



**Para la utilización y/o reproducción
del presente material se deberá
citar la fuente**



HACIENDA

SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO



Encuentro Técnico sobre preparación y evaluación de proyectos para el manejo de Residuos Sólidos Urbanos



Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

Eduardo Contreras V. – Universidad de Chile

Ciudad de México, 19 de Nov. del 2019



ISSN 2518-3923

Manuales
de la CEPAL

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



Residuos sólidos y desarrollo sostenible

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), Río de Janeiro en 1992 (Conocida como Cumbre de Río)

Entre los principales acuerdos logrados está la denominada Agenda 21 : plan detallado e integral para realizar acciones globales que permitan la transición hacia un desarrollo ambientalmente sostenible.

La Agenda 21 tiene cuarenta capítulos, los capítulos 20 y 21 se refieren al manejo ambientalmente adecuado de residuos sólidos industriales y municipales, respectivamente



Residuos sólidos y desarrollo sostenible

Cuatro principales áreas de programas relacionadas con los desechos:

- a) Reducción al mínimo de los desechos;
- b) Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racional 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.



Gestión integral de residuos sólidos

De manera resumida, (adaptado de Programa CYMA, 2008):

- i) Evitar la generación de residuos desde el origen.
- ii) Si no es posible evitar: 3 R
 - Reducir al máximo la generación de residuos desde el origen.
 - Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otra paralela.
 - Reciclar: Valorizar los residuos por medio de la recuperación energética, el reciclaje o el co-procesamiento, entre otros.
- iii) Tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final.
- iv) Disponer la menor cantidad de residuos.



Desafíos por tamaño

**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.



Desafíos por tamaño

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.

