*. Sardinia, 91 Third International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 18 October.
- Szantó, M., (1998), "Guía para la preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos domiciliarios", (LC/IP/L.153), Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, Santiago de Chile, Chile, octubre.
- Terraza, Horacio (2009a), "Manejo de residuos sólidos. Lineamientos para un servicio integral, sustentable e inclusivo", Banco Interamericano del Desarrollo (BID), Washington, D.C.
- Terraza, Horacio (2009b). "Lineamientos estratégicos del Banco Interamericano de Desarrollo para el sector de residuos sólidos (2009-2013)", BID (Banco Inter-Americano de Desarrollo), Nota técnica n° IDB-TN-101, Iniciativa de Agua y Saneamiento, Washington D.C.
- Tchovanoglous, Theisen y Vigil, (1994), "Gestión Integral de residuos Sólidos", Mc-Graw Hill.
- World Bank, (2010), "A city - wide approach to carbon finance", carbon partnership facility innovation.

Anexos

Anexo 1

Vertedero de Haina y el ambiente de alrededores

Es un foco de daños a la atmósfera, el suelo y las aguas presentes en muchos kilómetros a la redonda y ya tiene más de 20 años de existencia.

En el vertedero de Haina se generan gases que afectan las vías respiratorias de miles de personas expuestas a ellos.

Imagen A.1
Relleno sanitario



Fuente: Noticias 24/Fotos [En línea] [Fecha de consulta: 10 de Febrero de 2013] <http://www.noticias24.com/fotos/noticia/5413/buscando-tesoros-en-la-basura-imagenes-de-un-relleno-sanitario-en-republica-dominicana/>.

La solución sería construir un relleno sanitario mecanizado a un costo de más de US\$3.000,000. Con más de 20 años de explotación, el vertedero del municipio de Haina, San Cristóbal, ha contaminado el suelo, la atmósfera, las aguas y demás recursos naturales, alterando no sólo la fisonomía del lugar, sino la respiración de los vecinos, que a varios kilómetros sufren sus efectos.

Imagen A.2
Vertedero de Haina, generación de gases



Fuente: Noticias 24/Fotos [En línea] [Fecha de consulta: 10 de Febrero de 2013] <http://www.noticias24.com/fotos/noticia/5413/buscando-tesoros-en-la-basura-imagenes-de-un-relleno-sanitario-en-republica-dominicana/>.

Creado en una época cuando los impactos medioambientales que podían causar el recoger basura de las calles y tirarla en algún sitio no era primordial, hoy se ha convertido en un problema que afecta al medio ambiente.

Así lo hace constar un informe elaborado por un grupo de estudiantes de la maestría en ciencias en ecología y medio ambiente de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), en el cual proponen un relleno sanitario para reducir los efectos de la problemática.

Indica el estudio que la acumulación del gas metano ha provocado también el desprendimiento de humo, gases tóxicos, o compuestos como las dioxinas y partículas de metales pesados de efecto invernadero.

Una de las consecuencias para la salud de este fenómeno es el asma y, en general, las enfermedades respiratorias, que han estado golpeando a la población cercana al botadero de cielo abierto.

A lo anterior, señalan hay que agregarle que los desperdicios orgánicos, al descomponerse, se convierten en atrayentes de moscas y otros vectores.

Sostienen que el método de disposición final de los residuos sólidos urbanos explotados a cielo abierto es conocido por sus efectos negativos, ya que los mismos no reciben un correcto tratamiento de los gases producto de la combustión. Tampoco son corregidos los lixiviados (líquidos portadores de metales pesados y otros contaminantes) que constituyen un riesgo para las aguas subterráneas.

Igualmente, agregan están los que entran al basurero a recoger materiales arrojados por diversas entidades, que a veces comercializan inescrupulosamente, o venden como materia prima. Estas personas llamadas “segregadores o buzos”, corren el riesgo de enfermarse o de contagiar a otros.

Imagen A.3
Segregadores o buzos



Fuente: Noticias 24/Fotos [En línea] [Fecha de consulta: 10 de Febrero de 2013] <<http://www.noticias24.com/fotos/noticia/5413/buscando-tesoros-en-la-basura-imagenes-de-un-relleno-sanitario-en-republica-dominicana/>>.

Los estudiantes que participaron en la elaboración del informe son Ana Solano Miranda, Andrea Capellán, Etienne Herald, Francis G. Cuevas, Henry Ramos y Jadeline J. King. Contaron con la asesoría del catedrático César Amado Martínez. Propuesta. Los estudiantes proponen para la disposición final de los desechos sólidos municipales el diseño de un relleno sanitario mecanizado tipo areal, cuyo presupuesto general asciende a US\$ 3.800.618,48. Entienden necesario la instalación de una planta de reciclaje, a fin de aprovechar los materiales reciclables que puedan contener los residuos domiciliarios y dotar a los buzos de un espacio cubierto y automatizado.

Estructura. Según la propuesta, el relleno sanitario constaría además con una planta de compostaje para aprovechar el potencial fertilizante que contienen los residuos con materia orgánica. También un sistema de drenaje de lixiviado y de pluviales, así como uno de desgasificación. Además edificaciones complementarias, instalaciones auxiliares, celda para hospitalarios y canales. De igual manera, se llevaría a cabo un proceso de recuperación paisajístico y un plan de monitoreo ambiental.

Fuente: Periódico HOY, Santo Domingo, República Dominicana. Artículo escrito por: Tania Hidalgo (t.hidalgo@hoy.com.do) [en línea] [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2013] <http://www.hoy.com.do/el-pais/2008/11/16/255575/Vertedero-de-Haina-arruina-ambiente-de-alrededores>.

Anexo 2

Separación en origen, reciclaje, compostaje y recuperación de energía en la municipalidad de La Pintana, Santiago de Chile⁴²

La comuna de La Pintana se sitúa en la zona sur de Santiago de Chile y cuenta con una población aproximada de 200 mil habitantes, con una proporción de población mapuche cercana al 6%, el mayor porcentaje del área metropolitana de Santiago. El municipio fue creado a mediados de la década de 1980 con el objetivo de concentrar la población de pocos recursos de la ciudad, o políticamente conflictiva para el gobierno de ese entonces. Partiendo de los niveles más bajos que se registraban en Chile, los indicadores socioeconómicos de la comuna han evolucionado durante las últimas décadas al compás de la implementación de un Plan de Desarrollo Sustentable que ha tenido notables éxitos en la superación de la pobreza y en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio.

En este plan se enmarca el programa de separación de residuos en origen, por el cual los vecinos deben: a) separar los residuos vegetales en un recipiente especial que se les facilita y entregar lo separado al camión recolector exclusivo para vegetales (la DIGA recolecta alrededor de 30 ton/día de residuos vegetales provenientes de 17 mil viviendas, 45 mil personas); b) entregar papeles, cartones y metales a los cartoneros o chatarreros que acompañan al camión recolector; y c) llevar vidrios, botellas plásticas y envases de tetrapack a puntos verdes distribuidos en la comuna, donde se encuentran campanas de recolección para el reciclado de PET y vidrio, que se realiza en colaboración con organizaciones de beneficencia. Partiendo de la recolección selectiva, la Dirección de Gestión Ambiental (DIGA) del municipio desarrolla una amplia serie de actividades relacionadas con la educación comunitaria, el reciclado, el compostaje y la recuperación de energía.

La DIGA posee una planta de compostaje donde se procesan 14 ton/día de restos de podas y vegetales obtenidos del programa de separación en origen (véase imagen A.4). Dentro de estas actividades, se han desarrollado dos proyectos pilotos comunitarios de compostaje domiciliario, con la instalación de composteras individuales en 250 hogares de la comuna, que disminuyeron los residuos recolectados en esas viviendas.

Imagen A.4

Planta de compostaje en la dirección de gestión ambiental de la municipalidad de La Pintana



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Municipalidad de La Pintana.

⁴² En base a Martínez Arce *et al*, 2010.

La DIGA también cuenta con una planta de lombricultura que permite utilizar un innovador modelo de “ganadería intensiva” (donde el ganado son lombrices rojas californianas) para el tratamiento de residuos vegetales y la obtención de humus. Las restantes 16 ton/día de residuos vegetales recolectados selectivamente se reducen mediante esta actividad. La DIGA utiliza el compost y el humus obtenidos en un programa de huerta ecológica, con el desarrollo de un invernadero y huerto urbano orgánico, de hortalizas y vegetales, para consumo individual.

Imagen A.5**Lombricultura en la dirección de gestión ambiental de la municipalidad de La Pintana**

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Municipalidad de La Pintana.

Imagen A.6**Programa de huerta ecológica**

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Municipalidad de La Pintana.

Imagen A.6 (conclusión)



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Municipalidad de La Pintana.

Como parte del programa de separación, la DIGA también lleva adelante la iniciativa de separación de aceites de cocina, mediante la cual proporciona bidones de recolección a los vecinos que luego son recolectados una vez al mes. La DIGA recolecta el aceite usado y lo transforma en biodiesel a través de un proceso de producción propio. El proyecto recibió el premio nacional a la innovación “AVONNI 2010”, en la categoría medio ambiente.

Imagen A.7
Digap La Pintana



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana [En línea: <http://www.digap.cl/>] [Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2012].

En La Pintana se desarrollan actividades de reciclaje como la construcción de jardineras (macetones fabricados a partir de neumáticos usados) y la capacitación brindada en el taller de mueblería urbana, diseñado para el aprovechamiento de los troncos de árboles cortados por distintos motivos en la comuna y el desarrollo de microemprendimientos. La DIGA también posee una champiñonera, que es una estructura desarrollada a partir de neumáticos usados, destinada al uso de los residuos generados en la mueblería urbana, para la producción de hongos comestibles (Hongo Ostra).

Varias actividades adicionales se llevan a cabo en La Pintana, como el desarrollo de Hongos Shiitake, la muestra de la casita eficiente, el deshidratador solar, la cocina solar, sala de capacitación comunitaria Ruca Verde y otras, entre las cuales se encuentra el pantano de fitodepuración, donde se realiza el tratamiento de agua proveniente de la acequia exterior, con plantas y especies acuáticas, para su limpieza y posterior utilización en regado del espacio público.

