



Convenio IDEAM – UNICEF – CINARA  
Proyecto Selección de Tecnologías para la Recolección, Transporte, Recuperación, Tratamiento y Disposición  
Final en Torno al Manejo Integral de Residuos Sólidos en  
Municipios Menores de 50.000 Habitantes

## **Análisis de Costos**

Santiago de Cali, Febrero de 2006

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	1
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	1
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	2
3. ANTECEDENTES DEL ANALISIS DE COSTOS EN RESIDUOS SÓLIDOS .....	2
4. ASPECTOS DE COSTOS EN RECOLECCIÓN, TRANSPORTE, RECUPERACIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	12
4.1. COSTOS DE INVERSIÓN .....	12
4.1.1. Definiciones.....	12
4.1.2. Costos de inversión en la disposición final de residuos sólidos.....	12
4.1.3. Costos de inversión en tecnologías de recuperación.....	15
4.2. COSTOS DE REPOSICIÓN.....	16
4.3. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	16
4.4. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN .....	18
4.5. COSTOS AMBIENTALES .....	19
4.6. COSTOS TOTALES.....	19
4.7. COSTOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE .....	19
5. ASPECTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS .....	21
5.1. NORMATIVIDAD Y POLITICAS.....	21
5.1.1. Normatividad .....	21
5.1.2. Política Nacional para la Gestión de los Residuos Sólidos.....	23
5.2. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN .....	24
5.3. ANALISIS FINANCIERO DE PROYECTOS DE GESTION RESIDUOS SÓLIDOS .....	26
5.3.1. Generalidades.....	26
5.3.2. Viabilidad o Rentabilidad Financiera .....	26
6. FACTORES Y VARIABLES DE COSTOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGIAS EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	29
7. BIBLIOGRAFÍA.....	30

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Ejemplo de costos comparativos de sistemas de recolección, recuperación y disposición final de residuos sólidos .....	3
Tabla 3.2 Costos comparativos de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos (Tomado de ACURIO <i>et.al</i> , 1997).....	4
Tabla 3.3 Experiencias de compostaje en la Unión Europea. (URL – 1).....	5
Tabla 3.4 Costos del servicio de aseo en algunas ciudades de América Latina (Fuente: OPS, 2001) .....	5
Tabla 3.5 Costos del servicio de aseo en Colombia para localidades con más de 8.000 usuarios (SISPD, 2005) .....	7
Tabla 3.6 Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en Colombia (COLLAZOS y DUQUE, 2001).....	8
Tabla 3.7 Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en el Valle del Cauca (RENTERÍA, 2001) .....	9
Tabla 3.8 Resumen de costos de inversión para rellenos sanitarios (Collazos, 2001).....	11
Tabla 4.1 Vida útil de la infraestructura y equipos utilizados en el manejo de residuos sólidos (UNICEF, 2001) .....	16
Tabla 4.2 Requerimientos de personal (MAVDT/UNICEF, 2005).....	17
Tabla 4.3 Tiempo de supervisor según el número de habitantes (MAVDT/UNICEF, 2005).....	17
Tabla 4.4 Requerimientos mínimos de herramientas para operación y mantenimiento (MAVDT/UNICEF, 2005).....	17
Tabla 4.5 Requerimientos y dedicación de tiempo de personal administrativo (MAVDT/UNICEF, 2005).....	19
Tabla 5.1 Fuentes de financiación de proyectos en el servicio de aseo (UNICEF, 2001) .....	24
Tabla 6.1 Factores y variables de selección económicas y financieras.....	29

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 3.1. Estructura del Modelo. (Tomado de Modelo Financiero desarrollado por CONSAM Ltda., 2002) ..	3
Figura 3.2. Costo total del servicio de aseo en algunas ciudades de América Latina .....	6
Figura 3.3. Costo Medio de Operación, Mantenimiento y Administración del Componente Domiciliario-CMD para localidades con menos de 8.000 usuarios (Valores Diciembre 2004) .....	8
Figura 3.4. Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en Colombia (COLLAZOS y DUQUE, 2001) .....	9
Figura 3.5. Curvas de costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en el Valle del Cauca (RENTERÍA, 2001) .....	10
Figura 3.6. Porcentaje de Participación de cada ítem sobre el costo total de un relleno (CRA, 2005) .....	11

## 1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe es complejo y ha evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización. Más del 50% de los residuos sólidos generados son dispuestos de manera inadecuada en botaderos abiertos o fuentes de agua. Esta situación demanda de manera urgente, el trabajo de los actores involucrados en el sector, en la perspectiva de mitigar los efectos adversos sobre la salud de la población y el ambiente (OPS, 2001)

Se estima que en la última década, en Colombia la generación de residuos sólidos municipales se ha incrementado aproximadamente en un 50%, pasando en 1995 de 18.000 t/día a 27.000 t/día (MAVDT, 2005) en lo transcurrido del presente año, con los consecuentes problemas sanitarios y ambientales asociados al manejo de residuos sólidos, dejando en evidencia las debilidades que existen en cuanto a la gestión de los residuos sólidos. Estas debilidades se hacen latentes en municipios pequeños (menores a 50000 habitantes) que presentan en su mayoría, limitaciones técnicas, económicas y sociales para mejorar las condiciones del manejo de residuos sólidos.

Para contribuir a la búsqueda de soluciones en torno al problema, se está desarrollando el Proyecto Selección de Tecnologías para la Recolección, Transporte, Recuperación, Tratamiento y Disposición Final en Torno al Manejo Integral de Residuos Sólidos para Municipios Menores de 50.000 habitantes, en el marco del Convenio IDEAM – UNICEF – CINARA.

Como parte del proyecto, se desarrolló este informe, el cual, aborda la selección de tecnología desde el punto de vista conceptual del análisis de costos de las tecnologías, como una primera aproximación para plantear los modelos de costos que faciliten el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, se requiere un análisis detallado que permita comparar las tecnologías para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos desde el punto de vista económico, determinar los costos de inversión operación y mantenimiento y evaluar la capacidad y disponibilidad de pago de la localidad.

Adicionalmente, esta información debe tener un carácter local y ajustarse a las condiciones económicas y financieras de las localidades ya que se convierte en un factor importante a la hora de tomar decisiones

Este informe contiene la revisión general del estado del arte de la experiencias nacionales y de otros países sobre estudios relacionados con el análisis de costos, y los aspectos financieros básicos que determinan la sostenibilidad de las inversiones, adicionalmente también se identifican los principales factores, variables e indicadores del componente de costos en la selección de tecnología.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de los costos de inversión, administración, operación y mantenimiento de las tecnologías para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, en la construcción del modelo conceptual de selección de tecnologías en torno al manejo de los residuos sólidos en poblaciones menores a 50.000 habitantes.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Hacer una revisión general de estado del arte de las experiencias nacionales y de otros países sobre estudios relacionados con el análisis de los costos de tecnologías utilizadas para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.
- Identificar los principales factores, variables e indicadores a considerar en el proceso de selección de tecnología para la evaluación económica y financiera de las tecnologías para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final en torno al manejo integral de los residuos sólidos y que serán utilizados para la elaboración del modelo conceptual.

## 3. ANTECEDENTES DEL ANALISIS DE COSTOS EN RESIDUOS SÓLIDOS

Las instituciones y profesionales relacionados con la planificación, estudios de factibilidad, diseño, financiación, evaluación, construcción, administración, operación y mantenimiento de los diferentes componentes del sistema de aseo, requieren información confiable sobre costos del servicio de aseo, que ayude en forma ágil y eficaz a tomar decisiones relacionadas con cada una de estas áreas.

Existen diferentes herramientas que permiten conocer los costos de los componentes del servicio de aseo. A nivel regional se tiene conocimiento del programa COSEPRE, desarrollado por la OPS y el Banco Mundial en el 2001. El programa "COSEPRE" (Costos según Servicio Prestado), estima los costos anuales de los servicios de barrido manual y mecánico, recolección, transferencia y transporte y disposición final, tomando como base la información que el usuario ingresa al programa (remuneración de personal, costos de equipos, herramientas e infraestructura), para determinar los costos globales anuales y los costos unitarios de cada servicio. Adicionalmente, el programa examina la necesidad de implementar una estación de transferencia tomando como base un análisis de costos unitarios. También, presenta un flujo de caja para la instalación de un relleno sanitario que ofrece al usuario la posibilidad de estimar la vida útil del mismo.

A nivel local, en Colombia se ha desarrollado una herramienta de planeación que permite evaluar, con criterios económicos y financieros, diversas opciones de prestación del servicio de aseo, para localidades hasta 8.000 usuarios, teniendo en cuenta la metodología tarifaria contenida en la Resolución CRA 151 de 2001 y los criterios a considerar en el Plan de Gestión integral de Residuos sólidos

El Modelo financiero del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos MF-PGIRS, diseñado en el 2002 por la firma CONSAM LTDA para UNICEF, está compuesto por dos submodelos o conjuntos de módulos, uno para el servicio de aseo y otro para aprovechamiento y valorización. Con este modelo se pueden calcular tarifas, análisis de rentabilidad de las inversiones y flujos de fondos del operador durante el periodo de evaluación del servicio para diferentes posibilidades de cobertura, crecimientos demográfico, aportes municipales para subsidio, eficiencias de recaudo, monto y secuencia temporal de inversiones, costos de administración, operación y mantenimiento y recuperación de subproductos de la empresa de aseo. La Figura 3.1 muestra un esquema general del modelo financiero.

Aunque estas herramientas son útiles a la hora de obtener información relacionada con los costos del servicio de aseo, se requiere de información detallada en cuanto a la estimación de los costos de cada componente que permitan complementar la información que alimenta a dichos modelos.

Esta información puede ser traducida en estudios de modelos de cantidad de obra, requerimientos de operación y mantenimiento, requerimientos de insumos y equipos, entre otros, caracterizados de acuerdo a la cantidad de residuo generado y al tipo de operaciones que se ejecuten durante el manejo del residuo sólido (actividades de reciclaje, compostaje, lombricompostaje).

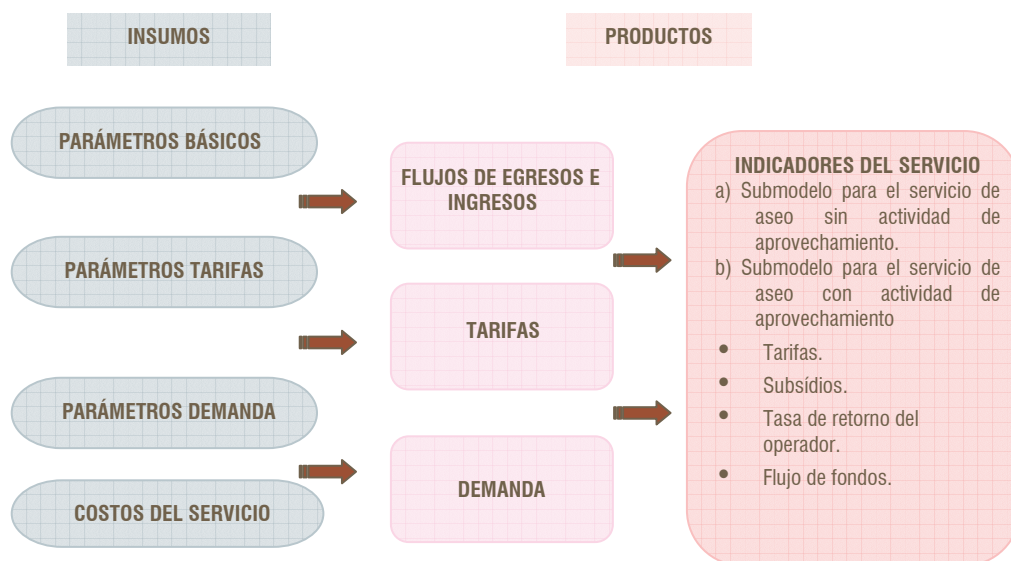


Figura 3.1. Estructura del Modelo. (Tomado de Modelo Financiero desarrollado por CONSAM Ltda., 2002)

Sin embargo, la información disponible sobre estudios de costos es limitada, y no permiten realizar una comparación entre una alternativa u otra y que a su vez faciliten el proceso de toma de decisiones. Se presenta gran variabilidad en los costos de los componentes del servicio de aseo, los cuales son característicos de una región en particular con condiciones locales diferentes. La Tabla 3.1 muestra algunos ejemplos de costos del servicio de aseo en diferentes países de Europa y América para los componentes de recolección, transporte, recuperación y disposición final.