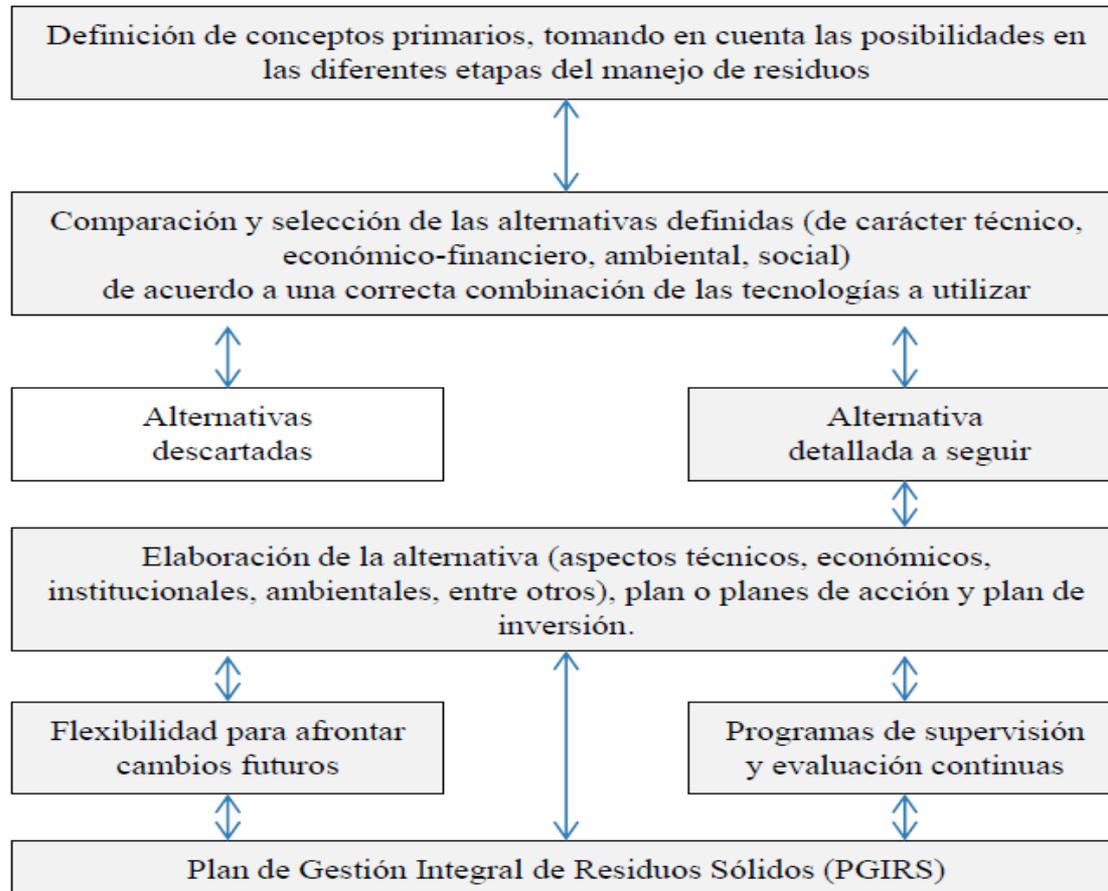
^b Información no disponible

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.



Gestión integral de residuos sólidos

Esquema básico para el desarrollo de un PGIRS



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

Formulación de proyectos:

Contenidos mínimos del estudio

I. Preparación (Formulación o Diseño) del proyecto

a) Antecedentes generales

- Industria, ámbito o sector del proyecto
- Ubicación de la zona de estudio (área de estudio y de influencia)

b) Identificación del problema: árbol de problema y árbol de objetivos.

c) Estudio de mercado

- Oferta
- Demanda



Formulación de proyectos:

d) Diagnóstico

Antecedentes generales + estudio de mercado →
definición de situación sin proyecto.

Ejemplos de resultados de diagnóstico

- Demanda insatisfecha
- Mala calidad de los servicios

e) Optimización de la situación actual

f) Generación de alternativas (Tecnología, tamaño, localización, etc)

g) Selección (preselección) de alternativas.





Evaluación de proyectos:

a) Estimación de beneficios y costos

- La estimación de beneficios y costos es un proceso de tres pasos sucesivos.
 - Identificación / Medición / Valoración
- Depende del agente que hace la estimación :
 - Privados
 - Directos, indirectos
 - Cuantificables (valorables), no cuantificables (no valorables)
 - Sociales
 - Directos, indirectos
 - Cuantificables, no cuantificables.
 - Externalidades





Evaluación de proyectos:

b) Construcción del Flujo de Caja
– FC Social vs FC Privado

c) Cálculo de indicadores

- Valor presente neto (VPN o VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Otros.

d) Financiamiento. Análisis de las distintas alternativas:

- Porcentajes de capital propio vs. Deuda.
- Solicitud de préstamos
- Emisión de bonos o de acciones

d) Análisis de riesgo





Aplicaciones - ejemplos





La gestión de los residuos sólidos en Pérez Zeledón es adecuada

Sistema de disposición de los residuos sólidos funcionando en forma óptima.

Existencia de un nuevo Relleno Sanitario.

