

# Plan Nacional de Valorización de Residuos



MANUAL OPERATIVO  
DE VALORIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS  
PARA MEDIANOS Y PEQUEÑOS ASENTAMIENTOS  
DE ARGENTINA



Ministerio de  
Desarrollo Social  
y Medio Ambiente



Secretaría  
de Desarrollo  
Sustentable y  
Política Ambiental





**Dr. Fernando de la Rúa**  
Presidente de la Nación Argentina

**Lic. Carlos Alvarez**  
Vice Presidente de la Nación Argentina

**Prof. Graciela Castagnola de Fernández Meijide**  
Ministra de Desarrollo Social y Medio Ambiente

**Dr. Oscar Massei**  
Secretario de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental

**Lic. Rubén Darío Patrouilleau**  
Subsecretario de Ordenamiento y Política Ambiental

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo...”

CONSTITUCION DE LA NACION ARGENTINA  
Artículo 41



Ministerio de  
**Desarrollo Social  
y Medio Ambiente**



**Secretaría  
de Desarrollo  
Sustentable y  
Política Ambiental**



# Plan Nacional de Valorización de Residuos

Dirección de Calidad Ambiental

Manual Operativo  
de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos  
para Medianos y Pequeños  
Asentamientos de Argentina

Convenio con Fundación SENDA

Dr. Miguel Angel Craviotto  
Director Nacional de Ordenamiento Ambiental

Arq. María Rossi  
Directora de Calidad Ambiental

## INTRODUCCION INSTITUCIONAL

La Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, tomado conocimiento sobre las actividades que se desarrollaban en el Organismo Ambiental Nacional y en particular en el marco del PLAN NACIONAL DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS (PNVR), ha dispuesto impulsar y fortalecer dicho Plan.

En tal sentido se consideró oportuno dar publicidad al documento "Manual Operativo de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos para Medianos y Pequeños Asentamientos de Argentina" elaborado en el marco de un convenio con la Fundación SENDA, ONG de reconocida trayectoria en esta temática.

El Organismo Ambiental Nacional asumió el compromiso de implementar lo enunciado en Agenda 21, y comenzó a desarrollar, a través de la Dirección de Calidad Ambiental (DCA) y en cooperación con el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), tareas conducentes a la formulación de un plan que, a escala nacional, estableciera directrices generales sobre la gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos (RSU).

*Agenda 21, en su capítulo 21, "Manejo Ecológicamente Racional de los Desechos Sólidos y Cuestiones Relacionadas con las Aguas Servidas" enunció cuatro criterios a tomar en cuenta para el mejoramiento del manejo de los residuos sólidos urbanos:*

- A. Reducción al mínimo de los desechos*
- B. Aumento del aprovechamiento y reciclado ecológicamente racional de los desechos*
- C. Promoción de la eliminación y tratamiento ecológicamente ambiental de los desechos remanentes de la clasificación*
- D. Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos*

Asimismo 1998 fue declarado, en nuestro país, el "Año de los Municipios". Siendo los municipios los responsables directos del manejo de los residuos sólidos urbanos se previó, concurrentemente, 1998 como el año del inicio del PLAN NACIONAL DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS (PNVR) en su etapa operativa vinculada a los residuos sólidos urbanos de pequeños y medianos asentamientos.

En el marco del citado Plan y dando respuesta a la demanda constante y creciente de asistencia técnica por parte de los pequeños y medianos municipios de todo el país para lograr la transformación de su gestión de RSU, la Dirección de Calidad Ambiental tomó la iniciativa de elaborar un Manual que guíe a los responsables de tal transformación hacia la opción ambientalmente más adecuada de acuerdo a las condiciones preponderantes en cada caso.

Así es, que en el marco del convenio celebrado en diciembre de 1997 entre la SRNyDS y la Fundación SENDA, cuyo objeto es el establecer entre las partes una relación de colaboración e intercambio recíproco destinado, primordialmente, a la realización de tareas vinculadas a la valorización de los residuos sólidos urbanos, se ha elaborado el presente Manual que recoge, sintetiza y complementa las iniciativas y prácticas adecuadas de manejo en materia de Residuos Sólidos Urbanos, que han demostrado ser exitosas en el contexto Argentino.

Definiendo como Residuo Sólido Urbano (RSU) a todo aquel material que sea desechado por la población, pudiendo ser éste de origen doméstico, comercial, industrial, desechos de la vía pública y los resultantes de la construcción, y que no sea considerado peligroso en el marco de la Ley Nacional 24051 y sus decretos reglamentarios.