Tabla 3.1. Ejemplo de costos comparativos de sistemas de recolección, recuperación y disposición final de residuos sólidos

Proceso/Planta	Localización	Costo (US\$/ton)	Año	Observaciones
Planta Recuperadora de material reciclable (URL – 4)	Estados Unidos	120.0	1993	
	Ciudades Europeas (8)	100.0 – 120.0	1994	
	Edmonton Canadá	200.0	1994	
	Sao Pablo	460.0	1994	
Compostaje (URL – 4)	OPS	20.0 – 40.0	-	
Compostaje y Lombricultura (URL – 5)	Chañar Ladeado – Argentina	237.5	1998	Residuos orgánicos recolectados: 8,72 ton/mes
	Chabas – Argentina	143.5	1998	Residuos orgánicos recolectados: 11,03 ton/mes
	Arequito – Argentina	102.9	1998	Residuos orgánicos recolectados: 9,44 ton/mes
Relleno Sanitario (URL – 4)	Chile, Región Metropolitana	6.0 – 8.0	*-	
Relleno Sanitario (URL – 4)	Estados Unidos, Columbia	29.9	1997	

Tabla 3.1. Ejemplo de costos comparativos de sistemas de recolección, recuperación y disposición final de residuos sólidos (continuación)

Proceso/Planta	Localización	Costo (US\$/ton)	Año	Observaciones
Recolección Tradicional (URL – 5)	Chañar Ladead - Argentina	36.4	1998	Población: 6000 Residuos recolectados por mes: 152,76 ton/mes
	Chabas - Argentina	27.1	1998	Población: 7300 hab. Residuos recolectados por mes: 202 ton/mes
	Arequito - Argentina	24.1	1998	Población: 7000 hab. Residuos recolectados por mes: 189,05 ton/mes
Recolección Selectiva (URL – 5)	Chañar Ladeado - Argentina	138.5	1998	Residuos orgánicos recolectados: 8,72 ton/mes
	Chabas - Argentina	214.8	1998	Residuos orgánicos recolectados: 11,03 ton/mes
	Arequito - Argentina	139.3	1998	Residuos orgánicos recolectados: 9,44 ton/mes

Dado que en América Latina aún se conserva el esquema tradicional de manejo de residuos sólidos, sin considerar las alternativas de recuperación dentro de éstos, la mayoría de la información obtenida de costos corresponde al componente de disposición final (rellenos sanitarios), los cuales son los de mayor utilización en América Latina y los más ampliamente estudiados. En la Tabla 3.2 se presenta una comparación de los sistemas de tratamiento y disposición final de los costos de inversión y operación de estos sistemas.

Tabla 3.2. Costos comparativos de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos (Tomado de ACURIO *et.al*, 1997)

Sistema	Costos de Inversión (US\$/t)	Costo de operación (US\$/t) con amortización
Relleno sanitario, Estados Unidos <sup>a</sup>		30 (variable de 15 a 60)
Relleno sanitario, América Latina y el Caribe	5.000 – 15.000	6 (variable de 3 a 10)
Compostaje	20.000 – 40.000	25 (variable de 20 a 40)
Incineración, Estados Unidos <sup>b</sup>	125.000 – 160.000	60 (variable de 50 a 90)

<sup>a</sup> Las especificaciones técnicas para rellenos sanitarios en Estados Unidos son más estrictas que en la Región, lo cual influye en los costos  
<sup>b</sup> El costo por tonelada es el costo neto después de vender la energía. El costo bruto sería de US\$90 por tonelada.

Como se nota en la Tabla 3.2 un sistema de compostaje puede ser más costoso que un relleno sanitario, sin embargo debe considerarse el costo-beneficio ambiental que trae consigo la implementación de un sistema de recuperación y tratamiento de residuos y su impacto en la sociedad. En la Tabla 3.3 se muestran ejemplos adicionales de los costos de implementación de una planta de compostaje en países de la Unión Europea.

Para América Latina, se estima que los costos típicos de los servicios de manejo de residuos sólidos pueden descomponerse de la siguiente manera (ACURIO *et.al*, 1997)

- Recolección 43 - 45% (US\$ 15-40 por t)
- Transferencia 0 - 15% (US\$ 0-10 por t)
- Disposición final 0 - 10% (US\$ 0-10 por t)
- Total (sin barrido) 100% (US\$ 35-70 por t)

El componente de recolección presenta el mayor porcentaje de los costos en el servicio de aseo, estos a su vez se incrementan cuando en la localidad se presta el servicio de recolección selectiva, tal como se muestra en la Tabla 3.1. En la Tabla 3.4 y la Figura 3.2 se muestran algunos ejemplos de costos del servicio de aseo en algunas ciudades de Latinoamérica.

Tabla 3.3. Experiencias de compostaje en la Unión Europea. (URL – 1)

Estado miembro	Nombre del programa	Población (hab)/ usuarios	Residuos biodegradables (t/año)	Compost producido (t/año)	Costos de instalación (Euros)	Costos de operación Euros/t	Ahorro por vertido evitado Euros/ t	Ingresos Euros/ t
España	Baix Camp	25.000 hab.	4.000	360	6 millones	45	7,2	1,1
	Barcelona	137.000 hab	10.700	1.900	5,4 millones	108	marginal	5,6
	Montejurra	52.000 hab	10.000	2.000	4 millones	222	marginal	1,2
Francia	Gironde	20.000 usuarios	36.000	24.000	175.000	20	30,5	10-43
	Colvert de Niort	12.000 usuarios	Aprox. 4 511	8 500	Se desconocen	30,5	40	n.s.v
	SIVOM de Bapaume	23.600 hab	6.000	2.500	3,3 millones	37-41	30,5	6-9
Irlanda	Cork	280.000 hab	1.000	-	41.529	21	12,7	n.s.v
	Kerry	5.600 hab	500	-	193.000	209	18,3	n.s.v
	Limerick	2.800 usuarios	950	450	766.000	12,5	No se conoce	n.s.v
Italia	Cupello	4.200 hab	315	-	Sin costos adicionales	380	65	n.s.v
	Monza	119.060 hab	10.000	-	Sin costos adicionales	6,3 (*)	No se conoce	n.s.v
	Padua	205.000 hab	16.500	-	2,2 millones	400	25	18,75
Portugal	Amtres	150.000 usuarios	250.000 (1)	15.000	57 500	17,5	10	20 - 50
	Lipor	50.000 hab	30.000 (1)	29.000	5,4 millones	8,5	3,75	25
Reino Unido	Arun	140.000 hab	No se conoce	No se conoce	21.000	6.000	No se conoce	No se conoce
	Castle Morpeth	20.400 usuarios	5.000	3.000	225.000	20,5	15,4	15,2
	Wyecycle	1.000 usuarios	250	70	18.000	89	52,5	7,2

NOTAS: Incluye la recolección selectiva tanto de residuos biodegradables como de residuos mixtos.

Los costos de operación no incluyen los costos de recolección y de personal, ya que se utiliza el mismo equipamiento y personal que utilizaba el sistema municipal de recogida de residuos sólidos, de manera que el programa no ha generado costos adicionales.

n.s.v. no se vende el compost

Tabla 3.4. Costos del servicio de aseo en algunas ciudades de América Latina (Fuente: OPS, 2001)

Ciudad	Año	Costo (US\$/t)				Total (US\$/t)	Costos hab/año (US\$/t)	Observaciones Incluye costos de capital y barrido
		Barrido	Recolección	Transferencia	Disposición Final			
Quito	1994	-	-	-	-	24	8	no
Bogotá	1994	sí	-	-	2.7	35	-	sí, incluye barrido
Lima	1994	sí	16	6	2.5	36	-	sí, solo operación
Buenos Aires	1994	sí	24	17	3.8	51	-	sí, incluye barrido
Cali	1994	sí	-	-	10	29	-	sí, incluye barrido
Tegucigalpa	1995	-	-	-	-	7	2	no, solo barrido
Sao Paulo	1994	-	26	6	8	56	20	incluye todo
Porto Alegre	1994	-	20	-	10	-	-	
Belo Horizonte	1994	-	-	-	-	-	13	incluye todo
Salvador, Brasil	1994	-	-	-	-	-	19	incluye todo

Tabla 3.4. Costos del servicio de aseo en algunas ciudades de América Latina (Fuente: OPS, 2001)  
(Continuación)

Ciudad	Año	Costo (US\$/t)				Total (US\$/t)	Costos hab/año (US\$/t)	Observaciones Incluye costos de capital y barrido
		Barrido	Recolección	Transferencia	Disposición Final			
Río de Janeiro	1994	35	25	5	40	70	21	incluye todo
Panamá	1995	Sí	-	-	5	43	16	incluye todo
Guayaquil	1995	11	-	-	3	-	-	
Montevideo	1995	-	-	-	8	76	23	incluye todo
Maldonado, Uruguay	1995	-	-	-	17	111	146	incluye todo
Canelones, Uruguay	1995	-	-	-	-	29	115	incluye todo
Guatemala	1995	-	-	-	-	27	1	
Medellín, Col	1995	-	-	-	-	-	43	incluye todo
Santa Marta	1995	-	-	-	-	-	35	incluye todo
Barranquilla	1995	-	-	-	-	105	62	incluye todo
Monterrey	1995	-	-	-	-	45	-	

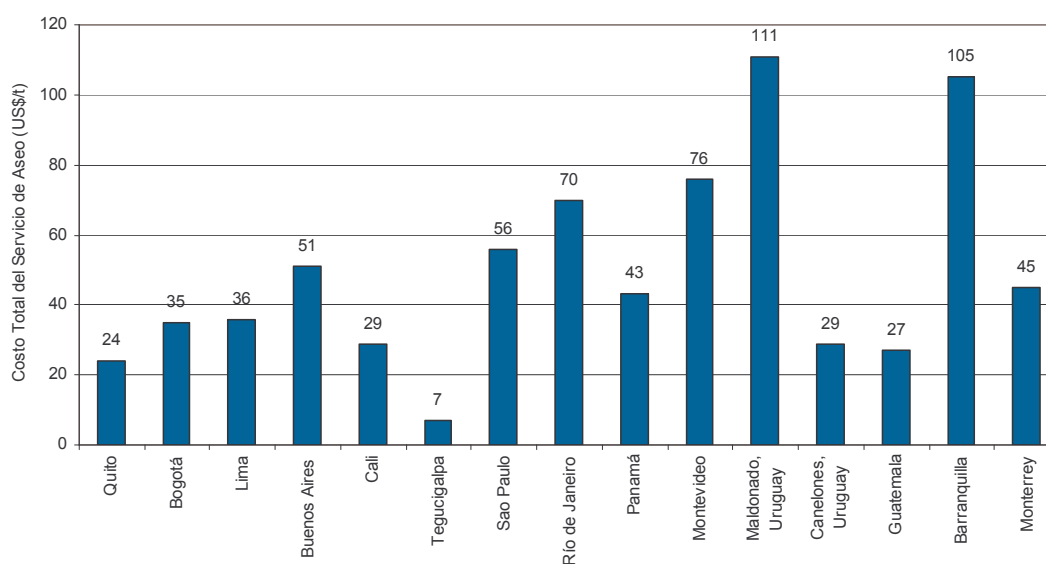


Figura 3.2. Costo total del servicio de aseo en algunas ciudades de América Latina

En la Tabla 3.5 se presenta una diferenciación de los costos del servicio de aseo, obtenidos de la metodología tarifaria en Colombia (Resolución CRA 151 de 2001) para localidades con más de 8.000 usuarios.