Construcción de Nuevo Relleno sanitario

Alta cobertura de recolección de residuos

Suficientes unidades recolectoras

Suficiente recurso humano para ejecutar la labor

Reorganizar Mapas de Rutas de recolección

Compra de Unidades de recolección de basura

Contratación de Recurso Humano



Evaluación del Proyecto

COSTOS DE INVERSIÓN

SECTOR RELLENO	Costo Total
Excavación y relleno en celdas numero 1 y 2, se incluye muro de retención de las celdas	62.000.000,00
Impermeabilización de celdas 1 y 2, además, capa de filtro y protección	150.000.000,00
Sistema Pluvial (canales, cunetas y conducciones)	20.700.000,00
Sistema recolección y conducción de lixiviados desde la celdas 1 y 2 hasta la planta de tratamiento	38.475.000,00
Pozos de monitoreo ambiental	11.970.000,00
Cercado perimetral	49.500.000,00
Caminos internos	27.000.000,00
Sistema de pesaje completo	31.500.000,00
Infraestructura de edificios (caseta vigilancia, área administrativa, bodega, zona de lavado, oficina y fosa de bascula, área de reciclaje y compostaje)	128.250.000,00
Subtotal del Relleno	519.395.000,00
SECTOR PLANTA TRATAMIENTO	
Excavación y relleno (movimiento de tierras)	8.550.000,00
Cercado perimetral	10.260.000,00
Caseta Operador	12.825.000,00
Casa Maquinas	42.750.000,00
Equipos e instalación electromecánica	107.000.000,00
Iluminación	6.700.000,00
Módulos de Tratamiento (2 unidades + (0,25 de uno))	72.675.000,00
Equipo de laboratorio	3.420.000,00
Acometida eléctrica monofásica	12.825.000,00
Subtotal	277.005.000,00
OTROS	
Regencia ambiental	3.600.000,00
SUBTOTAL DE MANODE OBRA, MATERIALES Y EQUIPO	800.000.000,00
Imprevistos 5%	40.000.000,00
Utilidad del contratista 10%	80.000.000,00
Pago de reajustes de precios 10%	80.000.000,00
COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO	1.000.000.000,00



COSTOS OPERACIÓN

GASTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN		533,962,760.46
Salarios	Q26,353,170.00	
Jornales	Q10,050,300.00	
Cargas Sociales	Q10,742,664.00	
Bienes Duraderos	Q11,210,000.00	
Seguros de vehículos y marchamos	Q8,054,280.00	
Servicios Básicos	Q15,600,000.00	
Servicios de Gestión y Apoyo	Q27,840,000.00	
Materiales y Suministros	Q131,629,105.94	
Mantenimiento de Equipo	Q74,250,000.00	
Depreciación de Maquinaria y Equipo	Q60,000,000.00	
Gastos Financieros (intereses del crédito de la adquisición de maquinaria)	Q58,233,240.52	
Gastos Financieros (intereses del crédito de construcción relleno)	Q100,000,000.00	
GASTOS INDIRECTOS		53,396,276.05
Gastos Administrativos (10% sobre gastos directos)	53,396,276.05	
TOTAL DE GASTOS		587,359,036.50

UTILIDAD PARA EL DESARROLLO (10%)	58,735,903.65
--	----------------------

TOTAL GENERAL DE COSTOS	646,094,940.15
--------------------------------	-----------------------



Evaluación Costo Eficiencia

Solución A (anterior) Vida útil 20 años

Toneladas/año del Municipio:

17958

VPC = \$6,500,570,440.70

CAE = \$763,554,564.77

CAE / Tonelada = \$42,518.91

(r= 10%)

$$CAE = VPC \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$



Evaluación Costo Eficiencia

Solución B 85% Inversión A con vida útil 15 años.

Toneladas/año del Municipio:

16150

VPC = \$5,272,824,534.04

CAE = \$693,238,156.35

CAE / Tonelada = \$42,924.96

$$CAE = VPC \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$



Evaluación Costo Beneficio

El Municipio no tiene presupuesto para la inversión. Se licita un proyecto a 20 años, recolectando 17958 ton/año.

Cobro al Municipio 43.540 por ton de residuos

Equivale a que la empresa preste el monto de la inversión y cobre \$135.796.380/año (tasa de 12,23%)