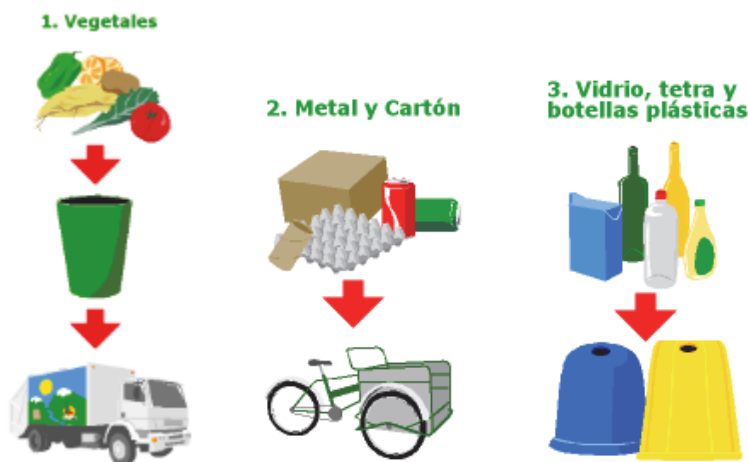
“Programa comunal de separación de residuos en origen”

La Municipalidad de La Pintana en su Modelo de Gestión Ambiental Local ha desarrollado la estrategia de residuos para el Desarrollo y crea el “Programa Comunal de Separación de residuos en Origen” basado en las siguientes afirmaciones:

“El manejo de los residuos debe involucrar y comprometer a sus propios generadores, como principales responsables”

Todos los residuos se generan en algún territorio comunal. Por consiguiente, es elemental solucionar —con participación comunitaria— su problemática a nivel local y reforzar los equipos ambientales.

Imagen A.8
Proceso del “Programa comunal de separación de residuos en origen”



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana [En línea: <http://www.digap.cl/>] [Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2012].

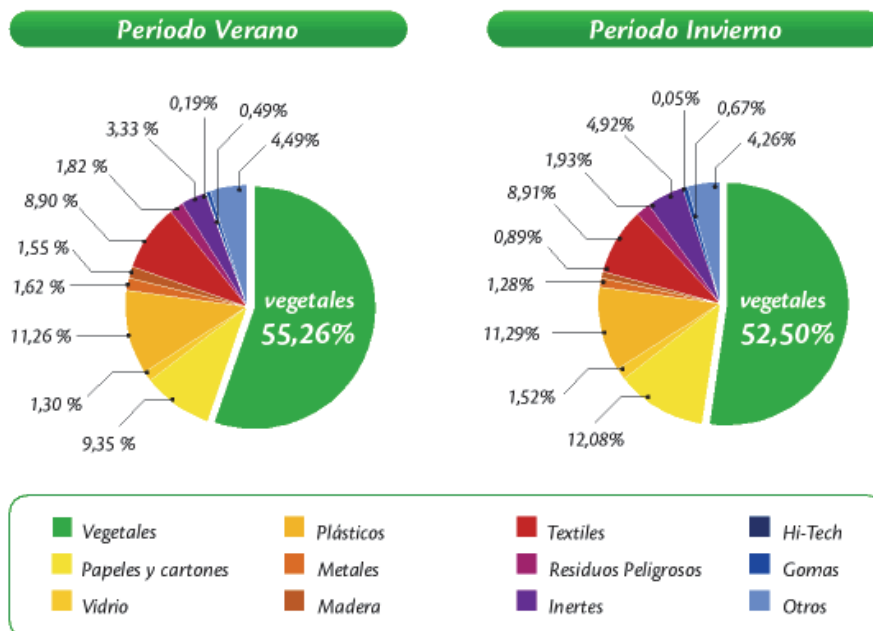
El programa se basa en incorporar, en los distintos grupos sociales de la comuna, adecuados hábitos de manejo de sus residuos. Para esto, los vecinos deben:

- Separar los residuos vegetales en el recipiente especial que se les facilita, y entregarlos al camión recolector exclusivo para vegetales.
- Los papeles, cartones y metales entregarlos a los cartoneros o chatarreros que pasan junto al camión recolector.
- Los vidrios, las botellas plásticas y envases de tetrapack llevarlos a los Puntos Verdes ubicados para ellos en la comuna.

El Programa de Separación en Origen se ha iniciado con los residuos vegetales, que corresponde a la mayor porción (más del 50%, véase el gráfico A.1) del total, siendo ésta la que “ensucia” las demás fracciones (plásticos, vidrio, metal y papel, etc.), dificultando sus procesos de separación, acumulación y tratamiento. Con esto se logra reducir el volumen total de residuos y por ende generar ahorros en disposición final, lo que libera recursos para inversión local.

¿Qué se hace con los residuos orgánicos?

Gráfico A.1
Caracterización de residuos de la comuna de La Pintana



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana [En línea: <http://www.digap.cl/>] [Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2012].

Imagen A.9
Iniciativa de separación de residuos orgánicos



Fuente: Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana [En línea: <http://www.digap.cl/>] [Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2012].

Anexo 3

Tecnologías para recogida selectiva⁴³

Las nuevas tecnologías para la recogida selectiva, buscan facilitar al usuario la clasificación del residuo a través de colores identificativos, textos sencillos y formas amables que motiven al ciudadano a colaborar con el medio ambiente.

Si bien todos los sistemas buscan el mismo objetivo, facilitar la clasificación del residuo, existen diferentes opciones dependiendo de la capacidad de almacenamiento, número de viviendas a las que se da servicio, estética, compatibilidad con camión de recogida empleado, entre otros.



1. Contenedores de baja capacidad (recogida manual)

Existen diferentes soluciones y sistemas para dar servicio a la recogida selectiva en contenedores de baja capacidad, desde papeleras a contenedores tradicionales de carga trasera coloreados (estos últimos son los más extendidos).

La elección de los mismos será tomada en cuenta en base a las necesidades de la ubicación, precio y tipo de camión recolector.

Imagen A.10
Contenedores de baja capacidad (recogida manual)



Fuente: Catálogo de productos Formato Verde [En línea: <http://www.formatoverde.es/es-ES/empresa.aspx>] [Fecha de consulta: 09-12-12].

⁴³ Toda esta información fue proporcionada por la empresa FORMATO VERDE, la cual desarrolla su actividad en el sector de equipamiento destinado a la recogida de residuos desde el año 2001. Como empresa medioambiental, contribuye a mejorar la gestión que nuestra sociedad hace de sus residuos, aportando soluciones tecnológicas innovadoras, que proporcionan herramientas para optimizar las posibilidades de recogida selectiva [en línea: <http://www.formatoverde.es/es-ES/empresa.aspx>] [Fecha de consulta: 09-12-12].

2 Contenedores de gran capacidad (recogida automatizada)

Los contenedores de Carga Lateral son un sistema novedoso que permite ser vaciado de forma automática por el Camión Recolector de Carga Lateral.

La principal ventaja de este sistema es la gran capacidad de cada contenedor (3.200lts.), el ahorro de los costes de personal, puesto que tan solo es necesario el conductor para efectuar todo el proceso de vaciado y la rapidez del proceso, pues demora menos de un minuto el vaciado de cada contenedor.

Imagen A.11
Contenedores de gran capacidad (recogida automatizada)



Fuente: Catálogo de productos Formato Verde [En línea: <http://www.formatoverde.es/es-ES/empresa.aspx>] [Fecha de consulta: 09-12-12].

Imagen A.12
Opciones para la satisfacción de las necesidades de los usuarios



Pedal

Placa de residuo en Braile

Acceso a minusválidos

Fuente: Elaboración propia.

Por último, añadir que, además de concienciarnos del cuidado del medio ambiente y la clasificación de desechos, este tipo de depósitos nos conciencia acerca de las dificultades que muchos ciudadanos tienen que superar a diario, haciendo que sus limitaciones no les impidan ser partícipes en el proceso de la selección de deshechos.

3 Contenedores soterrados

Los contenedores soterrados están destinados a la recogida de residuos sólidos urbanos. La basura queda bajo tierra, enterrando el contenedor que tradicionalmente estaba a la vista, quedando este oculto

bajo una tapa con el mismo acabado que la acera. El sistema consiste en una serie de plataformas elevadoras, con tapa pavimentada, en foso de hormigón, quedando a la vista tan solo el buzón de depósito, manteniendo un aspecto agradable, discreto e integrado con el espacio que lo rodea.

Imagen A.13
Contenedores soterrados (foto montaje)



Fuente: Elaboración propia.

Ventajas contenedores soterrados

- Ocultan la basura: Eliminan el impacto estético que genera la basura en la calle. Ocultan los contenedores que se encuentran en superficie, consiguiendo espacios diáfanos y transitables.
- Mejoran la higiene: impiden el acceso a la basura a personas no autorizadas y que los animales la esparzan.
- Reducen los malos olores: la basura queda bajo suelo, cubierta con una tapa con cierre de goma lo que reduce los malos olores que salen a la superficie.
- Dignifican el entorno: pudiéndose recuperar para otros usos acordes al centro de una ciudad, restaurantes, plazas, terrazas; además de minimizar el mobiliario urbano visible.
- Fomentan la recogida selectiva: por el impacto que causa su instalación, y la facilidad de acceso y uso.
- Mejoran la accesibilidad: facilitan al ciudadano el depósito de su basura. Es accesible para cualquier usuario: niños, mayores, discapacitados.

Imagane A.14
Contenedores soterrados



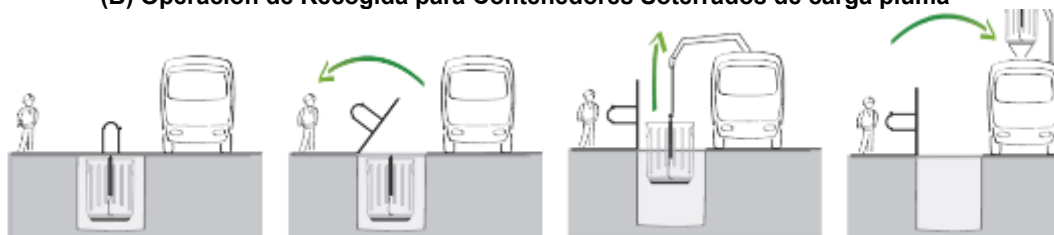
Fuente: Elaboración propia.

Formas de vaciado de los contenedores soterrados

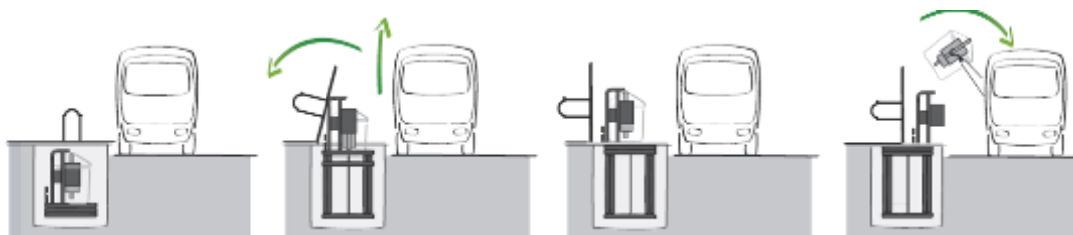
(A) Operación de recogida para contenedores soterrados de carga trasera



(B) Operación de Recogida para Contenedores Soterrados de carga pluma



(C) Operación de recogida para Contenedores Soterrados de carga lateral



4 Contenedores con compactacion (versiones eléctrica y solar)

El Autocompactor es un sistema avanzado con gran capacidad para recogida y almacenamiento de residuos, ya que con su sistema hidráulico con compactación es capaz de multiplicar por tres su capacidad (en su versión eléctrica, o 2 en su versión solar), pasando de los 20m³ a 40 o 60m³ equivalentes (40 o 60 contenedores de 1.000l).