El costo del servicio de aseo por usuario en estas localidades puede variar entre \$6928 y \$13.385. Para algunas localidades con menos de 50.000 habitantes, el Costo Medio de Operación, Mantenimiento, y Administración del Componente Domiciliario el cual incluye los costos de recolección, transporte, transferencia y disposición final por usuario varía entre los \$2.000 - \$10.000, tal como se muestra en la Figura 3.3.

Tabla 3.5. Costos del servicio de aseo en Colombia para localidades con más de 8.000 usuarios (SISPD, 2005)

Ciudad	CRT (\$/t)	CDT (\$/t)	CST (\$/t)	CSU (\$/usuario)
Bello	\$ 46,950	\$ 21,958	\$ 81,314	\$ 9,757
Caldas	\$ 62,516	\$ 21,958	\$ 97,978	\$ 11,755
Copacabana	\$ 58,334	\$ 21,958	\$ 93,500	\$ 11,219
Girardot	\$ 65,719	\$ 21,958	\$ 100,479	\$ 12,057
Itagui	\$ 57,849	\$ 21,958	\$ 92,981	\$ 11,157
La Estrella	\$ 70,223	\$ 21,958	\$ 106,227	\$ 12,746
Sabaneta	\$ 70,001	\$ 21,958	\$ 111,562	\$ 13,385
Buga	\$ 48,406	\$ 14,156	\$ 74,523	\$ 8,538
Ginebra	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Guacarí	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
La Unión	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Palmira	\$ 51,917	\$ 7,078	\$ 70,702	\$ 8,483
Pradera	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Río Frío	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Tulúa	\$ 46,950	\$ 14,156	\$ 72,998	\$ 8,758
Cerrito	\$ 48,076	\$ 7,078	\$ 66,422	\$ 7,850
Envigado	\$ 67,780	\$ 21,958	\$ 103,612	\$ 12,433
Rionegro	\$ 46,950	\$ 14,156	\$ 81,316	\$ 9,757
Apartadó	\$ 46,950	\$ 0	\$ 57,749	\$ 6,928
Turbo	\$ 46,950	\$ 14,156	\$ 74,711	\$ 8,940
Ocaña	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Girón	\$ 48,043	\$ 13,939	\$ 63,586	\$ 7,629
Puerto Boyacá	\$ 55,234	\$ 4,044	\$ 71,008	\$ 8,520
Soacha	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456
Girardot	\$ 46,950	\$ 14,156	\$ 72,965	\$ 8,755
Chía	\$ 55,234	\$ 4,044	\$ 71,008	\$ 8,520
Calarcá	\$ 46,950	\$ 4,044	\$ 62,140	\$ 7,456

Valores de Diciembre/2004

CRT: Costos de Recolección y Transporte

CDT: Costo de Tratamiento y Disposición Final

CST: Costo Medio del Servicio Integral de Aseo por tonelada (cubre los componentes de recolección y transporte, barrido y limpieza y tratamiento y disposición final)

CSU: Costo Medio del Servicio Integral de Aseo por usuario

En la Figura 3.3 se evidencia que no existe una relación proporcional entre el costo del servicio de aseo y el número de usuarios, por esta razón es necesario estimar los costos de cada componente considerando modelos de cantidad de obra y análisis de precios unitarios, los cuales le darían un carácter particular y permitiría seleccionar tecnología con información local. Sin embargo, se reportan muy pocos estudios de costos.

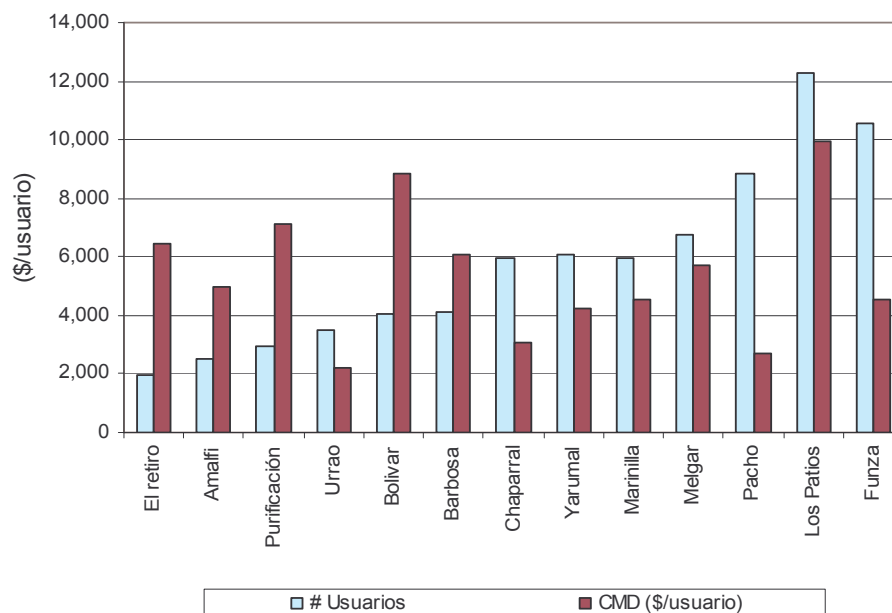


Figura 3.3. Costo Medio de Operación, Mantenimiento, y Administración del Componente Domiciliario - CMD para localidades con menos de 8.000 usuarios (Valores Diciembre 2004)

En Colombia, una aproximación a la estimación de los costos fue realizada en un estudio elaborado por los ingenieros Héctor Collazos y Ramón Duque para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) sobre Manejo integral de residuos sólidos municipales en el Valle del Cauca del año 2001. En este se presentan dos ecuaciones para estimar los costos de inversión (ver Tabla 3.6), de operación y mantenimiento en rellenos sanitarios para comunidades pequeñas, en función de la cantidad de residuos generados. La Figura 3.4 describe el comportamiento de estas curvas con relación a los costos inversión, operación y mantenimiento asociados a la producción de residuos en rellenos sanitarios en Colombia. Estas curvas son el resultado de la amplia experiencia de los ingenieros en la construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en Colombia.

Tabla 3.6. Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en Colombia (COLLAZOS y DUQUE, 2001)

Ítem	Ecuación	Consideraciones
Costos de inversión	$C = 4.318,08T^{0,514}$ <p>C = Costos de inversión en miles de pesos del año 2001, los cuales se deben ajustar al año mediante IPC T = Toneladas de basura al año</p>	Estos costos incluyen: Terreno, valla, encerramiento, caseta, vías de acceso, vías internas, pozo para control de lixiviados, canal de drenaje de aguas lluvias, instrumentación inicial sencilla, laguna de almacenamiento de lixiviados, sistema de bombeo de lixiviados y cabezal de entrega.
Costos de operación y mantenimiento	$C = 505T^{0,65}$ <p>C= Costos de funcionamiento en miles, año 2002, que debe reajustarse al año mediante el IPC. T = Toneladas de residuos al año.</p>	Estos costos incluyen: Personal, asistencia técnica, servicios públicos, construcción chimeneas, impermeabilización inicial entre otros.

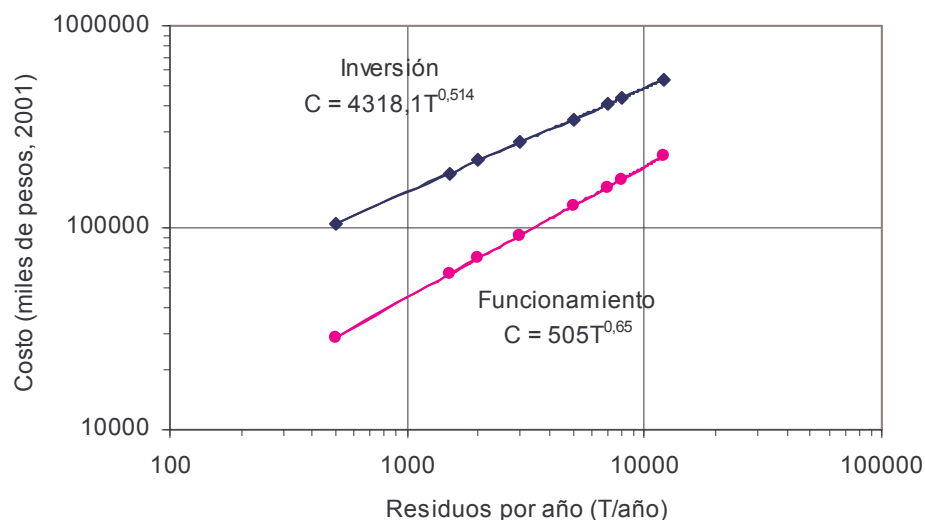


Figura 3.4. Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en Colombia (COLLAZOS y DUQUE, 2001)

En un estudio desarrollado por RENTERIA, 2001 se realiza una comparación de costos de inversión y de operación y mantenimiento de rellenos sanitarios para 10 municipios del departamento del Valle, con poblaciones entre 9.000 y 100.000 habitantes. El estudio se realizó para rellenos sanitarios manuales y mecanizados. Los resultados se muestran en la Tabla 3.7 y la Figura 3.5

Existen diferencias en los costos que se obtienen entre los modelos propuestos por COLLAZOS, 2001 y RENTERÍA, 2001, sin embargo, es necesario resaltar que estos costos dependen de los costos de materiales, mano de obra, equipos, terreno, que son particulares de las localidades colombianas.