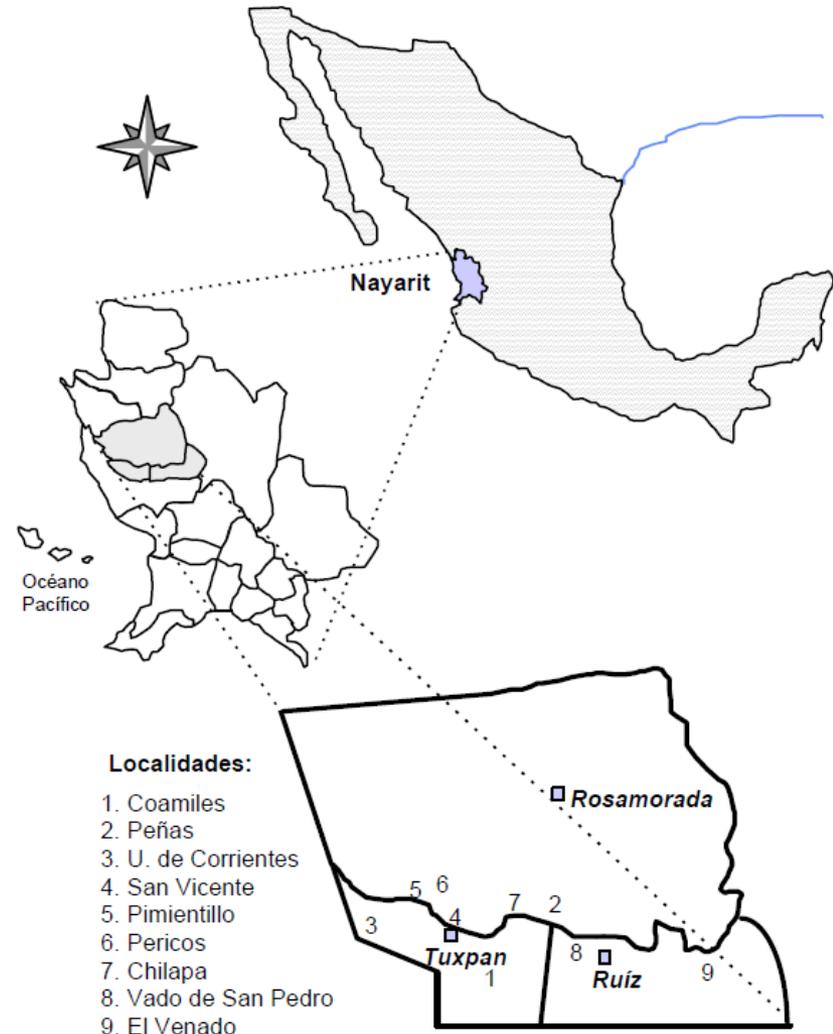
¿Le conviene a la empresa? Asumiendo que no paga impuestos

Flujo de Caja Neto Económico Municipalidad de Pérez Zeledón													
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Ingresos													
Financiamiento Bancario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos por recaudación de tasa de recolección Residencial		0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750	0574.885.750
Ingresos por recaudación de tasa de recolección Comercial		206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463	206.900.463
Total Ingresos	0	781.786.212											
Costos Inversión													
Construcción del Sector Relleno	-0519.395.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Construcción del Sector Planta de Tratamiento	-0277.005.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Indirectos	-0203.600.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Costos de Inversión	-1.000.000.000	0											
Mano de Obra	0	-036.403.470											
Cargas Sociales	0	-010.742.664											
Costos Indirectos	0	-058.735.904											
Bienes Duraderos	0	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000	-011.210.000
Seguros de vehículos y marchamos	0	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280	-08.054.280
Servicios Básicos	0	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000	-015.600.000
Servicios de Gestión y Apoyo	0	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000	-027.840.000
Materiales y Suministros	0	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106	-0131.629.106
Mantenimiento de Equipo	0	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000	-074.250.000
Depreciación de Maquinaria y Equipo	0	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000	-060.000.000
Gastos Administrativos (10% sobre gastos directos)	0	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276	-053.396.276
Total Costos de Operación	0	-487.861.700											
Total Costos	-1.000.000.000	-487.861.700											
Flujo de Caja Neto	-1.000.000.000	293.924.513											

VAN = \$1,502,345,070

Otra aplicación: Determinar la tarifa que cubre los costos

Proyecto de manejo de Residuos Sólidos en los municipios de Tuxpan, Rosamorada y Ruíz, Nayarit. Fuente: CEPEP - México





Otra aplicación: Determinar la tarifa que cubre los costos

Cuadro 2.4 Generación promedio diaria de residuos sólidos por municipio (kilogramos)

Año	Ruiz	Tuxpan	Rosamorada
1997	10,673	20,777	10,409
2000	11,601	22,584	11,315
2005	13,322	25,952	13,002
2010	15,320	29,823	14,942
2012	16,196	31,529	15,796

Fuente: Elaboración propia.