En su versión SOLAR, cuenta con un funcionamiento totalmente autónomo, sin necesidad de conexión eléctrica, gracias a la incorporación de placas solares en el techo, y un sistema de baterías. A diferencia de otros sistemas con compactación está enfocado al uso por parte del ciudadano, aunque no descuida la aplicación industrial. Este enfoque ciudadano se hace patente en las mejoras funcionales que incorpora, con tambor de deposición de residuos con apertura y cierre automáticos mediante botón, leds indicativos de estado.

Contribuye a la reducción de costes de recogida, un solo contenedor solar de compactación equivale a más de 40 contenedores de mil litros, y se recoge en una sola maniobra.

Imagen A.15
Contenedores con compactación (versiones eléctrica y solar)



Fuente: Elaboración propia.

Ventajas contenedores con compactación

- Reducción de costes de recogida: La gran capacidad de almacenamiento del equipo permite reducir la frecuencia de recogida
- Reducción de ruidos: al reducirse el número de operaciones
- Agilización del tráfico: Menor impacto sobre el tráfico de los camiones de recogida
- Reducción de puntos a mantener y limpiar

5 Contenedores soterrados con compactación

El sistema soterrado con Compactación es un sistema avanzado que auna las ventajas de los contenedores soterrados con la de los contenedores con compactación.

Con gran capacidad para recogida y almacenamiento de residuos, ya que con su sistema hidráulico con compactación es capaz de multiplicar por tres su capacidad, pasando de los 20m³ a 60m³ equivalentes (60 contenedores de 1.000l). Está concebido para dar servicio a zonas con gran producción de residuos y en especial a centros comerciales, hospitales, mercados, plazas, puertos, etc. El sistema se instala bajo tierra, en una cámara de hormigón a medida, oculto bajo la tapa pavimentable que conforma la acera. El resultado final es impecable, únicamente permanece visible el buzón de vertido

Imagen A.16
Contenedores soterrados con compactación



Fuente: Elaboración propia.

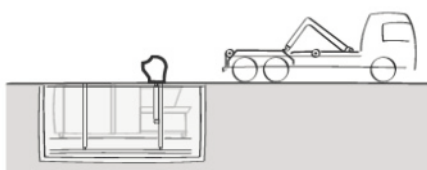
Ventajas

La suma de contenedores soterrados más contenedores con compactación

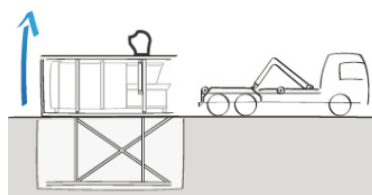


Formas de vaciado

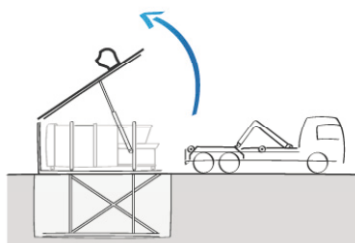
Operación de recogida de contenedores soterrados de compactación



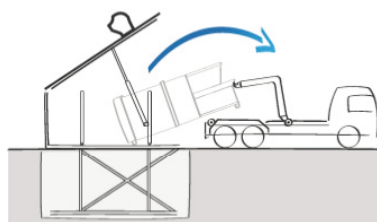
Aproximación y comprobación visual



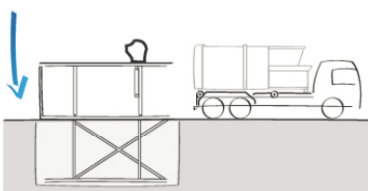
Elevación de la plataforma mediante mando a distancia



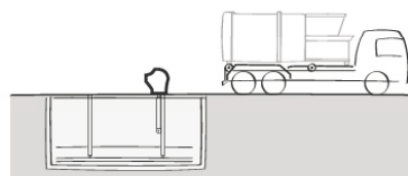
Apertura de la tapa secuenciada



Elevación convencional del autocompactor a distancia



Cierre de la tapa y descenso de la plataforma mediante mando



Transporte, vaciado y limpieza del autocompactor

Anexo 4

Formularios⁴⁴

Formulario 1: Registro semanal de mano de obra nombre del supervisor

lugar:

fecha: firma:

	día 1		día 2		día 3		día 4		día 5		día 6		día 7			
Identificación del empleado	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Tarea	Hrs.	Totales individuales	Asentar causas de ausencias, hrs. extras a pagar, etc.
Totales	x		x		x		x		x		x		x			xxxxx

instrucciones: El supervisor debe llenar este formulario diariamente. Listar todos los empleados por separado, incluyendo ayuda temporaria. "Hs." significa las hs trabajadas diariamente. "Tarea" significa la descripción del trabajo. *Al finalizar cada semana, enviar una copia a la oficina de Personal y retener el original para uso futuro. *CT = conductor tractor (la actividad del tractor puede subdividirse: desparramar y compactar basura = DCB y operación de recubrimiento = CTR) EP= encargado de pesaje; ME= mantenimiento de equipos; MC= mantenimiento de edificios; CC= conductor de camión de recolección; C= recolector.

Formulario 2: informe diario de las actividades de disposición

Nombre del supervisor: _____

firma: _____

fecha: _____

Identificación Camión	Hora	Origen de los residuos	N° Ruta de recolección	Volumen o peso de entrada	Peso de salida	Cantidad recibida
						Basura
Totales	X	X	X	X	X	

^a Origen: R=Residencial; I= Industrial; C=Comercial

Utilización de equipos de rellenamiento

Identificación Equipo	Horas de uso	Horas parado	Gastos varios	Observaciones (anotar tipo de gasto, problemas con los equipos y otros datos de importancia.

Instrucciones: Este formulario debe ser llenado en el terreno por el operador de la balanza. La parte inferior del formulario se llenará solamente al completar la última hoja usada cada día.

⁴⁴ Estos formularios son sólo referenciales, y pueden ser modificados y/o adoptados de acuerdo a la situación regional y/o local. Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1999c.

Formulario 3: parte diario de recolección

[illegible]

Instrucciones: el conductor debe llenar este formulario cada día. el "Horario de Salida" y "Kilometraje de Salida" deben anotarse cuando el camión sale del garaje a la mañana. "Horario de Llegada" y "Kilometraje de Llegada" se llenarán al final del día cuando el camión está de vuelta en el garaje. Cuando el camión llega a la primera ruta, se anota la hora en la columna "Hora iniciación" y el número de ruta en el casillero respectivo. Cuando el camión está lleno o se deja la ruta por cualquier otra razón, se anota la hora en "Hora Terminación". Al volver a la misma ruta, o a otra ruta (después de un viaje de rellanamiento), se anota la siguiente "Hora de Iniciación". En el lugar de rellanamiento se anota el peso neto de basura recolectada. Los accidentes, lesiones o cualquier falla de funcionamiento de los equipos, deberán ser anotados en los casilleros de la derecha y deberá darse una explicación detallada en la casilla "Observaciones".

Formulario 4: Registro de reparaciones y mantenimiento

Identificación del vehículo:				período:	desde:	hasta:			
Fecha	Kilometraje	Tipo de servicio o reparación	Horas parado	Mano de obra / Hs.	Descripción de repuestos	Costo de mano de obra	Costo de repuestos	Costos extras	Costo total

Totales

Formulario 5: Inventario de equipos e instalaciones

Fecha:.....

Para uso de Contaduría solamente

Tipo	N* Identificación	Capacidad m3	Modelo Año	Fabricante	Fecha de compra	Precio de compra	Vida Útil estimada	Valor recuperable	Amortización Anual	Amortización Mensual
------	-------------------	--------------	------------	------------	-----------------	------------------	--------------------	-------------------	--------------------	----------------------

Totales

Instalaciones	Descripción	Fecha puesta en uso	Costo Nuevo	Vida útil estimada	Otros comentarios	Amortización Anual	Amortización Mensual
Terreno							
Edificios							
Garages							
Caminos							
Iluminación							
Cercos							
Estudios de Terreno							
Otros							
Totales							

Formulario 6: resumen de operaciones
PERÍODO: desde..... hasta.....

	ITEM	Costo o cantidad durante el período	% de variación respecto al presupuesto	Último período	% de variación Año anterior. Mismo periodo
Totales	Tonelaje Total				
	Costo Total				
	Costo Total por Tonelada				
	Costo Mano de obra por Tonelada				
	Costo Operativo Equipos por Tonelada				
	Costo Gastos Generales por Tonelada				
	Cantidad de Accidentes				
Centro de costos "recolección"	Costo por Tonelada				
	Tonelada por horas directas trabajadas				
	Costo Operación Equipos por tonelada				
	Kilometraje promedio por hora				
	Tonelada por viaje de al relleno				
	% Tiempo con Equipo improductivo				

Formulario 7: Resumen total de costos e ingresos distrito:

Período: desde: hasta:

Item	Durante este período	Presupuesto de este período	Año hasta la fecha	Presupuesto año hasta la fecha
Toneladas de basura recolectadas y enterradas				
Costo Operativo Total				
Costo Total Financiero y de Propiedad				
Costo Total				
Total Ingresos (*)				
Diferencia (ganancia o pérdida) (Superávit o Déficit)				
Costo Total por Tonelada				
Ingreso Neto por Tonelada				
Diferencia por tonelada (ganancia o pérdida) (Superávit o déficit)				

(*) Los ingresos Totales por recolección y disposición deberán incluir los cargos al usuario por recolección domiciliaria, comercial e industrial al igual que por disposición final, los que pueden determinarse por separado o también ser la parte que se adjudica a este servicio de limpieza de la tasa que pagan los usuarios en concepto de alumbrado, barrido y limpieza.

Anexo 5

Reciclaje en el punto limpio⁴⁵ comuna de vitacura, Santiago de Chile

La comuna de Vitacura está conformada por 28,9 kilómetros cuadrados, cortada por el río Mapocho al noreste de Santiago. El río Mapocho cuenta con una extensión de 10 kilómetros lineales, cuyo nombre significa “río de los mapuches” o “río de la gente de la tierra”. Tiene una zona plana y otra montañosa, con el cerro Manquehue (su nombre proviene del mapuche y significa “lugar de cóndores”) de 1.638 metros de alto; El Carbón, Manquehue Chico y Lo Alvarado. Además, están la loma Espino y el cerro Pirámide. Vitacura limita con las comunas de Las Condes, Lo Barnechea, Providencia y Huechuraba.

Imagen A.17

Ubicación de la comuna de Vitacura en la Región Metropolitana de Santiago de Chile



Fuente: Elaboración propia

⁴⁵ El contenido descrito ha sido obtenido de la página web oficial de la Ilustre Municipalidad de Vitacura [En Línea: www.vitacura.cl], así mismo el documento de información general ha sido facilitado por cortesía del Departamento de Aseo y Ornato, realizado en diciembre del 2011.