Tabla 3.7. Costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en el Valle del Cauca (RENERÍA, 2001)

Municipio	Población (hab)	Manual			Mecánico		
		Producción (t/año)	Costo inversión inicial (\$)	Costos de O&M (\$/año)	Producción (t/año)	Costo inversión inicial (\$)	Costos de O&M (\$/año)
Girardot	90.291	9.264	602.985	99.493	9.264	987.441	84.087
Girón	84.650	8.685	617.462	85.901	8.685	995.484	84.087
Facatativa	70.852	7.269	515.245	82.399	7.269	934.539	84.087
Yumbo	60.985	6.257	458.488	72.220	6.257	902.060	84.087
Chia	48.263	4.952	418.659	65.334	4.952	877.626	84.087
Florida	39.791	4.083	358.674	58.668	4.083	841.141	80.804
Cerrito	33.148	3.401	458.794	58.608	3.401	829.422	80.804
Roldanillo	21.913	2.248	268.464	45.106	2.248	787.659	77.415
Ubate	14.655	1.504	229.720	38.170	1.504	763.218	77.415
Calima Darien	9.486	973	199.461	38.080	973	743.835	51.445

Valores en miles de pesos, 1998

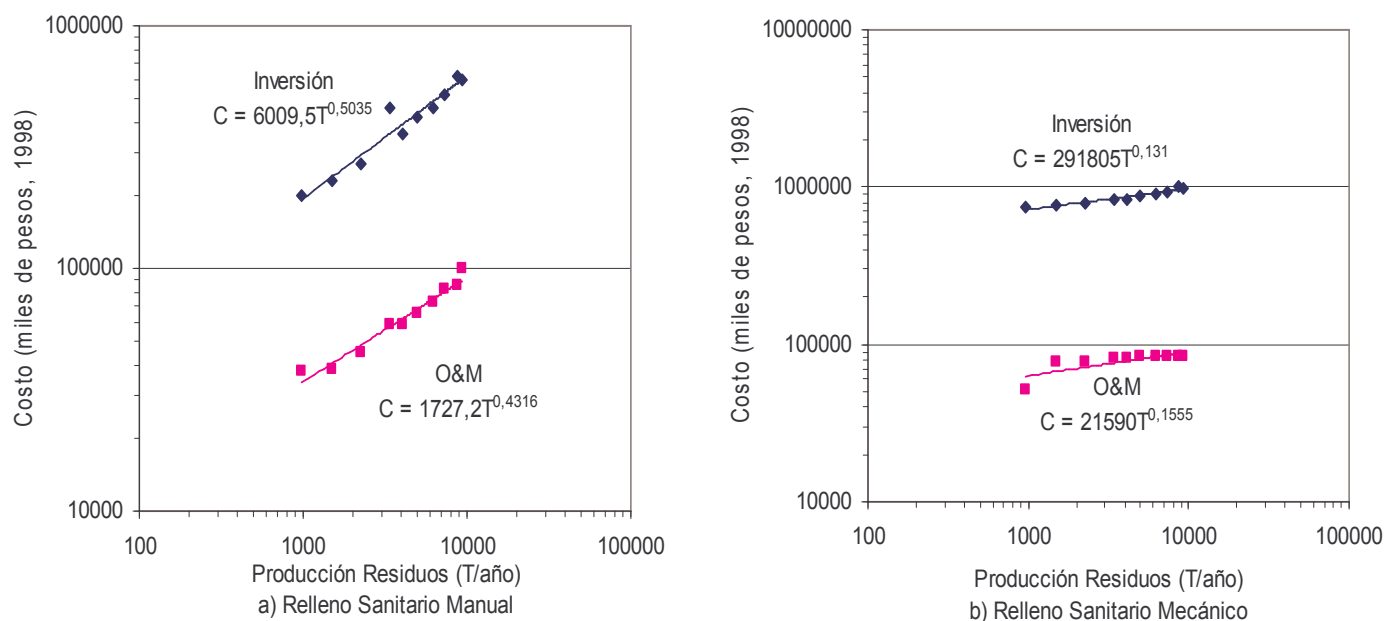


Figura 3.5. Curvas de costos de inversión, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios en el Valle del Cauca (RENTERÍA, 2001)

Estas diferencias también se manifiestan en los porcentajes de participación de los costos totales de implementación de un relleno sanitario en Colombia (CRA, 2005), la Figura. 3.6 muestra estas diferencias para tres tipos de rellenos sanitarios

- RSU 1      relleno que recibe en promedio 1.280 toneladas-día en 20 años (P= 4'200.000 habitantes aproximadamente)
- RSU 2      relleno de 300 toneladas-día promedio en 20 años (P= 100.000 habitantes aproximadamente)
- RSU 3      relleno de 10 toneladas-día promedio en 20 años (P= 30.000 habitantes aproximadamente)

En la Figura 3.6 se muestra que el mayor porcentaje de los costos totales en rellenos sanitarios, están representados en los costos de operación y mantenimiento, los cuales representan aproximadamente entre el 25% al 38% de los costos totales (CRA, 2005)

Es necesario para cada tecnología especificar la cantidad la cantidad de material, herramientas y equipos requeridos para su implementación. En la Tabla 3.8 se muestra un resumen sobre las consideraciones mínimas de costos de inversión que deben tenerse en cuenta en la implementación de rellenos sanitarios (COLLAZOS, 2001).

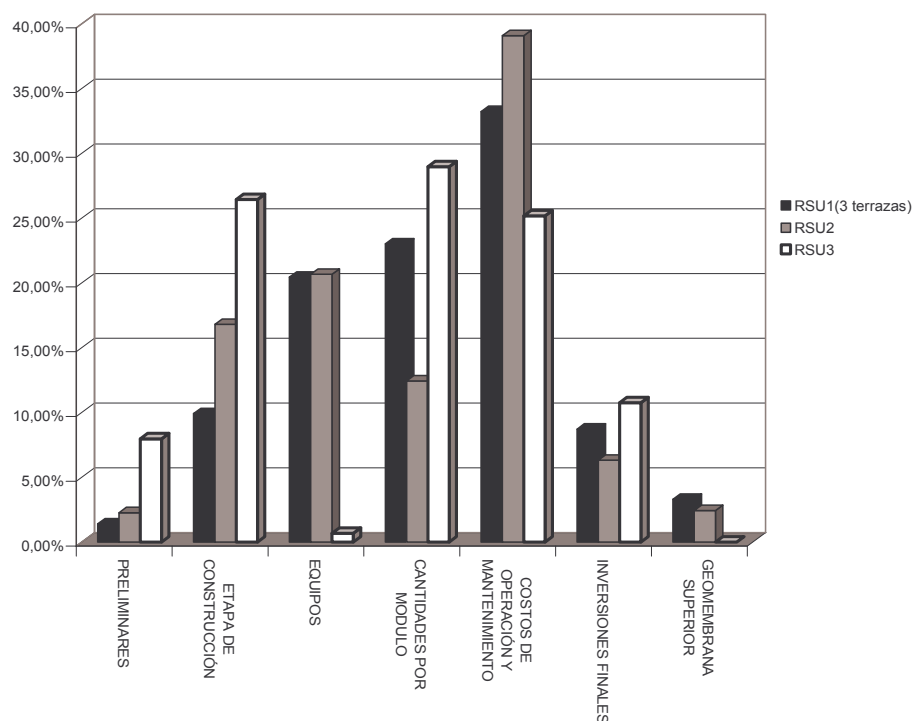


Figura 3.6. Porcentaje de Participación de cada ítem sobre el costo total de un relleno (CRA, 2005)

Tabla 3.8. Resumen de costos de inversión para rellenos sanitarios (Collazos, 2001)

ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario <sup>a</sup> (\$)	Valor parcial <sup>a</sup> (\$)
1	Encerramiento	m		8.947	
2	Valla de identificación	Global	1.00	550.000	55.0000
3	Vía interior	m		13.986	
4	Impermeabilización	m <sup>2</sup>		48.860	
5	Filtro de lixiviados	m		8.579	
6	Canal de aguas de escorrentía	m		21.740	
7	Cabezal de entrega	Global	1.00	52.778	52.778
8	Instrumentación	Global	1.00	**	
9	Laguna de almacenamiento	Global	1.00	**	
10	Sistema de bombeo con tuberías de aspersión <sup>b</sup>	Global	1.00	22'661.584	22'661.584
11	Otros costos			**	
	Subtotal				
	A.I.U. (25%)				
	Costo total				

Nota: Los espacios en blanco indican que su costo está por definirse y dependen de la capacidad del relleno, el grado de tecnificación y la generación de lixiviados

<sup>a</sup>Valores en pesos del año 2000

<sup>b</sup> Ejemplo de un costo global para una altura de impulsión de 40 m y un caudal de 3 l/s

En cuanto a información de costos de otros componentes del servicio de aseo diferentes al de disposición final, la información documentada en la literatura es escasa. Sin embargo, en el software sobre Instalación, Manejo y Comercialización de la Lombricultura y el Compostaje, desarrollado por UNICEF y otras instituciones, se presenta información sobre los aspectos a considerar en la evaluación de costos en la implementación y funcionamiento de estos sistemas en medianos y pequeños municipios de Colombia (MAVDT/UNICEF, 2005). Esta información es considerada en este informe en el Capítulo 4

## 4. ASPECTOS DE COSTOS EN RECOLECCIÓN, TRANSPORTE, RECUPERACIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

### 4.1. COSTOS DE INVERSIÓN

#### 4.1.1. Definiciones

Los costos de inversión son aquellos cuya ejecución se hace en un solo momento y generalmente al inicio del proyecto. Se refieren a elementos que tienen una vida útil mayores a un año y concretamente a infraestructura, instalaciones y equipos.

Los costos de inversión inicial están representados por las inversiones iniciales necesarias para la construcción de la infraestructura física de los componentes del manejo de residuos sólidos como son recuperación, tratamiento y disposición final.

Los principales factores que afectan dichos costos son:

- Tipo de tecnología
- Materiales empleados en la construcción
- Herramientas y equipos de construcción
- Mano de obra
- Requerimientos de terreno
- Condiciones geológicas, climáticas y localización del sitio de construcción
- Criterios de diseño

Para los costos de inversión, es necesario asociar cada concepto o ítem con la vida útil (en este caso, la del relleno sanitario), puesto que las obras de infraestructura serán construidas para el periodo de diseño (JARAMILLO, 2002).

Dentro del análisis de costos de inversión se debe tener en cuenta el porcentaje de utilidad, pues estas obras seguramente serán realizadas por personal diferente al del departamento de aseo municipal. Además, han de agregarse los costos inherentes al diseño del proyecto, que incluye la evaluación ambiental y los costos de la interventoría. Generalmente estos costos varían entre el 3% y el 10% del valor total de la inversión en el caso del diseño y del 5% al 7% en el caso de la interventoría. Adicionalmente se puede considerar un 25% por concepto de A.I.U. (Administración, Imprevistos y Utilidades). (COLLAZOS, 2001)

#### 4.1.2. Costos de inversión en la disposición final de residuos sólidos.

A continuación se describen algunos de los criterios generales para la estimación de los costos de inversión de disposición final de residuos sólidos en relleno sanitario a través de las etapas de implementación. Los principales componentes de los costos de inversión en rellenos sanitarios son:

- a) Estudios y diseños (incluye selección del sitio y levantamiento topográfico)
- b) Adquisición del terreno.
- c) Preparación del terreno y construcción
- d) Adquisición de equipos y herramientas
- e) Clausura del relleno

Para cada uno de ellos se debe especificar cantidad, costo unitario y valor total de la inversión en:

### **a) Estudios y diseños**

Los costos de estudios y diseños varían de acuerdo con el tipo de asistencia técnica que sea requerida. En estos se incluyen:

*Prefactibilidad:* Involucra los estudios técnicos y ambientales de alternativas para el sitio de disposición final, así como la evaluación de los mismos por parte de la autoridad ambiental.

*Factibilidad:* Tiene en cuenta los costos del establecimiento de la línea base a saber:

- Estudio geológico y geotécnico
- Evaluación de la calidad del aire y ruido
- Evaluación cuantitativa y cualitativa de aguas superficiales y subterráneas.
- Estudio hidrológico y meteorológico.
- Estudio de tráfico
- Evaluación demográfica y socioeconómica regional incluyendo los talleres con la comunidad.
- Estudios de fauna y flora.
- Estudios arqueológicos.

*Diseño:* se debe considerar los costos de los diseños del sitio y de sus obras anexas, así como la elaboración del estudio de impacto ambiental y el costo de la evaluación del mismo y del plan de manejo por parte de la autoridad ambiental competente para la obtención de la licencia.

La determinación del valor de los estudios considera los costos personal, así como los de ensayos y demás elementos necesarios.