Otra aplicación: Determinar la tarifa que cubre los costos

Cuadro 2.7 Relleno Sanitario: Inversión Inicial

	(Pesos)
Ingeniería	200,000
Terreno	151,497
Movimiento de tierra	375,750
Captadores de Biogas	5,165
Estanque de lixiviados	25,000
Caseta de vigilancia	4,397
Red de lixiviados	17,007
Cerco perimetral	25,732
Equipo ("bob cat")	350,000
Total	\$ 1,154,548



Otra aplicación: Determinar la tarifa que cubre los costos

Cuadro 2.8 Relleno sanitario: costos de operación

Costos de Operación:

Personal	51,100
Equipo: operación y mantenimiento	29,200
Transporte ¹¹	348,525
Total	\$ 428,825





Otra aplicación: Determinar la tarifa que cubre los costos

Generación/Año	11,936	12,272	12,618	12,974	13,340	13,716	14,102	14,500	14,909	15,329	16,663	18,112
Inversiones:												
Ingeniería	200,000											
Terreno	151,497											
Movimiento de tierra	375,750											
Captadores de Biogas	5,165											
Estanque de lixiviados	25,000											
Caseta de vigilancia	4,397											
Red de lixiviados	17,007											
Cerco perimetral	25,732											
Equipo (bob cat)	350,000					350,000						
Total	1,154,548					350,000						
Beneficios:		644,078	662,238	680,910	700,108	719,847	740,143	761,012	782,469	804,530	874,518	950,595
Costos de Operación												
Personal		51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100	51,100
Equipo		29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200	29,200
Transporte		348,525	358,352	368,456	378,844	389,526	400,509	411,801	423,412	435,350	473,222	514,389
Sub total		428,825	438,652	448,756	459,144	469,826	480,809	492,101	503,712	515,650	553,522	594,689
Flujo de Efectivo	(1,154,548)	215,253	223,586	232,154	240,963	(99,979)	259,335	268,911	278,757	288,880	320,996	355,906
V.A. Flujos	(1,154,548)	182,417	160,576	141,296	126,429	(45,222)	101,121	90,392	80,777	73,431	55,074	42,701
VAN	0											



52.5/Tonelada

Evaluación del reciclaje:

Costos de reciclar versus:

Beneficios por ahorros de costos de recolección, transporte y tratamiento.

Beneficios por ahorros de materias primas

Beneficios por ahorro de energía (casos en que residuos sean insumos para generación)

Beneficios por ahorro de emisiones y efectos en salud.



Evaluación Multicriterio

Alternativas	Número de beneficiados	Monto de inversión	Disponibilidad de recursos	Porcentaje de Subsidio	Interés de Inversionistas Privados
Alt 1						
Alt 2						
Alt 3						
Alt 4						
Alt 5						



El AHP (Analytic Hierarchy Process)

Esta metodología (Saaty) ha sido aplicada desde inicios de la década de los 80 por las principales empresas y entes gubernamentales del mundo, en diversos problemas de toma de decisión y planificación. La confección de la jerarquía es un proceso interactivo que realiza el equipo de trabajo



Importancia relativa de los criterios

	Amb	Social	Econ	
Amb	1	1/2	1/4	0,143
Social	2	1	1/2	0,286
Econ	4	2	1	0,571



Una vez completada la Matriz el problema se transforma en un problema de Vectores y Valores propios

$$A \cdot w = \lambda \cdot w$$

Donde

A=Matriz recíproca de comparaciones a pares (Juicios de importancia/ preferencia de un criterio sobre otro)

w= Vector propio que representa el ranking u orden de prioridad

λ =Máximo valor propio que representa una medida de la consistencia de los juicios