Datos relevantes sobre la comuna de vitacura

Nombre:	→	Vitacura
Áreas Verdes:	→	760.528 m2
Nombre de la Provincia:	→	Santiago
Nombre de la Región:	→	Metropolitana
Cantidad de Habitantes:	→	81.499
Cantidad de Viviendas:	→	23.878
Cantidad de Casas:	→	13.373
Cantidad de Departamentos en Edificios:	→	10.368

Descripción del Punto Limpio

El Punto Limpio es un recinto de la Municipalidad de Vitacura construido en el área verde ubicada en un lugar estratégico para facilitar el acceso de los vecinos de la comuna. Su objetivo es que la comunidad concurra al lugar y deposite los residuos domiciliarios reciclables.

La idea del Punto limpio, nace en el año 1996, como parte del Programa Comunal de Reciclaje, para dar opción a aquellas viviendas en que no hay moradores al momento del retiro de Reciclables por el camión recolector del programa de Reciclaje Casa a Casa.

Para el desarrollo del proyecto de Punto Limpio, se tomaron proyectos ejecutados en España, Francia y Alemania, adaptándolo a la realidad de la comuna en cuanto a espacio y diseño.

Algunas otras razones por la cual se implementó el punto limpio en la comuna, son:

- Se ha implementado el punto limpio, como iniciativa para que todos los vecinos de la Comuna puedan ir a depositar allí sus elementos reciclables como: papeles y cartones; botellas de plástico; envases de plástico y vidrio; latas de aluminio y envases de tetrapack, los cuales se encuentran asociados a instituciones de beneficencia a fin de colaborar en el financiamiento de sus actividades.
- Recolección de elementos peligrosos para el medio ambiente, tales como pilas o medicamentos etc.
- Como una forma de colaborar con los vecinos se les permite ir a depositar restos de escombros que no retira el camión recolector, en una cantidad de 1m³ o su equivalente de 5 sacos.
- Charlas informativas sobre Medio Ambiente, a colegios o instituciones.
- Reciclaje casa a casa con entrega de bolsa para su acopio

El punto limpio cuenta con seis (06) contenedores subterráneos, en los cuales se recicla: papel, latas de aluminio, envases de plástico, botellas plásticas, envases de vidrio y tetrapack (véase figura siguiente).

Imagen A.18
Ingreso al punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

Imagen A.19
Contenedores subterráneos en punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

Así mismo, el Punto Limpio cuenta con seis (06) contenedores de superficie, donde se reciclan escombros, electrodomésticos, pantallas y monitores, textiles, botellas plásticas y chatarra.

Imagen A.20
Contenedores de superficie en punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

Además, se cuenta con tres (03) contenedores de superficie pequeños, donde se recicla: cartidges y tóners, medicamentos vencidos y pilas.

Imagen A.21
Contenedores de superficie pequeños



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

En las instalaciones del punto limpio también se encuentra un edificio administrativo, el cual cuenta con un vacunatorio para mascotas, dos (02) salas educativas, una (01) sala de reuniones, una (01) oficina administrativa, bodega, baños públicos y baño personal.

Imagen A.22
Edificio administrativo del punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

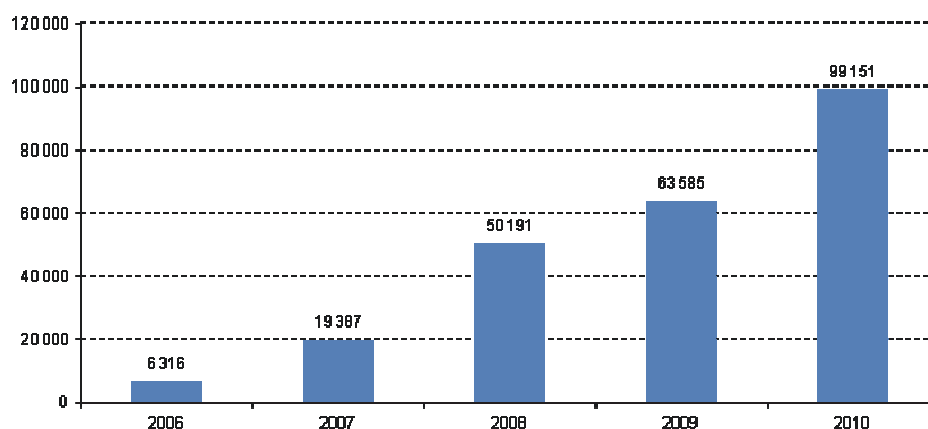
Algunas cifras

El presupuesto para el mantenimiento en el punto limpio es distribuido de la siguiente manera:

Ítem	Porcentaje
Personal	90,2
Electricidad	5,1
Agua	0,4
Teléfono	1,9
Insumos de aseo	2,4
Total	100%

El flujo vehicular de ingreso al punto limpio ha aumentado en los últimos años, lo cual está íntimamente ligado al aumento de la cantidad de residuos para reciclaje.

Gráfico A.2
Total de vehículos ingresados al punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

Cuadro A.1
Cantidad de materiales reciclados en el punto limpio

Materias (En kilos)	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio 2006-2010	1er semestre 2011
Papeles y cartón	24 360	182 300	388 544	471 598	822 973	377 955	780 968
Latas de aluminio	193	620	4 279	5 083	10 429	4 121	6 402
Botellas plásticas	5 360	12 650	17 985	24 792	29 051	18 022	22 277
Envases de vidrio	48 440	92 550	220 128	262 378	367 712	198 242	192 472
Envases de tetra pak	960	1 660	18 441	31 546	33 152	17 152	19 261
Electrodomésticos	10 800	30 130	57 050	101 080	148 310	69 474	86 490
Monitores computadores	3 290	9 990	14 170	36 286	94 520	31 651	41 280
Metal y chatarra	15 750	39 980	75 290	106 630	129 330	73 396	108 800
Pilas	1 370	440	4 500	6 594	5 480	3 677	6 800
Medicamentos vencidos	2 700	375	1 536	3 520	1 923	2 011	1 218
Escombros (kg)	453 000	818 000	804 000	848 000	1 789 000	942 400	1 285 000
Total Kg	568 499	1 190 702	1 607 931	1 899 516	3 433 890	1 738 100	2 550 968
Toner (en unidades)	-----	1 745	1 547	1 226	11 658		2 871
Telas y ropa (en M ²)	57	90	185	432	480		220

Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

La educación ambiental también juega un papel importante para que la comunidad pueda contribuir en la promoción de prácticas sustentables, como lo es el reciclaje. Por tal motivo, se muestra el número de charlas impartidas en el punto limpio para instituciones educativas (véase cuadro siguiente).

Imagen A.23
Actividades de charla para instituciones educativas en el punto limpio



Fuente: Cortesía de Departamento de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Vitacura.

Cuadro A.2
Charlas de reciclaje impartidas en punto limpio

Charlas punto limpio	años			***	Totales
	2008	2009	2010	2011	
				Charlas	Total
Número de charlas	66	51	54	68	239
Personal asistente a charlas					Total
Número de personal adulto a cargo	199	230	153	232	814
Número de estudiantes	1453	1384	2131	1351	6319
Total	1652	1614	2284	1583	7133
Cursos y nivel de educacion estudiantes asistentes					Total
N° cursos de pre-basica	25	15	0	23	63 (35%)
N° cursos de basica	22	14	17	15	68 (38%)
N° cursos de instituciones superior/ens. media	10	9	0	1	20
Profesionales/ ejecutivos adultos	4	9	0	2	15
Especiales (déficit parcial)	5	5	0	0	10
Otros (grupo ecologista)	0	1	1	2	4

Anexo 6

Relleno sanitario Loma Los Colorados⁴⁶, Santiago de Chile

El Relleno Sanitario Loma Los Colorados está emplazado en la comuna de Tiltil, en la Región Metropolitana de Santiago, en un predio de 800 hectáreas que es propiedad de la empresa KDM Tratamiento. De esta superficie, 240 hectáreas están destinadas a la disposición final de residuos sólidos urbanos, mientras que 80 hectáreas son usadas para infraestructura de apoyo a la operación del relleno, como oficinas, talleres, plantas de tratamiento de lixiviados, planta de biogás y motores de generación eléctrica.

La construcción y operación del relleno se realiza sobre fases de aproximadamente 5 a 6 hectáreas cada una, las que una vez llenadas con residuos son cerradas y reforestadas, devolviendo al entorno una nueva colina, de manera de minimizar el impacto ambiental. La topografía del relleno se va construyendo basada en el concepto de reinserción al medio natural. Es así como las pendientes son variables y la base tiene la menor cantidad de líneas rectas, a fin de que el conjunto forme parte del paisaje de la zona.

Imagen A.24
Relleno sanitario Loma Los Colorados



Fuente: Archivo fotográfico KDM Empresas.

El diseño del sello de fondo y sistema de recolección de líquidos percolados fue realizado por KDM con la asistencia de expertos norteamericanos. Los parámetros de diseño fueron cuidadosamente estudiados a fin de dar óptimas condiciones de servicio por lo menos durante 100 años y, de esta manera, asegurar la protección del ambiente en cada uno de sus recursos (aire, agua, suelo y paisaje) hasta concluida la etapa de post cierre (20 años después de terminada la vida útil).

El Relleno Sanitario Loma Los Colorados posee una capacidad global de 100 millones de toneladas, con una base de 240 hectáreas y una altura máxima de 150 m, lo que asegura una vida útil mínima de 60 años, considerando sólo la producción de residuos de los municipios contratantes.

Los altos estándares de calidad en los sistemas de sello basal, control y manejo de lixiviados, control y manejo del biogás, plan de cierre progresivos, diseños topográficos, planes de explotación o

⁴⁶ Fuente: KDM Empresas, cortesía Arturo Arias, Martine Oddou y Mario Parada.

llenado del relleno y planes de excavación progresivos, son algunos de los argumentos que han puesto a KDM en el sitio que hoy tiene, como la empresa de ingeniería ambiental más sólida del país.

Hoy, el Relleno Sanitario Loma Los Colorados recibe residuos de 23 municipios de las regiones Metropolitana y de Valparaíso, con una población atendida estimada en 2.900.000 habitantes. Estos municipios son: Cerro Navia, Colina, Conchalí, Curacaví, Huechuraba, Independencia, La Cisterna, La Reina, Lampa, Las Condes, Lo Barnechea, Lo Prado, Maipú, Ñuñoa, Providencia, Pudahuel, Quilicura, Quinta Normal, Recoleta, Renca, San Miguel, Santiago y Vitacura.

El Relleno Sanitario Loma Los Colorados es operado por KDM Tratamiento, filial del Grupo Urbaser Danner, conglomerado líder en servicios ambientales formado por Urbaser y The Danner Company. En Chile, además de KDM Tratamiento, el holding es propietario de las empresas Starco Demarco, KDM Energía, KDM Industrial y la OTEC Imagina.