### **b) Adquisición del terreno**

La adquisición del terreno puede realizarse por compra, alquiler, o donación del lote necesario para la disposición final, su valor depende del costo de la tierra y de la cantidad de área que se utilice.

### **c) Preparación del terreno y obras complementarias**

Los costos de preparación del terreno y obras complementarias se estiman cuantificando los volúmenes de obra de cada uno de los componentes como:

- Limpieza y desmonte.
- Movimiento de tierras (renta de maquinaria).
- Vías de acceso internas y externas.
- Drenaje perimetral.
- Drenaje de lixiviado.
- Encerramiento del sitio en la totalidad del perímetro
- Impermeabilizante
- Cerca de árboles perimetral.
- Caseta de control y almacenamiento de materiales
- Instalaciones sanitarias.
- Cartel de identificación, valla de información, señalización

Estos costos generalmente dependen de la accesibilidad en el sitio a los materiales y equipos requeridos, los cuales son particulares para cada localidad.

Adicionalmente se deben considerar los costos administrativos tales como: puerta de acceso, báscula, sistema de iluminación y de vigilancia; y construcción de la caseta de registro de acceso y pesaje, oficinas de administración, bodega y talleres de mantenimiento, servicios públicos, personal y vigilancia.

También se debe tener en cuenta la necesidad de un almacenamiento de agua ante la eventualidad de no disponer de un sistema de acueducto.

Las vías de acceso internas y externas deben cumplir con ciertas condiciones de accesibilidad estando cerca de una vía principal. Se incluye la construcción de estas vías con sus respectivas cunetas. Las vías temporales y construcción de una bahía de descargue.

*Tratamiento de Lixiviados:* No es posible eliminar de forma definitiva la generación de lixiviados aunque un adecuado manejo reduce su generación. En consecuencia, deben proveerse las estructuras necesarias para su tratamiento y los procedimientos para su adecuado manejo.

#### **d) Adquisición de equipos y herramientas**

**Maquinaria Pesada** El equipo de maquinaria para la operación del sitio de disposición final se debe diseñar para que puedan cubrirse las contingencias de mantenimiento y salidas de operación de alguno de los equipos.

Su cantidad y especificación depende del tamaño del relleno sanitario, de su capacidad operativa y de las actividades específicas que requiere la operación del sitio de disposición. Generalmente se utilizan:

- Buldózer
- Compactador
- Retroexcavadora
- Volquetas doble viaje

Para rellenos sanitarios pequeños no se considera la adquisición de maquinaria pesada para su operación, sino el alquiler en forma periódica de un buldózer de tipo D6R. Como equipo se incluye un apisonador (rana) y un rodillo manual.

**Equipos menores:** Se incluyen: guadañadora, extintores, herramientas tales como palas, picas, barras, hoyadores, machetes, carretillas, baldes, etc.

**Otros equipos:** Se incluye: equipo de topografía, miras, jalones, nivel, cinta métrica, prisma, porta-prisma, trípode, software, cable de transferencia de datos. Equipo de comunicaciones, cámaras de vigilancia y contra incendios.

#### **e) Clausura del relleno**

La clausura del sitio de disposición conlleva el prever los costos de informar a las empresas, a los usuarios y comunidad de la fecha del cierre del sitio y de la forma como se adelantarán las actividades de clausura y post-clausura.

Igualmente, deben considerarse los costos de vigilancia durante todo el periodo de post clausura el cual se ha determinado en diez años y el desmonte de los equipos y sistemas que salen de funcionamiento por el cierre. En la clausura de los diferentes frentes de trabajo se incluye la colocación de las capas de cierre como son:

- La cobertura arcillosa
- Suelo orgánico
- Revestimiento vegetal

La etapa de post-clausura tiene en cuenta:

- Costos administrativos y de gerencia,
- Servicios públicos
- Costos de seguimiento y monitoreo de lixiviados, aguas freáticas y superficiales.
- Costos de mantenimiento de la red eléctrica,
- Superficies del relleno, pendientes, taludes y drenajes
- Costo asociados a las actividades de seguimiento, operación y mantenimiento de los sistemas para manejo de lixiviados, aguas lluvias y gases.
- Costos de interventoría ambiental

De otra parte, se involucran los costos de mantenimiento de la capa final del relleno y de vegetación, que darán el aspecto definitivo al relleno.

#### 4.1.3. Costos de inversión en tecnologías de recuperación

Los costos de inversión en compostaje y lombricompostaje corresponden básicamente a (MAVDT/UNICEF, 2005):

- Infraestructura
- Instalaciones
- Equipos para el procesamiento manual o mecánico

##### **Infraestructura**

Los costos de inversión en infraestructura en compostaje y lombricompostaje incluyen: servicios públicos – agua, energía, alcantarillado y comunicaciones-; y vías de acceso. Estos costos pueden ser relativamente altos, sobre todo cuando se utilizan sitios alejados de la fuente los residuos orgánicos; por tanto, se recomienda que la localización de la empresa se haga en un sitio que ya cuente con estas facilidades.

##### **Instalaciones**

El costo de las instalaciones depende del área requerida para llevar a cabo el proceso de compostaje y lombricompostaje y los materiales utilizados en su construcción

En compostaje se tiene en cuenta: el área de operación, maduración y almacenamiento; áreas libres y de circulación y área de fraccionamiento, así mismo cubiertas, pisos y encerramiento para manejo de vientos

En lombricompostaje se tiene en cuenta: el área de producción del lombricompostado (las camas, corredores y área para el secado de materiales), el área de almacenamiento del producto

El área de administración no depende de la cantidad de materia prima procesada (de que se efectúe compostaje o lombricultura o una combinación de ambos procesos), pues cualquiera que sea la producción ella debe tener: área para oficinas, área para servicios sanitarios, áreas para almacenamiento de herramientas y de insumos, y área para comodidad de los trabajadores (cambio de ropa, descanso). El área de administración puede variar entre 20 y 30 m<sup>2</sup>.

## Equipos

El compostaje, la lombricultura y el reciclaje pueden ejecutarse con diferentes cantidades de equipo, de vida útil mayor a un año (vehículos, mezcladores, separadores, bandas transportadoras, zarandas mecánicas y otras); la utilización de los equipos debe hacerse únicamente si los análisis financieros indican su conveniencia. Se requieren opcionalmente los siguientes equipos:

- Un molino de martillo para fraccionar materiales con alto contenido de humedad en tamaños de 1 a 3 cm.
- Balanzas de piso, una a la entrada y otra a la salida, de acuerdo con el tamaño de la instalación.
- Lavadora industrial para bolsa plástica diseñada para lavar bolsas y telas plásticas.
- Aglutinadora destinada para la trituración de telas plásticas.
- Lavadora industrial para envase plástico.
- Molino para plástico.
- Prensa hidráulica para papel y cartón.
- Trituradora para vidrio.

## 4.2. COSTOS DE REPOSICIÓN

Estos costos están relacionados con los reemplazo de las instalaciones y equipos o de algunos de sus componentes, cuando ha terminado su vida útil por algunas de las siguientes causas:

- Desgaste físico
- Obsolescencia técnica
- Grado de deterioro

La vida útil de los diferentes equipos e instalaciones utilizados en el manejo y disposición de residuos sólidos puede ser estimada de acuerdo con la Tabla 4.1

Tabla 4.1. Vida útil de la infraestructura y equipos utilizados en el manejo de residuos sólidos (UNICEF, 2001)

Equipo o infraestructura	Vida útil
Infraestructura (si es necesario construirla)	10 años
Instalaciones (en materiales no pétreos)	10 años
Instalaciones (en materiales pétreos)	20 años
Equipos con motores eléctricos	5 años
Balanzas	10 años

## 4.3. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación y mantenimiento son los costos que se generan para garantizar que la infraestructura sea operada y mantenida eficientemente, es decir, está asociado a las rutinas periódicas del personal de operación y mantenimiento y la provisión de insumos requeridos (Baca, 1995), estos sirven para estimar el presupuesto anual requerido para operar el sistema de aseo e incluyen:

- Personal
- Herramientas y elementos de protección
- Combustibles, aceites y grasas de los equipos.
- Mantenimiento de los equipos utilizados

- Reparación (repuestos y mano de obra) de los equipos
- Insumos y materiales utilizados para el control de plagas
- Adecuación periódica del sitio (camino, drenajes, excavaciones, etc.).

Los costos de personal incluyen los salarios y prestaciones sociales del personal de la empresa que trabaje permanente o temporalmente, depende del modo de operación (número de turnos, horas nocturnas y festivas, etc.)

El personal requerido se puede calcular según el peso en toneladas diario de residuos a manejar (MAVDT/UNICEF, 2005). La Tabla 4.2. muestra la ecuación correspondiente a cada actividad.

Tabla 4.2. Requerimientos de personal (MAVDT/UNICEF, 2005)

Actividad	Requerimiento de personal
Relleno sanitario manual	$T = 0.06 + 0.54(PB)$
Compostaje	$T = PB/5$
Lombricultura	$T = PB/3$
Empacado y almacenamiento de elementos reciclables	$T = PB/2$

T = número de trabajadores

PB = Toneladas diarias de materia prima

Al número de obreros, se le debe aumentar el costo de un supervisor, que debe ser como mínimo un técnico en saneamiento ambiental de acuerdo con la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Tiempo de supervisor según el número de habitantes (MAVDT/UNICEF, 2005)

Número de habitantes	Tiempo de supervisor (horas/día)
500 - 5000	2
5001 - 10000	4
10001 - 50000	8

La cantidad de herramientas utilizadas dependerá del volumen de residuos sólidos producidos. Los elementos de protección podrían ser dos o tres uniformes por año, botas, gafas, mascarillas y guantes. Sus costos serán calculados según los precios locales. En la Tabla 4.4 se presenta estimativo de algunos requerimientos de herramientas en el relleno sanitario y los procesos de compostaje, lombricultura y reciclaje.

Tabla 4.4. Requerimientos mínimos de herramientas para operación y mantenimiento (MAVDT/UNICEF, 2005)

Herramienta	Cantidad
Rodillos compactadores	1/obrero/año
Machetes	1/obrero/año
Azadón	1/obrero/año
Barras	1/obrero/año
Picas	1/obrero/año
Pisonos de mano	1/obrero/año
Horquillas	2/obrero/año
Rastrillos	3/obrero/año
Bomba manual para fumigar	1/año
Empaques para el producto terminado	1/cada 40 Kg

Tabla 4.4. Requerimientos mínimos de herramientas para operación y mantenimiento (MAVDT/UNICEF, 2005)

Herramienta	Cantidad
Costos de certificación del producto	1/mes
Palas	3/obrero/año
Zarandas metálicas	(Continuación)
Guantes de gamuza	4/obrero/año
Carretas de mano	1/año/t-día de materia prima
Botas de caucho	4/obrero/año
Delantales de caucho	2/obrero/año
Gafas protectoras	2/obrero/año
Tapabocas	12/obrero/año
Termómetro	1/ton-día/año
Higrómetro	1/t-día/año
Papel tornasol para pH	1caja/año/t-día de materia prima
Ayudantes para el compostaje - opcional	1 litro de microorganismos/5 t de materia prima

#### 4.4. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

Cualquiera que sea la modalidad para administrar un servicio público, bien sea a través del municipio, o mediante empresas, asociaciones corporativas, ésta debe atender un área cuyo desempeño garanticen la provisión, continuidad, eficiencia y oportunidad en la prestación del servicio. Tales áreas son:

- Operativa
- Financiera
- Comercial
- Administrativa

En este sentido, los costos administrativos deben considerar:

- Salarios de personal administrativo incluyendo prestaciones sociales
- Depreciaciones de vehículos y equipos; edificios, muebles y enseres
- Reparación y mantenimiento de equipos y edificios
- Insumos de papelería y otros
- Facturación y recaudo
- Seguros
- Capacitación y desarrollo institucional
- Alquiler y servicios públicos
- Impuestos y contribuciones de ley
- Tasas ambientales
- Imprevistos y otros costos

La cantidad de personal administrativo está asociado con el tamaño de la población a servir. La Tabla 4.5 muestra una aproximación de los requerimientos de personal administrativo de acuerdo con el rango de población

Tabla 4.5. Requerimientos y dedicación de tiempo de personal administrativo (MAVDT/UNICEF, 2005)

Número de habitantes	Dedicación personal para administración
500 - 2.000	Un administrador, dos horas diarias Un contador, un mes al año
2.001 - 10.000	Un administrador, tiempo completo Un contador, medio tiempo
10.001 - 50.000	Un administrador, tiempo completo Un contador, medio tiempo Un auxiliar administrativo, tiempo completo

#### 4.5. COSTOS AMBIENTALES

Estos costos consideran el plan de manejo ambiental y las tasas ambientales:

**Plan de Manejo ambiental.** Se tienen en cuenta los costos de seguimiento al Plan de Manejo Ambiental durante la vida útil del relleno, así como los costos de los monitoreos y reportes de cumplimiento de los requisitos establecidos en el PMA. Estos costos incluyen el impacto sobre el medio ambiente durante las fases de implementación y operación y mantenimiento de las instalaciones a lo largo de su vida útil

**Tasas ambientales:** Teniendo en cuenta que la generación de lixiviados puede reducirse pero no eliminarse, y existe la posibilidad de hacer vertimientos puntuales a fuentes superficiales, se considera el pago de tasas ambientales. La valoración de este rubro se hace involucrando un factor regional igual a uno.

#### 4.6. COSTOS TOTALES

Los costos totales se fundamentan sobre el cálculo del costo anual. Los costos de inversión tienen la peculiaridad de durar varios años. Por esta razón se debe calcular un costo anual. De una manera sencilla, este costo anual se puede calcular como el costo total de la adquisición (incluyendo impuestos) distribuido en los años de vida útil del equipo y de las instalaciones.

$$\text{Costo total anual} = \text{costos anuales de funcionamiento} + \text{costos anuales equivalentes de inversión.}$$

#### 4.7. COSTOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

El control de los gastos y el cálculo de los costos de la recolección son aspectos importantes, que permiten (URL - 2):

- a. gestión adecuada de los recursos humanos y materiales;
- b. planificación de los servicios;
- c. actualización de la tasa de aseo, con miras en la cobertura integral de los servicios de limpieza pública;
- d. elaboración del presupuesto municipal;
- e. negociación en condiciones de igualdad con la empresa contratada para prestar el servicio (información es poder);
- f. cálculo de las tarifas que se le deben cobrar al ciudadano por la prestación del servicio.

La clasificación y el cálculo correcto de los costos son fundamentalmente para evaluar el desempeño de los servicios de la empresa como un todo, mejorando la toma de decisiones. (URL - 2)

Los componentes más importantes del costo de los vehículos son: (1) la inversión en vehículos de recolección, (2) los costos directos por vehículo (impuestos de rodamiento, seguros, parqueo, etc.), (3) el consumo de combustibles, aceites y otros insumos y el mantenimiento de los vehículos, (4) la mano de obra para su operación y (5) el respaldo o necesidad de reemplazo de los vehículos en sus períodos de falla o mantenimiento (CRA, 2005).

Los costos se pueden clasificar en fijos y variables. Los costos fijos comprenden los gastos que, en la práctica, no varían con el nivel de actividad de la empresa o el grado de utilización de los equipos. Los costos variables son proporcionales a la utilización de los equipos. (URL - 2)

Esta clasificación, por otra parte, es suficiente para evaluar la efectividad de los servicios y prever el efecto de los cambios introducidos: Algunos costos pueden estar directamente asociados a las distancias recorridas por los camiones como, por ejemplo, el consumo de combustible. Otros están asociados con el número de horas de operación de los vehículos, como el consumo de lubricante utilizado para activar el compactador. (URL - 2)

Para una capacidad instalada en vehículos, la inversión y los costos directos por vehículo constituyen un costo fijo, la mano de obra es un costo semifijo que depende del modo de operación (número de turnos, horas nocturnas y festivas, etc.) y los otros dos (insumos y mantenimiento, y respaldo) son de naturaleza variable en función del uso de los vehículos (CRA, 2005).

### **Costos Fijos**

- Seguros
- Salarios y prestaciones básicas
- Descuentos administrativos
- Parqueaderos
- Impuestos de rodamiento
- Depreciación

### **Costos Variables**

#### *Costos variables dependientes del kilometraje recorrido*

- Consumo de combustible
- Consumo de lubricantes y filtros
- Consumo de llantas
- Mantenimiento y reparaciones
- Lavado y engrase
- Peaje
- Imprevistos

#### *Costos variables dependientes del producido bruto*

- Comisión del conductor
- Retención en la fuente
- Impuesto de industria y comercio

Existen dos aspectos muy característicos del transporte de recolección: depende fundamentalmente del tiempo que se utilizan los vehículos y la distancia recorrida es solo una consecuencia y, dos, las rutinas de recolección tienden a producirse en ciclos semanales o de múltiplos de semana (CRA, 2005)

La cantidad de residuos sólidos recogidos por unidad de tiempo afecta el costo total de una manera no lineal. Por ejemplo, si se compara la opción de utilizar dos vehículos, un turno cada uno, con la opción de utilizar un vehículo dos turnos, el costo de inversión asignable a un período de tiempo en el primer caso es mayor que en el segundo, porque este costo describe una hipérbola decreciente como función de la vida útil<sup>1</sup>. De esta manera, el costo unitario en función de la vida útil (división de la función anterior por las unidades que se transportan en el período de tiempo para cada valor de la vida útil) toma la forma de una U. Es decir, considerando sólo el costo de inversión habría un modo de operación óptimo de un vehículo (horas al día), que sería el que corresponde al punto mínimo de dicha U (CRA, 2005).

## 5. ASPECTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS

### 5.1. NORMATIVIDAD Y POLITICAS

#### 5.1.1. Normatividad

La normatividad en el sector de servicios públicos ha sufrido grandes cambios a partir de la Constitución Política de 1991. En este proceso se confirma que la responsabilidad de la prestación del servicio de aseo recae en el municipio, mientras que los departamentos deben dar apoyo y el nivel nacional desarrollar funciones de planeación, asesoría y promoción a través de regulación y control, se reconoce la libertad de competencia en la prestación del mismo, se admite la importancia de los recursos naturales; y en cuanto a tarifas, expresa que estas deben incluir además de los costos y eficiencia económica, los criterios de solidaridad y redistribución de ingresos.

A partir de 1991 se crea la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios con la función de ejercer control, inspección y vigilancia de los servicios públicos. En 1992 se creó la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, con las funciones de promover la competencia y regular los monopolios, definir criterios de eficiencia y desarrollar indicadores para evaluar la gestión financiera, técnica y administrativa; establecer el régimen y formulas tarifarias; y examinar las condiciones uniformes de los contratos de servicios públicos, entre otras (OPS, 2001).

En 1993, con la Ley 99, se creó el Ministerio del Medio Ambiente, y se introdujeron grandes cambios en el manejo de los recursos naturales. Se crearon centros de investigación y Corporaciones Autónomas Regionales –CARs - las cuales tienen ahora la responsabilidad de preservar de los recursos, los cuales pueden ser afectados por la gestión de los residuos sólidos (OPS, 2001).

En 1994 con la Ley 141 se crea la Comisión Nacional de Regalías, a través de este fondo se cofinancian para el sector de agua potable y saneamiento básico, entre otros proyectos, los de manejo integral de residuos sólidos (OPS, 2001).

En 1994, se promulgó la Ley 142, en la que se establecen las condiciones para regulación, operación, y control y vigilancia de los servicios. Con ella y sus reglamentaciones posteriores, se fortalecieron notablemente los derechos de los usuarios y se ampliaron las funciones de inspección, vigilancia y control sobre las empresas de servicios públicos, siendo este el escenario donde aparece la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (OPS, 2001).

<sup>1</sup> Sigue la función  $i(1+i)^u/((1+i)^u-1)$ , conocida como factor de recuperación del capital, donde  $i$  es la tasa de descuento en el período y  $u$  es la vida útil (en número de períodos).

A continuación se presenta una breve descripción de la normatividad relacionada con el cálculo de costos, tarifas y aspectos de financiación en la gestión de residuos sólidos

**Decreto 565 de 1996. Ministerio de Desarrollo Económico:** Reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con los Fondos de Solidaridad y Redistribución de Ingresos del orden departamental, municipal y distrital para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. El Decreto dicta los criterios básicos para el manejo que se le debe dar a los Aportes Solidarios y Subsidios.

**Ley 622 de 2000. Ministro de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico** Reglamenta la Ley 632 de 2000 en relación con los subsidios y contribuciones para los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y actividades complementarias.

En su apartado de definiciones, la Ley considera:

“Contribuciones : Son las diferentes clases de recursos con que cuentan las entidades prestadoras de los servicios públicos para ayudar a financiar los subsidios definidos en la Ley 142 de 1994 y otorgados por el Alcalde Municipal o Distrital para los usuarios de los estratos subsidiables, y así contribuir a que se obtenga una suficiencia financiera en estas entidades.

Las diferentes fuentes de recursos con que cuentan los Fondos de Solidaridad y Redistribución de Ingresos son los siguientes:

- a. Recursos provenientes de los aportes solidarios o sobrepagos a los usuarios de los estratos 5 y 6; usuarios industriales y comerciales; y usuarios pequeños y grandes productores.
- b. Recursos obtenidos de otros Fondos de Solidaridad y Redistribución de Ingresos del orden municipal, distrital y departamental.
- c. Recursos provenientes de la participación de los municipios en los ingresos corriente de la Nación, tanto los correspondiente a libre inversión como los que deben destinarse al sector de que trata la Ley 60 de 1992 o las normas que la modifiquen o sustituyan.
- d. Recursos provenientes del 10% del impuesto predial unificado para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo y actividades complementarias, al cual se refiere el Artículo 7 de la Ley 44 de 1990.
- e. Recursos provenientes de las regalías por concepto de explotación de recursos naturales no renovables de propiedad del Estado, de acuerdo con la Ley 141 de 1994, o las normas que la modifiquen o adicionen.
- f. Recursos presupuéstales de las entidades descentralizadas del orden nacional o territorial, de que trata el artículo 268 de la Constitución Nacional.
- g. Rendimientos de los recursos, derechos y bienes aportados bajo condición por entidades oficiales o territoriales.
- h. Rendimientos de los bienes, servicios, derechos o recursos de capital aportados por entidades oficiales o territoriales para inversión social,
- i. Otros recursos presupuéstales a los que se refiere el artículo 89.8 de la Ley 142 de 1994, modificado por el artículo 2 de la Ley 632 de 2000”.

La Ley establece de manera global disposiciones generales y habla del procedimiento en relación con los subsidios y contribuciones para el servicio de aseo.