Ej: Multicriterio en alternativas

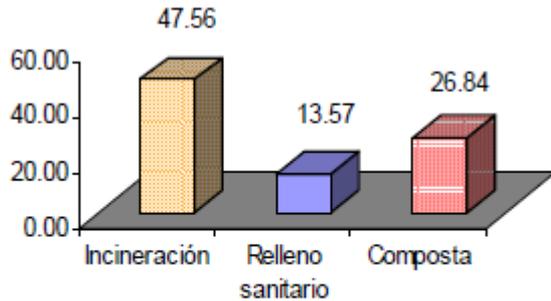


Figura 1 Costo unitario

Tabla 3 Valores de impacto socioambiental

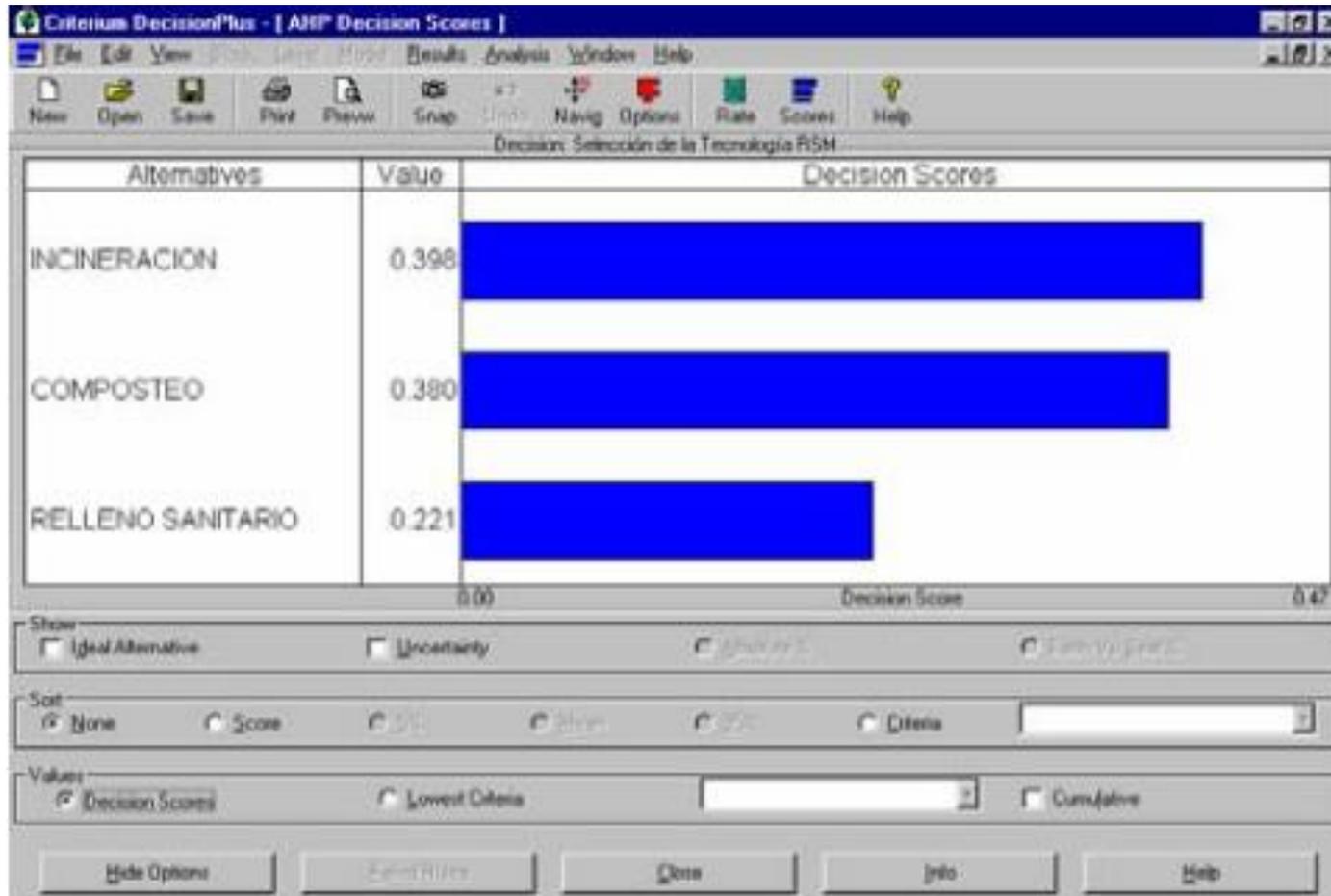
Etapa	Incineración	Relleno Sanitario	Composta
Construcción	-7	-18	-8
Operación	-12	-54	-14
Cierre	0	-41	0
Total	-18	-114	-22