Estación de Transferencia Quilicura

Los residuos sólidos domiciliarios llegan, en una primera etapa, a la Estación de Transferencia de Quilicura, situada a 63 kilómetros al sur del relleno sanitario, en el límite urbano de la ciudad de Santiago. Diseñada con tecnología holandesa y por ingenieros chilenos, es la más grande del mundo en su naturaleza. Emplazada en un terreno de 4 hectáreas, por ella pasan, diariamente, más de 800 camiones recolectores, con aproximadamente 5.500 toneladas por día.

En la estación de transferencia los residuos son depositados inmediatamente en contenedores herméticos, previo registro en un sistema computacional de los camiones y sus datos relevantes. La planta cuenta con 14 posiciones de descarga para la transferencia de los residuos desde los vehículos de recolección a los silos de acero en que luego serán transportados por vía ferroviaria al relleno sanitario.

Imagen A.25

Estación de transferencia del relleno sanitario Loma Los Colorados



Fuente: Archivo fotográfico KDM Empresas.

Al momento de la descarga en los silos, los residuos son compactados a fin de optimizar el volumen transportado. Cada posición tiene en su parte más alta una báscula estática, de esta manera se obtiene un máximo aprovechamiento del volumen disponible del contenedor, cuya capacidad unitaria es de 49 metros cúbicos.

Transporte ferroviario

Posteriormente, estos contenedores son cerrados herméticamente, para evitar filtraciones de los líquidos que quedan en su interior, y transferidos al tren que los trasladará al relleno sanitario. Cada día, en promedio, se despachan ocho trenes, que cargan 27 silos cada uno, con destino a Loma Los Colorados en Tiltil.

Esta operación ha permitido eliminar los riesgos de contaminación inherente al traslado de los residuos en camión; reducir los costos de transporte, y mantener un flujo constante de residuos hacia el destino final de disposición.

La Estación de Transferencia y el Relleno Sanitario tienen tres turnos de operación, los cuales dan servicio 24 horas al día.

Imagen A.26
Transporte ferroviario de residuos sólidos desde la estación de transferencia al relleno sanitario



Fuente: Archivo fotográfico KDM Empresas.

Control y aprovechamiento del biogás

El diseño del control y aprovechamiento del biogás fue realizado por ingenieros de KDM con la asistencia de expertos norteamericanos. El biogás generado es captado mediante una Red de Captación, inserta en la masa de residuos del relleno, y conducido a una Estación de Termodegradación, donde es quemado (abatido).

El sistema entró en operaciones en marzo de 2007. A la fecha, cuenta con más de 280 puntos de extracción de biogás (pozos y punteras), de entre 12 y 50 metros de profundidad, conectados a una red de captación formada por tuberías de diferentes diámetros, lo que le permite recoger y termodegradar más de 9.000 metros cúbicos de biogás por hora.

El proyecto contempla un registro continuo del caudal de biogás termodegradado en calidad, temperatura y presión, en su paso con destino a los quemadores. Además, contempla la implementación de un sistema de alerta remota, orientado a controlar niveles de metano y oxígeno.

Actualmente, la planta cuenta con dos antorchas con capacidades de quema de 5.000 m³/h. Sus componentes operativos y de seguridad avalan una operación continua. Las emisiones de la planta, tales como PM, CO, COV, CxHy, NOx, entre otros gases de escape, son monitoreadas trimestralmente.

El actual sistema está certificado para el cumplimiento de todas las normas que regulan el Protocolo de Kioto para el abatimiento de gases de efecto invernadero, por efecto de la eliminación del metano (CH₄) contenido en el biogás del relleno sanitario.

Generación eléctrica

A partir del biogás generado en el relleno sanitario, KDM evaluó y puso en marcha un innovador proyecto para el desarrollo de energías renovables no convencionales (ERNC). Así nació, en 2009, la Central Lomas Los Colorados que hoy cuenta capacidad instalada de 17,5 MW de potencia eléctrica, lo que equivale a un aporte anual de 120.000 MWh al Sistema Interconectado central (SIC). De esta forma, se aprovecha el biogás para generar energía limpia, en lugar de ser abatido en su totalidad.

Operada por KDM Energía S.A., también filial del Grupo Urbaser Danner, la central irá aumentando progresivamente su capacidad hasta alcanzar los 33 MW en el año 2025. Además, está desarrollando iniciativas similares de generación eléctrica a partir de biogás en los rellenos sanitarios de

Teno y Talca, en la Región del Maule, y tiene proyectos para centrales hidroeléctricas de pasada, de energía fotovoltaica y termosolar aplicada a la industria minera.

De esta forma, KDM Energía S.A. es una compañía pionera en el desarrollo de energías renovables no convencionales (ERNC).

Imagen A.27
Motores de generación eléctrica



Fuente: Archivo fotográfico KDM Empresas.

Servicios de recolección

A través de sus empresas Starco y Demarco, el Grupo Urbaser Danner presta servicios de recolección domiciliaria, limpieza urbana y aseo industrial a municipios y comercio.

Actualmente, los servicios municipales de Starco y Demarco contribuyen a mejorar la calidad de vida de los habitantes de 30 comunas en las regiones de Antofagasta, Coquimbo, Metropolitana, del Libertador Bernardo O'Higgins, Maule y del Biobío. De igual modo, sus servicios comerciales atienden clientes privados de diversos rubros, como el retail, establecimiento de salud y organismos públicos.

Planta de reciclaje

Al interior del Relleno Sanitario Loma Los Colorados funciona, desde 2011, una planta de reciclaje, que combina selección manual y automatizada, en la cual se recuperan alrededor de 9 toneladas diarias de residuos reciclables, como papeles y cartones, plástico PET, vidrio y aluminio. Dichos materiales son enfardados y comercializados como materia prima para procesos industriales.

Instalada en un galpón de 2.000 metros cuadrados, la planta contempla un uso intensivo de mano de obra, principalmente en la etapa de recuperación manual de materiales reciclables, dando trabajo directo a 68 personas.

Anexo 7⁴⁷

Experiencia sobre reinserción de áreas utilizadas como sitios de disposición final de residuos sólidos: Ex vertedero La Feria, Santiago de Chile

El ex vertedero de La Feria es uno de los mejores ejemplos de sellado y reinserción de grandes sitios de disposición final de residuos sólidos abandonados en Chile. Este sitio de disposición final recibió la mayoría del vertido de los residuos sólidos de la ciudad de Santiago y estuvo activo entre abril de 1977 y agosto de 1984 (Bitrán & Asociados, 2003; GRS de la PUCV⁴⁸).

El área, primitivamente, era un pozo de explotación de áridos, de unas 30 ha aproximadamente y que presentaba una profundidad media del orden de los 20 m (véase imagen 28).

El vertedero se proyectó disponiendo capas de basura de 3,5 m de altura, compactadas con maquinaria pesada y cubiertas finalmente con 20-30 cm de tierra y escombros de otras partes de Santiago (véase imagen 28).

La napa subterránea se encontraba protegida de los líquidos percolados con una capa subterránea de arcilla en el fondo de aproximadamente tres m de espesor.

Durante su vida útil el relleno recibió cerca de 2.300 toneladas diarias, llegándose al momento de su clausura (en 1984) a acumular una cantidad de 3,9 millones de toneladas de residuos sólidos.

Desde su clausura hasta el año 1993, el vertedero, en situación de abandono, se constituyó en una zona ubicada en el centro de un área poblacional, generando un impacto negativo, debido principalmente a su condición de lugar clandestino de acopio de residuos, foco de insalubridad y centro de acciones delictuales.

Imagen A.28
Pozo extracción de áridos La Feria, 1971



Fuente: GRS de la PUCV (Grupo de residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso), 1971.

⁴⁷ Anexo en base a Rondón y Szantó, 2012.

⁴⁸ Grupo de residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso [en línea] <<http://icc.ucv.cl/fondef/fondefescuela/feria1.htm>>.

Imagen A.29
Relleno Sanitario La Feria, 1980



Fuente: GRS de la PUCV (Grupo de residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso), 1980.

1. Proyecto de recuperación del ex vertedero La Feria

Así como se describió en los antecedentes, el antiguo vertedero La Feria, es un buen ejemplo de cierre, sellado y reinserción de grandes rellenos sanitarios abandonados o que han cumplido su vida útil en la Región Metropolitana de Chile.

El Ministerio de la Vivienda desarrolló a partir de 1993, el proyecto de cierre, sellado y reinserción a parque. El proyecto concluyó su primera etapa, dando paso a un gran parque de 11,7 hectáreas. Además, se construyó sobre el vertedero una conexión vial de suma importancia.

En el proyecto de recuperación del ex vertedero La Feria participó activamente la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). En la investigación desarrollada se analizaron y evaluaron los diferentes parámetros que intervenían en el destino final que se definió para el área. En base a los resultados obtenidos se plantearon recomendaciones constructivas para el diseño más eficiente del parque y zona de atracción en el ex vertedero La Feria. El proyecto de reinserción se ejecutó entre 1993 y 1997, en donde se reforestó el sector a través del programa de forestación urbana del Ministerio de Vivienda (SERVIU Región Metropolitana).

Las etapas involucradas en la recuperación del relleno fueron la remoción de capas de tierra, tareas ejecutadas con el fin de obtener un ordenamiento de los residuos inherentes, y cobertura no uniforme de aproximadamente 1 metro de espesor (véase la imagen A.30).

Imagen A.30
Sellado del ex relleno sanitario La Feria, 1993



Fuente: GRS de la PUCV (Grupo de residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso), 1993.

Adicionalmente se contempló un diseño paisajístico, un sistema de evacuación de aguas superficiales para evitar contacto con líquidos percolados, e impermeabilización del suelo con polietileno de baja densidad, además de un mecanismo de control y monitoreo constante del biogás generado en la etapa de abandono.

Asimismo, la construcción del parque se ejecutó en varias etapas debido a razones técnicas y económicas dando origen finalmente al Parque André Jarlán (véase la imagen A.31).

Imagen A.31
Rehabilitación del actual Parque André Jarlán, 1995



Fuente: GRS de la PUCV (Grupo de residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso), 1995.

En relación al comportamiento de las especies plantadas en el terreno del ex vertedero La Feria, actual Parque André Jarlán de Santiago de Chile, se ha reportado una experiencia interesante, ya que la vegetación que se presenta es de generación espontánea y no se aprecian alteraciones como cambio de color en las especies herbáceas o daños en las hojas de algunas especies arbustivas, que puedan atribuirse al aporte de lixiviados y/o a las emisiones de biogás. Así, se puede constatar, que gran parte de la vida útil de las plantas sometidas experimentalmente han tenido un buen resultado, que hoy permite mostrar un parque con vegetación arbórea y arbustiva sana sin mayor problema.