**Resolución 151 de 2001. CRA.** Conocida como la Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, tiene como objeto principal integrar y unificar la regulación expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

En especial su Título IV regula las normas especiales para aseo, en específico con la gestión de residuos sólidos domésticos el documento en donde establece los criterios para:

- Prestación del servicio público domiciliario de aseo: define entre otros las condiciones para el cobro del servicio.
- Régimen Tarifario: Da libertad para la fijación de tarifas.
- Describe la metodología de cálculo de las tarifas máximas con arreglo a las cuales las entidades tarifarias locales deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario de aseo en capitales de departamento y en municipios mayores y menores de 8.000 usuarios.
- Contribuciones de solidaridad y subsidios. Indica entre otros como debe realizarse su cálculo.

**Ley 715 de 2001. Congreso de la República** Establece el Sistema General de Particiones, constituido por los recursos que la Nación transfiere a las entidades territoriales. Los artículos 3 y 76 establecen la “participación de propósito general” que incluyen los recursos para agua potable y saneamiento básico, entre otros para promover, financiar y cofinanciar proyectos de descontaminación de corrientes afectadas por vertimientos, así como programas de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos.

### 5.1.2. Política Nacional para la Gestión de los Residuos Sólidos

La Política Nacional para la Gestión de los Residuos Sólidos se fundamenta principalmente en la Constitución Política, las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994 y el Documento CONPES 2750 MINAMBIENTE-DNP-UPA (Ministerio del Medio Ambiente, 1998). Su objetivo fundamental es “impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico” (Ministerio del Medio Ambiente. 2001).

La política está dirigida a dos componentes:

- Obligación del Estado a orientar y establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades de la gestión de residuos sólidos, desde el punto de vista del saneamiento ambiental. Comprende los aspectos técnicos, económicos, administrativos, ambientales y sociales involucrando la prestación del servicio de aseo. Respecto a los aspectos técnicos, la política involucra líneas de acción en las diferentes etapas que componen la gestión de los residuos sólidos: generación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final.
- La vinculación que el sector privado en cuanto a la generación de residuos, en especial a la temática que concierne la Producción Mas Limpia.

Para el cumplimiento del objetivo Fundamental, la Política para la Gestión de Residuos Sólidos ha establecido tres objetivos específicos:

- |  |  |
|--|--|
| a. Minimización de la cantidad de residuos que se generan.   | Es un presupuesto evidente que la minimización de los residuos que van a los sitios de disposición final se logra si efectivamente se producen menos residuos, esto es, reducción en el origen, que es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales que pueden generarse”. |
| b. Aumentar el aprovechamiento racional de residuos sólidos. | A corto plazo la reducción de la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final, esto es, la minimización de los residuos sólidos, se logra a través del impulso y fomento del aprovechamiento racional de los residuos generados.   |

- c. Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición de residuos sólidos
- Este objetivo se analiza desde dos perspectivas: primero, orientar el manejo de los residuos hacia su eliminación y tratamiento, en especial cuando de éste resultan subproductos aprovechables -energía, biogás, entre otros- y segundo en los casos en que se deban disponer en el suelo, establecer una disposición final controlada.

## 5.2. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN

La política del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, definida en el Plan Nacional de Desarrollo establece a partir del año 1999, la estrategia de Apoyo Financiero que define con mayor detalle el actual sistema de financiamiento, que lo hace más acorde con el contexto de descentralización y apertura a la participación privada en el que se mueve la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico, en especial el servicio de aseo (OPS, 2001).

Se identifica como fuente primaria el cobro de tarifas a los usuarios de los servicios públicos y así mismo, se pretende canalizar y direccionar los recursos hacia las regiones, de manera eficiente y oportuna. De igual modo, se estableció que los municipios deben comprometerse y analizar con mayor detalle el actual sistema de financiamiento, a partir de lo cual deberán surgir los lineamientos para modificar y ajustar los mecanismos e instrumentos existentes y de acuerdo con el contexto de descentralización. La Tabla 5.1 muestra las fuentes de financiación en el sector (OPS, 2001).

Tabla 5.1. Fuentes de financiación de proyectos en el servicio de aseo (UNICEF, 2001)

Fuente de Financiación	Objeto de la Financiación	Beneficiarios	Montos
Recursos Propios <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Municipios</li> <li>▪ Empresas de Servicio Públicos</li> </ul>	Servicio de Aseo Tarifas (Ley 142 de 1994)	Municipios	Inversiones para recuperar vía tarifa.
Transferencias de la Nación Ley 60 de 1993	Saneamiento Básico	Municipios	20% de recursos de transferencias de la Nación al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
Aportes Departamentales	Sistemas de Aseo Municipales	Municipios	Pueden ser contrapartida para recursos del Fondo FINDETER
Organizaciones No Gubernamentales ONG	Apoyo a Programas de Aprovechamiento	Organizaciones y cooperativas de recicladores	
Cooperación Internacional	Proyectos Piloto. Estudios y aplicación	Municipios y sus asociaciones	
FINDETER	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estudios y diseños</li> <li>▪ Fortalecimiento institucional</li> <li>▪ Infraestructura</li> <li>▪ Capacitación</li> </ul>	Entes territoriales, distritos, Empresas de Servicios: pública, privada mixta	Créditos hasta 12 años; 3 años de gracia.
Fondo Nacional de Regalías	Factibilidad y diseños Infraestructura para rellenos sanitarios	Entes territoriales y autoridades ambientales	Hasta 50% del valor del proyecto. El otro 50 % con aportes de autoridades

Las fuentes de financiación del sector se clasifican de acuerdo con la Política Pública en: a) Tarifas, b) Aportes del municipio y/o Departamento, c) Cofinanciación, d) Recursos de crédito, e) Participación privada, f) Recursos de cooperación internacional no reembolsable.

**a) Tarifas.**

La Ley 142 de 1994, establece el régimen de tarifas de los servicios públicos domiciliarios. Con ellas se pretende garantizar la recuperación de los gastos administrativos, de operación y los costos de expansión de los sistemas y reposición de activos, bajo el principio de igualdad ante los costos e ingresos futuros y la aplicación de sobrepagos y subsidios para mantener el equilibrio financiero, dada la capacidad de pago de los usuarios de los servicios. De igual manera, éstas son un mecanismo más expedito para entregar subsidios a los usuarios de menores ingresos. Actualmente se encuentra en vigencia la Resolución número 151 de 2001 y sus resoluciones modificatorias números 153, 156 y 162 de 2001. Sin embargo ya se encuentra en revisión la Resolución CRA 321 y 322 de 2005 que contiene la nueva metodología tarifaria para el servicio de aseo.

**b) Aportes del municipio y/o departamento.**

Estos aportes están constituidos básicamente por recursos propios de estos entes territoriales, dentro de los que se destacan los ingresos tributarios, los no tributarios (tasas, contribuciones y multas) y las transferencias de recursos (Ley 715 de 2001 y Regalías). Estos recursos deben, en primera instancia, cubrir el funcionamiento y la operación de las entidades locales y los excedentes pueden ser utilizados para apalancar recursos de crédito, ampliar las inversiones y constituirse en contrapartidas en la financiación de proyectos y *asignación de subsidios* (OPS, 2001).

**c) Fondos de cofinanciación.**

El Sistema Nacional de Cofinanciación fue creado mediante Decreto 2132 de 1992, con el fin de apoyar parcialmente la financiación de proyectos de competencia de los entes territoriales y que sean de interés de la Nación, mediante la asignación de recursos no reembolsables. El Sistema está conformado, entre otros, por el Fondo de Cofinanciación para la Infraestructura Urbana – FIU - Fondo Nacional de Regalías – FNR- y el Ministerio de Desarrollo Económico – MDE.

Los recursos del FIU se destinan a cofinanciar proyectos en áreas urbanas y rurales, para el sector de agua potable y saneamiento básico, financia proyectos relacionados con acueductos, alcantarillados, tratamiento de basuras, plazas de mercado y mataderos. El FNR, para el sector de agua potable y saneamiento básico, cofinancia entre otros proyectos, los de manejo integral de residuos, sistemas de tratamiento de aguas residuales y por último acueductos y alcantarillados (OPS, 2001).

**d) Créditos nacionales.**

Las principales fuentes de endeudamiento interno están representadas en el crédito de la Financiera de Desarrollo Territorial – FINDETER y la banca comercial.

FINDETER es una sociedad anónima del orden nacional, sometida al régimen previsto para las empresas industriales y comerciales del Estado, sus accionistas son la Nación y los Departamentos. Opera como entidad de redescuento concediendo financiamiento a través de los establecimientos de crédito legalmente autorizados por la Superintendencia Bancaria y financia, en el caso del sector de agua potable y saneamiento básico, acueductos, alcantarillados, aseo público, etc. Las condiciones financieras de los créditos son favorables especialmente porque van dirigidas a largo plazo y requieren garantía de la Nación. Pueden ser prestatarios, entre otros, los municipios, las entidades de economía mixta y privada y, en general, todas las entidades prestadoras de los servicios públicos domiciliarios, de acuerdo con la ley de servicios públicos (OPS, 2001).

**e) Crédito externo.**

Estos créditos los otorga generalmente la banca multilateral, pero también la banca privada internacional. Son utilizados preferencialmente por grandes empresas y por FINDETER para sus operaciones de redescuento (OPS, 2001).

**f) Participación privada.**

La Ley 142 de 1994, estableció las condiciones para la participación de los recursos del sector privado en la prestación de los servicios públicos domiciliarios, a partir de la cual la ha venido desarrollando la reglamentación necesaria con criterios de racionalidad económica y equidad.

**g) Recursos de cooperación internacional no reembolsables.**

La Agencia Colombiana de Cooperación Internacional – ACCI- coordina, administra y promueve la cooperación internacional de las entidades públicas, así como de las oficiales del orden nacional, regional, departamental y municipal. Comprende concesiones, donaciones, o préstamos blandos de ayuda, que los países desarrollados otorgan a los países en vía de desarrollo y aquellos que los países en vía de desarrollo intercambian entre sí. Estos proyectos cubren todas las áreas de desarrollo en concordancia con las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo, así como los lineamientos estratégicos de la cooperación internacional (OPS, 2001).

**5.3. ANALISIS FINANCIERO DE PROYECTOS DE GESTION RESIDUOS SÓLIDOS****5.3.1. Generalidades**

La presentación de un proyecto de inversión, debe estar acompañada de los estudios de factibilidad y requerimientos técnicos, financieros, institucionales, económicos y ambientales solicitados por las autoridades competentes.

El análisis financiero deberá incluir:

- Costo de inversión inicial y futura del proyecto,
- Costos de administración
- Costos de operación y mantenimiento
- Costos financieros (intereses y modo de financiación)

También se debe detallar los ingresos de tarifas y otras fuentes, e incluye una evaluación de la viabilidad financiera del proyecto

**5.3.2. Viabilidad o Rentabilidad Financiera**

La viabilidad o rentabilidad financiera es el resultado de la comparación entre los ingresos y gastos del proyecto, en los que los ingresos anuales deben ser mayores que los costos anuales

Las herramientas que generalmente son utilizadas para evaluar la rentabilidad del proyecto y tomar decisiones sobre su ejecución son: El valor presente neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación costo Beneficio (B/C) (SALAZAR, 2004)

### ▪ Valor Presente Neto (VPN)

Esta es la herramienta más típica utilizada para valorar la rentabilidad de un proyecto, ya que sus resultados en términos monetarios son fáciles de interpretar. Su valor depende del horizonte de evaluación y recuperación de la inversión asumida y de la tasa de descuento utilizada (SALAZAR, 2004)

El Valor presente Neto (VPN) consiste en descontar al presente los beneficios y costos de la alternativa en análisis, incluyendo los valores económicos que pueda haber ya en el presente. Para que la opción se considere viable financieramente, el VPN debe ser (CONSAM, 2004):

VPN>0	Viable
VPN<0	Rechazar Proyecto

**a) Horizonte de evaluación:** Es el periodo en el cual se desean evaluar las inversiones. Es el número de años, entre 1 y 20, durante el cual se va a evaluar el servicio. Se recomienda que sea un período suficiente para que un alto porcentaje del valor de los activos se deprecie (CONSAM, 2004)

En los análisis para la formulación de los PGIRS se sugiere tener como horizonte de evaluación 15 años.