Tabla 5 Emisión y costo ambiental de contaminantes (260,000 ton RSM/año)

PROCESO	EMISIÓN kg/año, (E)			COSTO POR EXTERNALIDAD USD/kg, (CE)			COSTO TOTAL
	CO ₂	NO _x	SO ₂	CO ₂	NO _x	SO ₂	
Incineración	39,754,000	286,000	0.3	715,572	617,760	415,740	1,749,072
Relleno sanitario	45,760,000	28,314	0.028	823,680	61,158	38,802	923,640
Composta	7,540,000	26,104	0.0367x	135,720	56,385	50,859	242,964

Fuente : ANÁLISIS MULTICRITERIO Y EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL
DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

Ej: Multicriterio en alternativas



Ej2: Multicriterio y localización

“Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”. Arlex Fernely Dorado Rodríguez y Ronald Edinson Cerón. Julio de 2012

Tabla 15. Factores a considerar

Factores de localización		Criterio optimo
C1	Mapa General del Suelo***	Suelos sedimentarios con características arcillosas
C2	Grado de la pendiente	3° y 12°
C3	Cobertura vegetal del suelo***	Suelos desnudos o zonas con un porcentaje menor al 40% de vegetación arbustiva.
C4	Precipitación	Área de menor pluviosidad

Fuente: (***) (CEPIS/OPS/OMS, dic.1998)





Tabla 16. Asignación de valores por reclasificación, factor C1: Unidades de Suelo

Unidad	Código	Textura	Valor asignado (aij)
Consociación Cofre	CFa	Franco arenosa	85
	CFb	Franco arenosa	85
	CFc	Franco arenosa	85
	CFd	Franco arenosa	85
	CFe	Franco arenosa	85
	CFf	Franco arenosa	85
Asociación Chapa	CHa	Franco arenosa	85
	CHb	Franco arenosa	85
Asociación Dominguito	Dla	Franco arcillosa	170
	Dlb	Franco arcillosa	170
	Dlc	Franco arcillosa	170
	Dld	Arcillo limosa	170
	Dle	Franco arenosa	85
	Dlf	Franco arenosa	85
Asociación Timbio	GUb	Arcillosa	255
Asociación Limón	LMd	Arcillosa	255
	LMe	Arcillosa	255
	LMf	Arcillosa	255
	LMg	Franco arcillosa	170
Asociación Méndez	MEc	Franco arcillosa	170
Asociación Pubenza	PBa	Franco arcillo arenosa	170
	PBb	Franco arenosa	85
	PBc	Franco arenosa	85
Asociación Porvenir	PEc	Franco arcillo arenosa	170
Asociación Puente	PHa	Franco arenosos y arenosas gruesas	0
Asociación Perolinde	PXa	Franco arenosos y arenosas gruesas	0
Asociación Paz	PZe	Arcillosa	255
	PZf	Franco arenosas	85
Asociación Quilcacé	QCb	Francas	85
	SAb	Francas	85
Asociación Salado	SAc	Francas	85
	SAd	Francas	85
	SAe	Francas	85
	SGd	Arcillosa	255
Asociación Sanguengue	SGe	Franco arenosa	255
	SLd	Franco arcillosa	170
Asociación Silva	SLe	Franco arcillosa	170
	SLf	Francas	85
	STa	Franco limosa	170
Asociación Sotará	STb	Franco limosa	170

Fuente: Propia, 2012.