Asimismo, el parque André Jarlán mantiene, cuenta con una amplia infraestructura de servicios recreacionales para el público en general, junto a las especies vegetacionales, permitiéndole ser un lugar grato de esparcimiento.

Anexo 8⁴⁹

Experiencia sobre reinserción de áreas utilizadas como sitios de disposición final de residuos sólidos: Ex vertedero Lo Errázuriz, Santiago de Chile

Según CONAMA/PNUD (2009), el origen del vertedero Lo Errázuriz se remonta a 1952, año en que comenzó a recibir escombros y basuras provenientes de diferentes lugares del Gran Santiago.

Cabe mencionar, que en Lo Errázuriz, los trabajos de disposición de residuos sólidos domiciliarios e industriales asimilables a domiciliarios, comenzaron a realizarse en septiembre de 1984 por una empresa contratista, pero dificultades operativas originadas al interior del relleno sanitario, concurrieron al término del contrato con la empresa encargada de las obras, llevando al Consejo de Alcaldes a tomar la decisión de formar una empresa, como sociedad de responsabilidad limitada, que asumiera la construcción del proyecto.

Así, en 1986, surge la Empresa Metropolitana de Disposición y Tratamiento de residuos Ltda. (EMERES Ltda.⁵⁰), encargada del diseño, construcción y operación del proyecto de relleno sanitario y haciéndose cargo, como ente responsable de las faenas del relleno en forma definitiva en marzo de 1987.

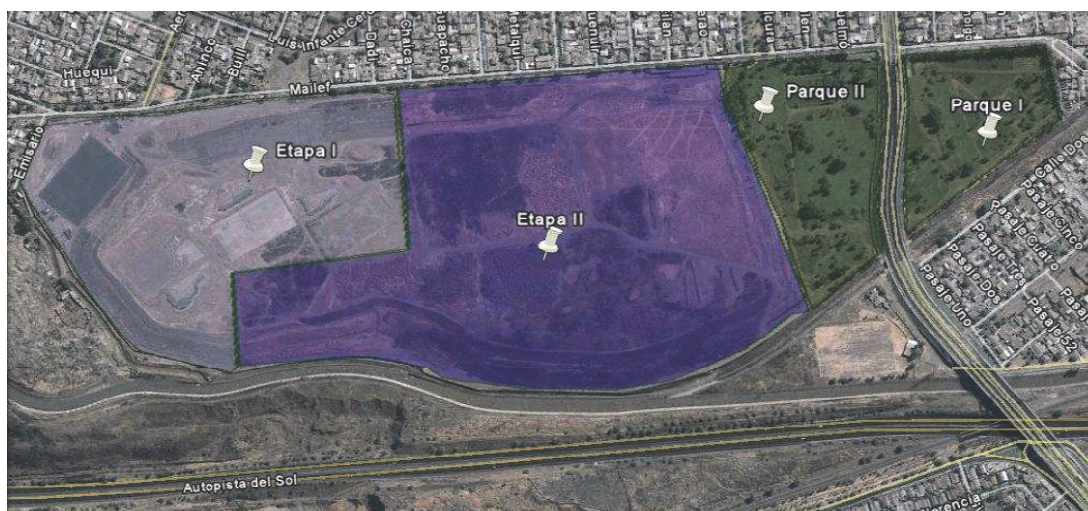
Asimismo, y según Bitrán & Asociados (2003), dentro de este nuevo escenario se implementó un proyecto de recolección y utilización de biogás a través de una compañía de gas local (GASCO). Esta explotación se llevó a cabo entre los años 1984 y 1994, momento en el que el relleno sanitario cerró sus operaciones (las operaciones del relleno finalizaron en septiembre de 1995). Además, al año siguiente, GASCO S.A. constituyó Metrogas S.A. con el objetivo de desarrollar el proyecto de distribución vía red del gas natural proveniente de Argentina en la Región Metropolitana a partir de la red de gas de ciudad, con lo que desestimó continuar con el aprovechamiento del biogás que se generaba en el relleno.

Durante su vida útil, el relleno Lo Errázuriz se convirtió en el vertedero más importante de la Región Metropolitana alcanzando a recibir el 60% de la totalidad de los desechos. Este relleno, además de los residuos domiciliarios, recibía residuos provenientes de la industria alimenticia, supermercados, aeropuerto, entre otros. El flujo de vehículos alcanzó casi 700 camiones diarios al final de su vida útil, lo cual significó que en las horas de mayor movimiento, cerca del mediodía, ingresaban cinco a seis camiones por minuto. El ingreso mensual promedio alcanzó las 90.000 toneladas (3.000 toneladas diarias).

Para tener una visión más amplia del terreno del ex vertedero Lo Errázuriz, este se encuentra subdividido en cuatro sectores (véase imagen 32). En el sector oriente (parque I) existe una superficie de aproximadamente de tres hectáreas, que en 1999 se convirtió en el Parque Lo Errázuriz, alzándose como un área verde de grandes dimensiones y de gran impacto urbano, cuya construcción se concluyó en 2001. De igual manera, se destaca la existencia de otro parque (parque II) que constituye la recuperación del primer sector del ex vertedero. En el extremo izquierdo (etapa I) aparece un sector que corresponde a 10 hectáreas (de administración municipal). En este sector se han realizado los proyectos de saneamiento para la recuperación del ex vertedero y la quema de biogás. El sector central (etapa II) corresponde a 20 hectáreas (propiedad del Gore RM) y que actualmente se encuentra sin intervención pero con la intención de desarrollar un proyecto que complemente el trabajo realizado en la etapa I.

⁴⁹ Anexo en base a Rondón y Szantó, 2012.

⁵⁰ Cabe mencionar que EMERES Ltda. gestiona y administra los residuos sólidos domiciliarios de 21 municipios de la Región Metropolitana, como: Santiago, Ñuñoa, San Miguel, La Cisterna, Providencia, La Florida, Maipú, La Granja, La Reina, San Ramón, La Pintana, Macul, Peñalolén, Estación Central, San Joaquín, El Bosque, Recoleta, Cerrillos, Independencia, Pedro Aguirre Cerda y Lo Espejo.

Imagen A.32**Principales áreas intervenidas relacionadas con el plan de cierre del ex vertedero Lo Errázuriz**

Fuente: Seremi de Medio Ambiente RM, 2011.

Descripción del plan de cierre y rehabilitación***Obras de recuperación, Etapa I***

Las obras de recuperación de la etapa I del ex vertedero Lo Errázuriz, corresponde a dos proyectos: el primero es de carácter ambiental, que se hace cargo de la gestión de gases, lixiviados, aguas lluvia y asentamientos del terreno, que fue cerrado hace más de una década, y el segundo forma parte de un proyecto mayor e integral de “Recuperación de suelos y construcción de canchas”, que desarrolla la Municipalidad de Estación Central, el cual se enmarca dentro del uso recreativo, deportivo y cultural que se contempla para el Parque Lo Errázuriz, ex Relleno Sanitario Lo Errázuriz.

Para la implementación del proyecto ambiental, se consideró la impermeabilización de la superficie de taludes equivalente a 40.000 m², la construcción de 17 pozos de extracción y sistema de conducción de biogás, la construcción de una planta de captación y preparación para la quema del biogás y las unidades posteriores para su quema (*flare*), así como el desarrollo de las obras hidráulicas necesarias para evitar la infiltración de flujos de aguas lluvias en el depósito (estas obras civiles de saneamiento se explican con más detalle en el siguiente apartado).

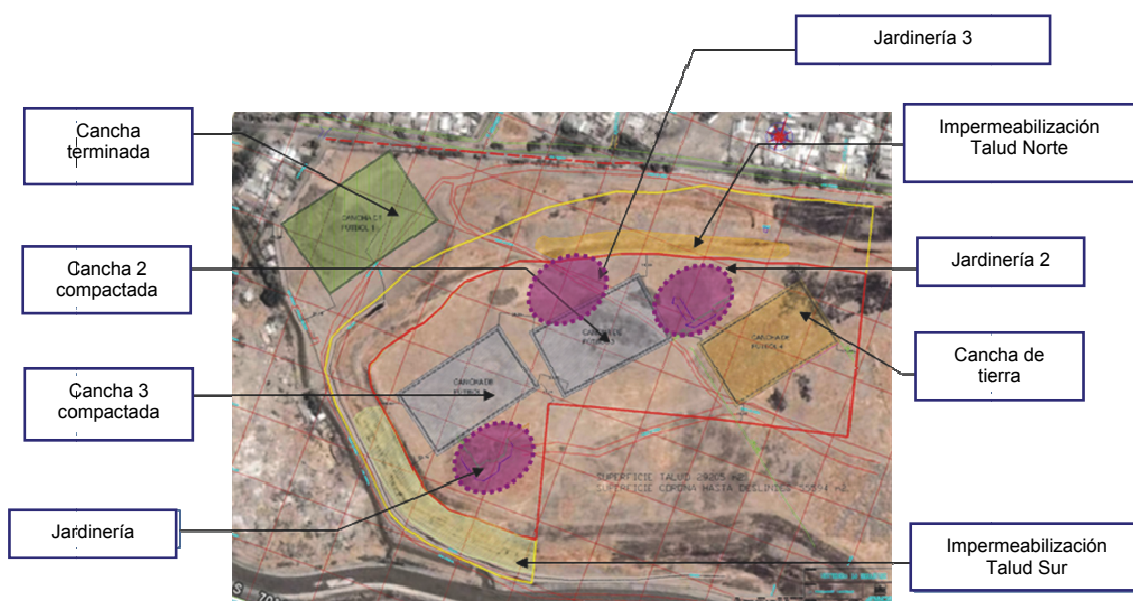
Ambos proyectos se desarrollaron en forma paralela, por varias empresas que tienen experiencia en proyectos de paisajismo y áreas verdes, las cuales, realizaron sus actividades con otras que realizaron acciones tendientes a manejar adecuadamente las variables ambientales de interés dentro del ex vertedero.

Obras civiles de saneamiento

Según el informe final de CONAMA/PNUD (2009), el proyecto de impermeabilización en las zonas de taludes en el ex vertedero, privilegió la condición de hermeticidad, para dejar como única opción de salida del biogás los pozos de drenaje construidos y evitar la infiltración de aguas lluvia a las masas de basuras.