**b) Tasa de descuento:** Es la tasa anual de rendimiento sobre el monto de las inversiones, que la CRA autoriza cargar sobre las tarifas a los usuarios de entidades prestadoras de servicios públicos. La Resolución CRA 151 de 2001, propone una tasa de descuento que oscila entre el 9 – 14%, sin embargo, en la nueva metodología tarifaria propuesta por la Comisión, se plantea como tasa para este parámetro el 13,92% (EA), el cual se deriva del cálculo hecho para los servicios de acueducto y alcantarillado, en los mercados más grandes, donde la posibilidad de acceder a crédito es mayor. Este criterio se deriva de la intención de dar señales al agrupamiento (CRA, 2005).

El regulador fija el valor para la tasa de descuento que remunera las inversiones en el sector de aseo en 13.92% efectivo anual. La tasa de descuento se utiliza en los componentes del servicio de aseo que requieran algún tipo de inversión, es decir, en todos exceptuando el componente de comercialización y recaudo (CRA, 2005).

Para los componentes de barrido y limpieza, recolección y transporte y transporte excedente, la tasa de descuento se emplea en el cálculo de la anualidad correspondiente a la inversión en vehículos.

Para el componente de disposición final se utilizan diferentes flujos de dinero en el desarrollo de los tres tipos de relleno sanitario, los cuales deben ser traídos a valor presente con la tasa de descuento. A su vez, la tasa de descuento se emplea para obtener el valor presente de las toneladas de cada uno de los diferentes tipos de relleno sanitario.

### ▪ Tasa interna de retorno

Mide la rentabilidad que se obtiene sobre el dinero invertido en una propuesta ó alternativa. Para propósitos decisorios, es necesario comparar la TIR de la alternativa bajo análisis con el costo de oportunidad de la persona ó parte interesada en la decisión.

La TIR debe ser igual ó superior al costo de capital del inversionista, para que la opción se considere viable financieramente. Generalmente se busca que la TIR sea mayor a 20% como criterio de selección (CONSAM, 2004).

TIR>20%	Viable
TIR<20%	Rechazar Proyecto

#### ▪ Relación Beneficio Costo

Se entiende como beneficio los ingresos proyectados del proyecto, generalmente esta relación es utilizada en los proyectos que incluyen la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos, tales como actividades de compostaje, lombricompostaje y reciclaje (SALAZAR, 2004).

Los Ingresos Totales Anuales se calculan considerando los ingresos que se puedan obtener por la venta del producto terminado; para su cálculo se debe definir la capacidad de la oferta y la capacidad de la demanda, para obtener el valor de la cantidad real a comercializar:

**a) La capacidad de la oferta (en toneladas por año):** se mide por las posibilidades anuales de producción del producto terminado. Estas posibilidades deben ser reales y por tanto, es recomendable establecer compromisos formales de suministro de la materia orgánica rápidamente biodegradable, por tiempos de al menos 1 año (UNICEF *et al*, 2001).

Para convertir materia prima a producto terminado, se puede multiplicar la primera por 0,6, que es el factor de conversión durante el proceso.

$$\text{Capacidad de la oferta (ton/año)} = \text{cantidad total de materia prima ( ton / año )} \times 0,6$$

**b) La capacidad de la demanda (en toneladas por año):** está establecida sobre las posibilidades reales para vender el producto, expresada como toneladas de producto vendido en el año. Esta cantidad es mucho más variable que la oferta, porque depende del mercado de abonos, de las demandas agrícolas y por tanto de la producción agrícola y de la promoción y conocimiento que se tenga del producto (UNICEF *et al*, 2001).

Para manejar la variabilidad tanto de la oferta como de la demanda, pueden construirse las instalaciones de tal manera que sea relativamente sencillo ampliarlas, en caso de un aumento general y sostenido de la demanda o de la oferta del producto. Esta facilidad de ampliación se refiere especialmente a los espacios de fermentación de la materia prima y al espacio destinado para la maduración en el área de compostaje y al espacio de las camas de lombricomposteo y sus pasillos adyacentes (UNICEF *et al*, 2001).

Al igual que en el caso de la oferta, se recomienda establecer compromisos formales de venta del producto terminado, especialmente con los compradores mayoristas.

Así, la capacidad de la demanda será:

$$\text{Capacidad de la demanda (ton/año)} = \text{cantidad total de producto vendido (ton/año)}$$

El tamaño del proyecto será la menor cantidad entre

La capacidad de la demanda (ton/año) y la capacidad de la oferta (ton/año)

Es claro que la decisión del tamaño depende de múltiples condiciones (espacio, financiación), pero que nunca deberá exceder a la menor de las cantidades entre oferta y demanda. Entonces los ingresos anuales son:

$$\text{Ingresos totales anuales (\$)} = \text{cantidad anual comercializada (ton)} \times \text{precio (\$/ton)}$$

Teniendo en cuenta los ingresos anuales y los costos totales la relación Beneficio/Costo, como criterio de selección tendrá como resultados:

B/C > 1	Viable
B/C < 1	Rechazar Proyecto

## 6. FACTORES Y VARIABLES DE COSTOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Teniendo en cuenta los conceptos y definiciones desarrolladas en los capítulos anteriores se construye la Tabla 6.1 que contiene los principales factores y variables de selección que deben ser considerados cuando las tecnologías sean analizadas desde el punto de vista económico y financiero.

En la selección de tecnología es importante identificar los factores y variables de sostenibilidad de las tecnologías implementadas, es decir, evaluar la posibilidad o conveniencia de ejecutarlo, considerando su viabilidad técnica, legal, financiera, económica, política, social, ambiental, en las que se tiene en cuenta las ventajas que la tecnología ofrece, reducción de los residuos, generación de un producto aprovechable que permita la generación de empleo e ingresos adicionales, y los beneficios ambientales.

Desde el punto de vista económico y financiero es necesario que antes de seleccionar una tecnología se conozcan los costos de inversión, los costos de administración, operación y mantenimiento junto con una proyección de los ingresos y egresos durante el tiempo de vida útil de la tecnología además de evaluar la oferta y la demanda de los productos generados y/o recuperados.

Tabla 6.1. Factores y variables de selección económicas y financieras

Factor	Variables	Indicadores
Costos de las tecnologías	Costos de inversión inicial	$C_{ii} = \sum \text{Costos de inversión inicial y futuras en valor presente}$
	Costos de reposición	$CR = \sum \text{Valor presente de los costos de reposición}$
	Costos de Operación y mantenimiento	$CO\&M = \sum \text{Valor presente } CO\&M_{\text{año/base}}$
	Costos de Administración	$CAD\&M = \sum \text{Valor presente } CAD\&M_{\text{año/base}}$
	Costos de manejo ambiental	$CMAM = \sum \text{Valor presente de los costos por tasas ambientales}$
	Costos Totales en VPN	$CT = \sum \text{Valor presente } (C_{ii} + CO\&M_{\text{año/base}} + CAD\&M)$

Tabla 6.1. Factores y variables de selección económicas y financieras  
(Continuación)

Factor	Variables	Indicadores
Aspectos Financieros	Recursos o fuentes de financiación	Cantidad de recursos disponibles para el financiamiento del proyecto
	Capacidad de la demanda	Cantidad total de producto vendido (ton/año)
	Capacidad de la oferta	Cantidad total de materia prima ( ton / año ) x 0.6
	Ingresos Totales	cantidad anual comercializada (ton) x precio (\$/ton)
	Rentabilidad o viabilidad financiera	VPN $\geq$ 0 (aceptar) VPN < 0 (rechazar) TIR $\geq$ 20% (aceptar) TIR < 20% (rechazar) Beneficio/Costo $\geq$ 1 (aceptar) Beneficio/Costo < 1 (rechazar)
Aspectos Económicos	Tarifa promedio (TP)	Resolución CRA 151 de 2001
	Disponibilidad a pagar (DAP)	DAP $\geq$ CP y DAP < TP Tecnología no sostenible DAP $\geq$ CP y DAP > TP Tecnologías sostenible
	Capacidad de pago (CP)	CP $\geq$ TP Tecnología sostenible CP < TP Tecnología no sostenible

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ACURIO, G.; ROSSIN, A.; TEIXEIRA P. F.; ZEPEDA, F., 1997 Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Panamericana de la Salud Washington D. C.

CEPIS, 1995. Programa de costos según servicios prestados (COSEPRE) para el sistema de limpieza pública guía técnica Lima, Perú

CRA - COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2005. Metodología de costos y tarifas para el servicio público de aseo. Documento de Trabajo. Versión para discusión. Bogotá. Colombia.

COLLAZOS PEÑALOZA, H. 2001. Diseño y operación de rellenos sanitarios. ACODAL. Bogotá, Colombia.

COSAM LTDA, 2002. Modelo Financiero del Plan de Gestión de Residuos Sólidos MF-PGIRS, Cali, Colombia.

JARAMILLO, J. 2002. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales; Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones Universidad de Antioquia, Colombia.

MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / UNICEF - Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2005. Guía para elaborar el plan de gestión integral de residuos sólidos. Municipios menores de 50000 habitantes Modulo 2 Formulación y evaluación de alternativas. Colombia

OPS - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, 2001. Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales. Informe de la prestación del Servicio de manejo de residuos sólidos. Colombia.

RENTERIA, N Y GRUESO, H., 2001. Modelo de comparación de costos unitarios para un relleno sanitario mecánico. Tesis de grado. Universidad del Valle, Colombia.

SALAZAR, D. 2004. Guía de Gestión de Recursos Financieros Municipales. PROARCA/SIGMA

SISPD - SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, 2005. Boletín Tarifario 01 de 2005 Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo

UNICEF-Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio del Medio Ambiente, 2001. Instalación, Manejo y Comercialización de la Lombricultura y el Compostaje. Software. Con el apoyo de Embajada de los Países Bajos; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento; SENA; Alcaldía de Bello, Programa Desarrollo Local; para el Desarrollo de Antioquia. República de Colombia.

#### Referencias URL

URL – 1 [http://europa.eu.int/comm/environment/waste/publications/pdf/compost\\_es.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/publications/pdf/compost_es.pdf) Comisión Europea, 2000. Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recolección selectiva de residuos, Bélgica

URL – 2 <http://www.resol.com.br/cartilha2/servicos/costos.asp> Residuos sólidos urbanos. Manual de Gestión Integral. Visitado Noviembre de 2005.

URL - 3 <http://www.ems-sema.org/milenioambiental/> Milenio Ambiental - Edición No. 2. El manejo de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe: escenarios y perspectivas. Gladys Monje. Visitado Septiembre 2005

URL - 4 [http://www.conama.cl/portal/1255/articles-31698\\_recurso\\_5.pdf](http://www.conama.cl/portal/1255/articles-31698_recurso_5.pdf) Tecnologías de tratamiento y disposición final de residuos sólidos domiciliarios Visitado Septiembre de 2005

URL - 5 <http://www.ems-sema.org/castellano/proyectos/solidaria/residuos.html> Estudio Comparativo de Costos: Manejo Tradicional de Residuos versus Manejo Integral en Tres Municipios de la Argentina" (1998)