Asignación de valores por reclasificación, factor C2: Grado de la pendiente

Criterio	Valor asignado (aij)
50 – 75	0
25 – 50	85
12 – 25	170
7 – 12	255
3 – 7	170
0 – 3	85
0	0

Asignación de valores por reclasificación, factor C3: Cobertura vegetal

Criterio	Valor asignado (aij)
Pastos enmalezados o enrastrados	255
Pastos limpios	255
Tierras desnudas o degradadas	255
Bosque Plantado	170
Cultivos Densos	85
Cultivos Semilimpios	85
Bosque Natural Denso	0
Bosque de galería y/o ripario	0
Bosque natural fragmentado	0
Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	0
Ríos	0
Tejido urbano continuo	0
Estanques	0
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0

Fuente: Propia, 2012.

Ej2: Multicriterio y localización

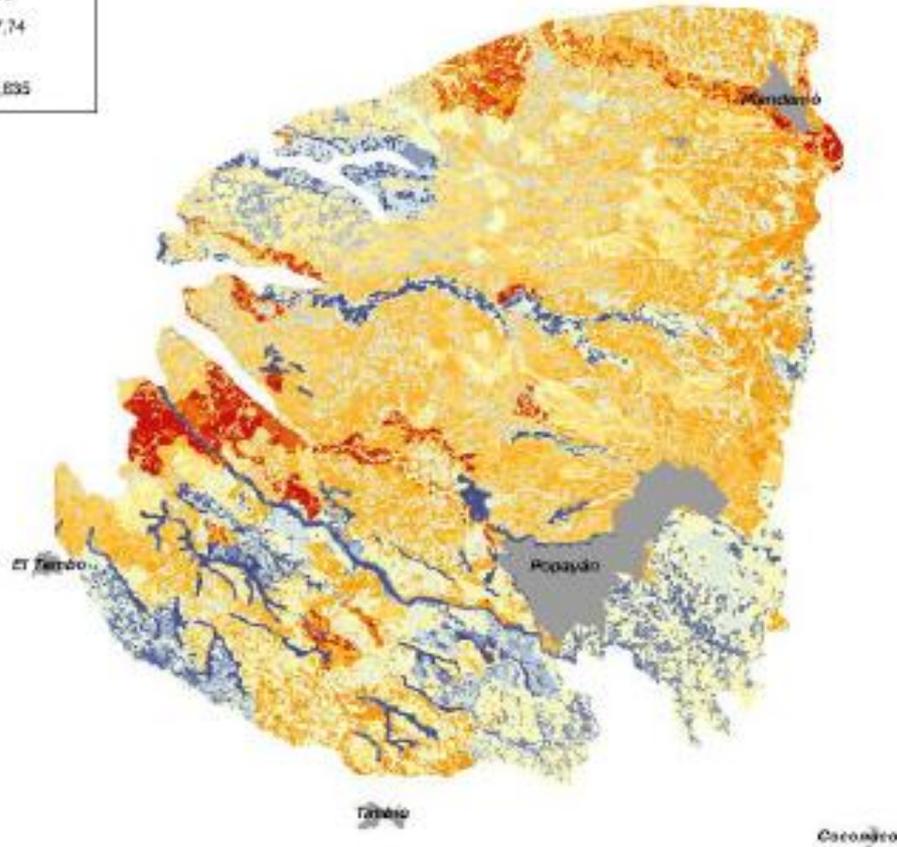
Tabla 19. Matriz de comparación por pares, Factores

Factor	Pendientes	Precipitación	Suelos	Cobertura vegetal	Peso (w_j)
Pendientes	1	2/1	3/1	1	0,140
Cobertura vegetal		1	3/1	1	0,200
Unidades suelo			1	3	0,495
Precipitación				1	0,165

c.r: 0,02

Con estos criterios y valores se calculó el indicador para las distintas áreas del Municipio en escala de 0 (no apto) a 255 (máximo puntaje posible): los valores obtenidos van en el rango de 24,6 (mínimo) a 247,7 (máximo)

Ej2: Multicriterio y localización



¡Gracias!