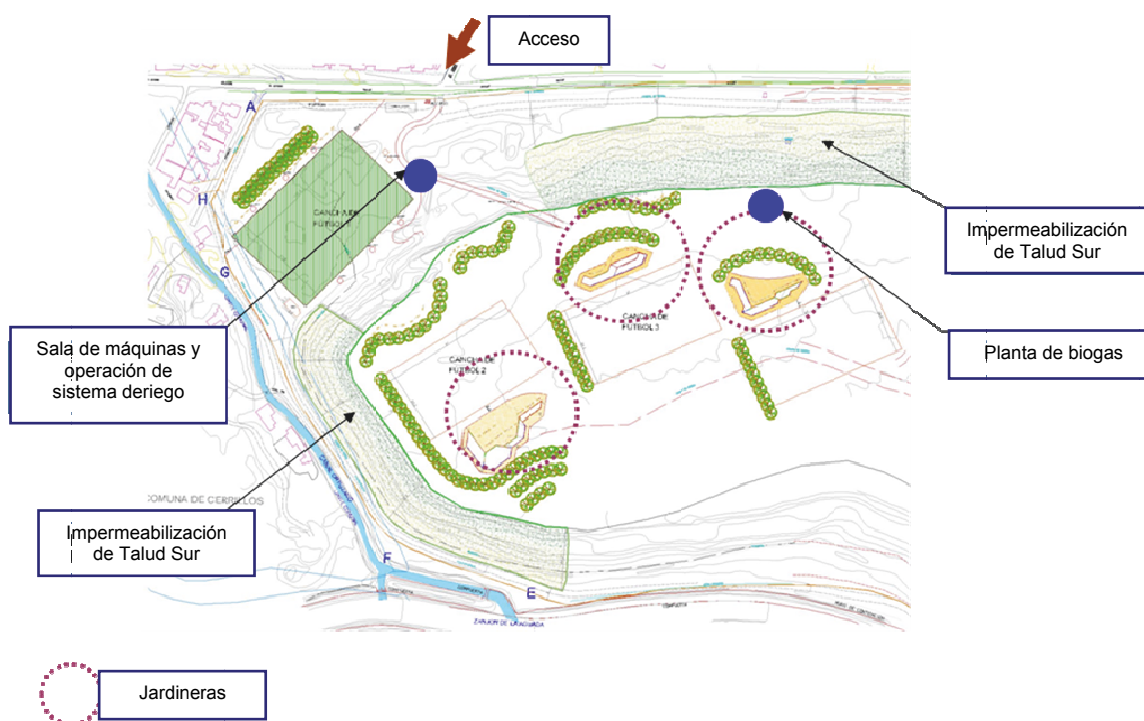
El sistema de impermeabilización instalado, corresponde a una lámina de geotextil y una lámina de polietileno de alta densidad, las cuales fueron ancladas en una serie de canaletas, construidas a lo largo del talud, que posteriormente fueron rellenos con tierra vegetal para evitar el movimiento. Sobre este sistema de impermeabilización, se instaló también una geomanta (malla de fibra de coco), cuyo propósito es permitir el crecimiento y consolidación de la vegetación en taludes mediante la plantación de especies del tipo cubresuelos (véase las imágenes A.33 y A.34).

Imagen A.33
Ex vertedero Lo Errázuriz: obras etapa I



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Imagen A.34
Ex vertedero Lo Errázuriz: plano general de intervención



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Imagen A.35
Ex vertedero Lo Errázuriz: impermeabilización de taludes



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Asimismo, se construyeron 17 pozos en la superficie de los taludes con una profundidad promedio de cinco metros, y una separación de 40 metros. En la parte superior de cada pozo se instaló una válvula de paso de biogás, para medir los registros de composición y calidad del biogás (véase la imagen A.36).

Imagen A.36
Ex vertedero Lo Errázuriz: geomanta (malla de fibra de coco) instalada



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Imagen A.37
Ex vertedero Lo Errázuriz: planta y sistemas para quema de biogás



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Imagen A.38
Ex vertedero Lo Errázuriz: habilitación de zonas de estar y equipamiento urbano



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Se instalaron escaños de plaza (o bancos) y basureros del tipo capsular en todas aquellas zonas asociadas a áreas de estar, para continuar con la línea impuesta por las jardineras.

Se consideró un sistema de riego por goteo (véase imagen A.39) para la totalidad de las áreas a regar, cuya operación permite determinar los tiempos y frecuencias de apertura del sistema según las necesidades de las especies vegetales incluidas en la obra, como la época del año a mantener en el espacio verde.

Imagen A.39
Ex vertedero Lo Errázuriz: recuperación paisajística y sistema de riego por goteo



Fuente: Estación Central, "Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz", 2009.

Algunas de las ventajas de este sistema son: evita pérdidas de agua en los límites de las áreas verdes, ya que no hay derrames en veredas, pavimentos o confinamientos; se ajusta a condiciones de suelo y cultivo; otorga humedad limitada y localizada en el sistema radicular del cultivo, aportando pequeños caudales; posee un sistema de mecanizado a presión que permite aplicar agua gota a gota sobre la superficie del suelo de manera uniforme; tiene una eficiencia del 90 a 95%; posee alta eficiencia en terrenos con topografías irregulares, suelos poco profundos o con problemas de infiltración o en predios donde el recurso hídrico es escaso.

Obras de recuperación de suelos

Se realizó un trabajo de "hidrosiembra" (véase la imagen A.40) que consiste en la aplicación de una mezcla de semillas, fertilizantes, aditivos promotores de la germinación, resinas estabilizadoras, *mulch* orgánico y agua, utilizando una máquina especialmente diseñada para tal fin.

Imagen A.40**Ex vertedero Lo Errázuriz: introducción de especies vegetales a través de “hidrosiembra”**

Fuente: Estación Central, “Informe cierre de obra. Recuperación ex vertedero Lo Errázuriz”, 2009.

Mediante este sistema se puede consolidar vegetación en superficies estables con cualquier tipo de inclinación o superficies planas, por lo cual es óptimo para la protección de taludes en cortes o terraplenes como así también crear áreas deportivas o de esparcimiento con césped tradicional.

La introducción de vegetación arbórea se realizó considerando las características del área del proyecto, es decir, con sustratos poco profundos, influencia del viento y orientados a espacios de uso público, donde predominarán las actividades recreativas y deportivas.

Futuras obras de recuperación, Etapa II

Según el proyecto “Normalización y recuperación áreas ex vertedero Lo Errázuriz 2° etapa” (Gore RM, 2011), las futuras obras de recuperación correspondiente a 20 hectáreas, todavía se encuentra en evaluación. Así mismo, para este proyecto, la tecnología planteada es la más básica, y está directamente relacionada con la gestión del biogás mediante una unidad de extracción forzada y quema controlada, y con los lixiviados, mediante la construcción de una planta de tratamiento de lixiviados (si el volumen lo amerita). También se espera realizar una impermeabilización de la corona y taludes, para evitar la generación de nuevos lixiviados, con el consecuente impacto ambiental para la población, referido a olores y derramamiento a las poblaciones aledañas.

“En cuanto a la recuperación general de áreas (véase imagen 41), como actividad inmediatamente posterior al proceso de saneamiento, se considera la construcción y habilitación de espacios insertos en el área total, bajo el contexto y concepto de áreas verdes, entendidas como la generación de zonas propicias para el desarrollo de actividades comunitarias y de esparcimiento, relacionadas y conectadas a través del planteamiento de circulaciones vehiculares, peatonales y ciclovías que entregarán la posibilidad de aprehender el área desde una perspectiva total y, en términos de escala intercomunal.

Así mismo, y teniendo como idea global de intervención un espacio verde, toma fuerza la introducción de especies vegetales en el área, con el fin de generar una cobertura verde, acorde y coherente con la recuperación de una zona altamente degradada”.

Imagen A.41
Objetivo del proyecto de recuperación de áreas



Fuente: Gore RM (Gobierno Regional de la Región Metropolitana), "Normalización y recuperación áreas ex vertedero Lo Errázuriz 2° etapa", marzo de 2011.

Anexo 9

Método de asignación del nombre del proyecto⁵¹

En la asignación técnica o nombre de cualquier proyecto se debe cumplir con las siguientes características:

- Ser claro, conciso, concreto, relacionado y representativo con la naturaleza y características del proyecto.
- Mantener el nombre durante toda la vida del proyecto.
- Identificar el proyecto en forma inequívoca y clara.
- Precisar el nombre del proyecto bajo las siguientes interrogantes: ¿Qué se va a hacer?; ¿Sobre qué?; ¿Quién?; ¿Dónde?

Se ha estructurado el nombre de cuatro componentes cada uno de los cuales responde a las interrogantes planteadas:

Proceso	Objeto	Institución a la cual pertenece el proyecto	Localización geográfica*
Acción que caracteriza la naturaleza de la inversión	A la materia o motivo del proceso	Institución, organización, empresa	Ubicación distrital o de la comunidad precisa del proyecto
¿Qué se va a hacer?	¿Sobre qué?	¿Quién?	¿Dónde?

* También se debe especificar en aquellos casos en que el proyecto a ejecutar y operar se haya integrado a alguna obra existente, por ejemplo, un proyecto de “reposición de un caldera” en un hospital en operación, en cuyo caso la localización geográfica será el hospital en cuestión, ubicado en algún lugar específico del país.

Proceso de Nominación: cuando se asigne el nombre del proyecto se siguen los siguientes pasos:

Seleccionar el proceso que corresponda al principal objetivo del proyecto (ejemplo: ampliación, conservación, construcción, mejoramiento, rehabilitación, remodelación, reparación, reestructuración, entre otras).

- Establecer el objeto del proyecto de manera precisa, o sea, sobre el qué, al cual se va aplicar el proceso seleccionado.
- Determinar la localización geográfica del proyecto.

Los proyectos para sitios de disposición final de residuos sólidos se pueden denominar como proyectos que forman capital fijo. Así, en la determinación de los procesos para este tipo de proyectos, se puede mencionar los siguientes:

Ampliación: acción que tiene por objeto aumentar la capacidad de un bien existente, sin modificar su naturaleza inicial. La ampliación de infraestructura debe tener considerado el tema del equipamiento.

Conservación: acción tendiente a mantener los estándares que corresponden a un funcionamiento predeterminado.

Construcción: acción que corresponde a la materialización de un bien que no existe a la fecha, donde debe considerarse además el equipamiento dentro de su formulación.

⁵¹ En base a MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) (2010), “Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública”, Área de Inversiones Públicas, San José, Costa Rica, febrero.

Equipamiento: consiste en la adquisición e instalación de nuevos elementos para bien o la infraestructura existente. No se debe incluir bajo este concepto, el equipamiento normal e indispensable de todo proyecto, pues la construcción, ampliación o reposición de una infraestructura lo debe tener considerado dentro de su formulación.

Habilitación: acción tendiente a lograr que un determinado bien o servicio sea apto o capaz para aquello que fue creado.

Implementación: acción tendiente, a colocar o aplicar métodos o medidas para llevar a cabo un proceso.

Mejoramiento: acción que tiene como objetivo aumentar la calidad de un servicio o bien existente.

Normalización: modificación de un bien o servicio existente con la finalidad de adecuarlo a ciertas normas predeterminadas.

Reparación: toda acción que tiene como finalidad recuperar el deterioro ocasional sufrido por una infraestructura ya construida, maquinaria o equipo.

Reposición: implica la renovación parcial o total de un servicio existente, con o sin cambio de la capacidad y calidad del mismo. La reposición de infraestructura debe tener considerado el equipamiento dentro de su formulación, cuando la vida útil esté agotada.

Restauración: acción que tiene por objetivo reparar un patrimonio nacional para volverlo al estado o condición original.

Anexo 10

Ejemplo⁵²: Proyección de la población

Se adoptará un crecimiento geométrico para el cálculo de la proyección de la población con una tasa de 2,6% anual, para estimar las necesidades de los próximos 10 años, columna 1.

				Año
Pf	=	$P_1 (1+r)^n$	=	
P ₁	=		=	30.000
P ₂	=	$30.000 (1+0,026)^1$	=	30.000
P ₃	=	$30.000 (1+0,026)^2$	=	30.800
...	=	...	=	...
P ₁₀	=	$30.000 (1+0,026)^9$	=	37.796

⁵² Ejemplo extraído de Jaramillo, Jorge (2002), "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales", CEPIS/OPS/OMS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud).

Anexo 11

Ejemplo⁵³: Estimación de la demanda actual y proyectada

A continuación se presenta un ejemplo de cómo estimar la demanda actual y proyectada de RSU.

Se ha elegido el caso de una localidad que presenta estacionalidad en su generación de RSU, ya que éste permite abordar un caso relativamente más complejo de estimación de demanda.

1. Estimación de la Producción Per-Cápita (PPC) actual de RSU de una Localidad

Período: verano

Duración (días)	75
Población atendida	35.000

	Camión 1	Camión 2
Capacidad (m ³)	19	15
Número de camiones	1	1
Viajes a la semana por camión	12	9
Densidad promedio (Ton/m ³)	0,6	0,6
Porcentaje (%) de ocupación	90%	90%
Carga transportada (Ton/semana)	123,12	72,9

PPC verano 0,80

Período: resto

Duración (días)	290
Población atendida	31.000

	Camión 1	Camión 2
Capacidad (m3)	19	15
Número de camiones	1	1
Viajes a la semana por camión	6	12
Densidad promedio (Ton/m3)	0,6	0,6
Porcentaje (%) de ocupación	90%	90%
Carga transportada (Ton/semana)	61,56	97,2

PPC verano 0,73

PPC Promedio Anual = $0,80 \times 75 / 365 = 0,75$

2. Proyección de la Demanda por Disposición Final de RSU

Datos	Verano	Resto año
Duración período	75	290
Población (2001)	38.890	34.445
Tasa de crecimiento anual 2002-2021	1,00%	1,20%
PPC (kg/hab/día)	0,80	0,73
Tasa de crecimiento PPC	1,80%	1,80%
Cobertura recolección RSD	90%	90%

⁵³ Ejemplo extraído de la “Metodología de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables”, Ministerio de Planificación y Cooperación, Chile.

Años	Verano			Resto del año			Producción anual total (Ton)
	PPC (kg/hab/día)	Población atendida	Producción período (Ton)	PPC (kg/hab/día)	Población atendida	Producción período (Ton)	
1	0,81	35 351	2 159	0,74	31 373	6 776	8 936
2	0,83	35 705	2 220	0,76	31 749	6 981	9 201
3	0,84	36 062	2 283	0,77	32 130	7 192	9 475
4	0,86	36 422	2 347	0,79	32 516	7 409	9 756
5	0,87	36 786	2 413	0,80	32 906	7 633	10 046
6	0,89	37 154	2 481	0,81	33 301	7 864	10 345
7	0,91	37 526	2 551	0,83	33 700	8 101	10 652
8	0,92	37 901	2 623	0,84	34 105	8 346	10 969
9	0,94	38 280	2 697	0,86	34 514	8 598	11 295
10	0,96	38 663	2 773	0,87	34 928	8 858	11 631
11	0,97	39 050	2 851	0,89	35 347	9 126	11 977
12	0,99	39 440	2 932	0,91	35 771	9 401	12 333
13	1,01	39 834	3 014	0,92	36 201	9 685	12 700
14	1,03	40 233	3 099	0,94	36 635	9 978	13 077
15	1,05	40 635	3 186	0,96	37 075	10 280	13 466
16	1,06	41 041	3 276	0,97	37 519	10 590	13 866
17	1,08	41 452	3 369	0,99	37 970	10 910	14 279
18	1,10	41 866	3 464	1,01	38 425	11 240	14 703
19	1,12	42 285	3 561	1,03	38 886	11 579	15 141
20	1,14	42 708	3 662	1,05	39 353	11 929	15 591

PPC Verano – año 1 $= 0,80 \times (1 + 0,0180) = 0,81$

Pob. Atendida Verano – año 1 $= 38.890 \times 0,9 \times (1 + 0,010) = 35.351$

Producción Verano – año 1 $= (\text{PPC} \times \text{Pob. Atendida} \times \text{duración período}) / 1.000$
 $= (0,81 \times 35.351 \times 75) / 1.000 =$
 $= 2.159 \text{ Ton.}$

Producción Anual Total $= \text{Producción "Verano"} + \text{Producción "Resto Año"}$

Anexo 12

Matriz de análisis de emplazamiento de sitio a amenazas naturales y socio-naturales para un proyecto de inversión⁵⁴

Cuadro A.2
Matriz de análisis de emplazamiento de sitio a amenazas naturales y socio-naturales para un proyecto de inversión

Variable	Parámetro	Nivel de riesgo	Puntaje	Valor	Ponderador %	Índice
Deslizamientos o deslaves						
Evidencia de eventos de deslizamiento previos o en proceso	Si	Muy alto	5	5	20	1,00
	No	Muy bajo	1			
Suelos arcillosos (óxidos de hierro y aluminio) y arcillas volcánicas	Mayor a 60%	Muy alto	5	5	15	0,75
	30 - 60 %	Alto	4			
	15 – 30%	Medio	3			
	8 – 15%	Bajo	2			
	0 – 8%	Muy bajo	1			
Pendiente promedio del terreno	Mayor a 60%	Muy alto	5	4	15	0,60
	30 - 60 %	Alto	4			
	15 – 30%	Medio	3			
	8 – 15%	Bajo	2			
	0 – 8%	Muy bajo	1			
Precipitación (promedio mensual 3 meses más lluviosos en mm)	Mayor a 500mm	Muy alto	5	4	20	0,80
	400 – 500mm	Alto	4			
	300-400mm	Medio	3			
	200-300mm	Bajo	2			
	Menor a 200	Muy bajo	1			
Antecedentes de movimientos sísmicos mayores a 5 grados Richter en la zona	Si	Muy alto	5	5	10	0,50
	No	Muy bajo	1			
Existencia de lugares con posibilidad de represamiento de agua o lagunas	Si	Muy alto	5	2	10	0,20
	No	Muy bajo	1			
Vegetación Predominante (+50%)	Suelo desnudo	Muy alto	5	3	10	0,30
	Herbácea	Alto	4			
	Charral	Medio	3			
	Arbustiva	Bajo	2			
	Forestal	Muy bajo	1			
Índice total						4,15
Inundaciones						
Antecedentes de inundación	Si	Muy alto	5	5	20	1
	No	Muy bajo	1			

⁵⁴ En base a MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) (2010), "Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública", Área de Inversiones Públicas, San José, Costa Rica, febrero.

Cuadro A.2 (continuación)

Variable	Parámetro	Nivel de riesgo	Puntaje	Valor	Ponderador %	Índice
Precipitación (promedio mensual 3 meses más lluviosos en mm) Cuenca superior	Mayor a 500mm	Muy alto	5	4	20	0,80
	400 – 500mm	Alto	4			
	300-400mm	Medio	3			
	200-300mm	Bajo	2			
	Menor a 200	Muy bajo	1			
Pendiente promedio del terreno (en porcentaje)	Menor a 3%	Muy alto	5	4	15	0,60
	3 – 8%	Alto	4			
	8 – 15%	Medio	3			
	15 a 30%	Bajo	2			
	Mayor de 30%	Muy bajo	1			
Drenaje de suelo	Nulo	Muy alto	5	3	15	0,45
	Lento	Alto	4			
	Moderamente lentos	Medio	3			
	Moderamente excesivos	Bajo	2			
	Malo	Muy bajo	1			
Cercanía a cuerpos de agua	25 a 0m	Muy alto	5	3	10	0,30
	50 a 25m	Alto	4			
	100 a 50m	Medio	3			
	200 a 100m	Bajo	2			
	Mayor de 200m	Muy bajo	1			
Altura sobre el tirante de agua del río	0 – 2 m	Muy alto	5	2	20	0,40
	2 – 4 m	Alto	4			
	4 – 6 m	Medio	3			
	6 – 8 m	Bajo	2			
	8 – 10m	Muy bajo	1			
Índice total						3,55
Avalanchas hídricas						
Existencia de eventos previos de avalanchas	Si	Muy alto	5	5	20	1
	No	Muy bajo	1			
Lugares con posibilidad de represamiento de agua cuenca superior	Si	Muy alto	5	1	15	0,15
	No	Muy bajo	1			
Precipitación (promedio mensual 3 meses más lluviosos en mm) Cuenca superior	Mayor a 500mm	Muy alto	5	4	20	0,80
	400 – 500mm	Alto	4			
	300-400mm	Medio	3			
	200-300mm	Bajo	2			
	Menor a 200	Muy bajo	1			
Pendiente promedio del terreno (en porcentaje)	Menor a 3%	Muy alto	5	4	5	0,20
	3 – 8%	Alto	4			
	8 – 15%	Medio	3			
	15 a 30%	Bajo	2			
	Mayor a 30%	Muy bajo	1			
Cercanía a cuerpos de agua dulce	Menor a 10 m	Muy alto	5	3	20	0,60
	10 – 50 m	Alto	4			
	50 – 100 m	Medio	3			
	100 – 200 m	Bajo	2			
	Mayor a 200 m	Muy bajo	1			

Cuadro A.2 (conclusión)

Variable	Parámetro	Nivel de riesgo	Puntaje	Valor	Ponderador %	Índice
Altura sobre el tirante de agua del río	0 – 2 m	Muy alto	5	1	20	0,2 0
	2 – 4 m	Alto	4			
	4 – 6 m	Medio	3			
	6 – 8 m	Bajo	2			
	8 – 10m	Muy bajo	1			
Índice total						2,95



C E P A L

Manuales de la CEPAL**Números publicados**

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

2. Guía general para gestión de residuos sólidos domiciliarios, Estefani Rondón Toro, Marcel Szantó Narea, Juan Francisco Pacheco, Eduardo Contreras, Alejandro Gálvez (LC/L.4198, LC/IP/L.343), 2016.
1. La planificación participativa para lograr un cambio estructural con igualdad: las estrategias de participación ciudadana en los procesos de planificación multiescalar, ILPES/CEPAL (LC/L.4069/Rev.1, LC/IP/L.342/Rev.1), 2015.