Entendiendo por valorización de RSU a la transformación de los residuos que hoy se disponen como desechos sin previo tratamiento, en recursos reutilizables.

Así es, que la valorización de los RSU se alcanzará a través de los procesos de reutilización, reducción y reciclaje de los mismos transformando su gestión, caracterizada por el simple manipuleo de los mismos, en sistemas integrados sostenibles.

La valorización de los RSU engloba a todas las etapas del ciclo de vida de los RSU y articula los beneficios ambientales, optimización económica y concertación social, dentro de un sistema práctico y sostenible. También combina una serie de opciones en cuanto a los tratamientos a utilizar incluyendo entre ellos la reutilización, recuperación y clasificación del material reciclable, compostaje de la fracción orgánica de los RSU, biogasificación, recuperación de energía y vertederos controlados utilizados únicamente para la disposición final de aquella fracción de los RSU que no pueda ser recuperada por los métodos citados anteriormente.

Actualmente se ha difundido la idea que la transformación del sistema de gestión de RSU, debe ser realizada a través de la instalación de plantas, llamadas comúnmente “de Reciclaje”. Sería aconsejable reemplazar “reciclaje” por “separación y clasificación” ya que los elementos llamados comúnmente “inorgánicos”, componentes de los RSU, no sufrirán ningún tipo de transformación como resultado de las operaciones realizadas en este tipo de plantas.

En este sentido, es destacable la importancia que algunos Municipios del País le han dado a la instalación de la planta de separación a la hora de formular sus proyectos de RSU. Sin embargo, de acuerdo a las experiencias exitosas que han sido registradas por la Dirección de Calidad Ambiental, su instalación no ha sido la actividad clave necesaria para concretar la transformación de la gestión de RSU, sino que es sólo una parte del proceso de valorización.

La participación de la comunidad en este tipo de emprendimientos ha sido muy importante dentro del proceso de valorización. Así es, que la comunidad, representada por los sectores de la misma con mayor interés en trabajar en el tema ambiental, organizada a través de Organizaciones no Gubernamentales (ONGs), Eco-Clubes, y trabajando en forma conjunta y coordinada con las Municipalidades, ha contribuido a que la valorización de RSU se haya impuesto en más de una centena de municipios del País.

El siguiente punto clave es la comercialización de los materiales inorgánicos recuperados y del compost. Para esto es necesario contar con una demanda constante lo cual condicionará una oferta homogénea, estandarizada y también constante. Con relación al flujo de producción algunas localidades del país, que luego de iniciado el proceso de separación, no encontraban salida para su producto, se han agrupado en Cooperativas de Comercialización, de manera de asegurarse una producción constante y evitar la competencia entre las mismas.

Es de destacar que la demanda de este tipo de materiales actualmente es muy baja, y que de acuerdo con la información suministrada a la Dirección de Calidad Ambiental por municipios integrantes de una cooperativa de Municipios de la Provincia de Santa Fe, las industrias que compran el material se encuentran alejadas de los centros de producción, implicando esto, que el costo del flete supere al valor del producto que se desea comercializar. Es necesario comprender que la demanda es la que impone las condiciones en las que un producto determinado debe ser entregado, por lo que en muchos casos los plásticos recuperados deben estar clasificados según tipo, limpios y triturados, el vidrio clasificado según color y molido y así sucesivamente.

Otra solución encontrada por algunos municipios al problema antes mencionado, ha sido la de fomentar el desarrollo de micro-emprendimientos de reciclaje, demostrando los mismos haber sido exitosos en el contexto local. Dentro de éstos podemos mencionar a las plantas de reciclado de plástico en las Provincias de Neuquen y Misiones y la Fundición de latas de Aluminio en la Provincia de La Pampa.

Por último, la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, y en particular la Dirección de Calidad Ambiental, desea que el contenido de este manual conjuntamente con el material recopilado en la Evaluación de Desempeño de Plantas de Separación de Residuos Sólidos de la República Argentina, incorporado en la página web de la Secretaría, pueda ser utilizado para dar solución a gran parte de los problemas ambientales, económicos y sociales generados, actualmente, por la inadecuada gestión de los RSU en el territorio Nacional.

Febrero de 2000.

## PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS

### PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS (PNVR)

La valorización de residuos es reconocida como una de las estrategias de protección ambiental y como tal dicha estrategia debe ser promocionada por el Organismo Ambiental Nacional.

El PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS se sustenta en el PRINCIPIO BASICO DE ENFOCAR AMBIENTALMENTE A LOS RESIDUOS a través de las siguientes premisas:

- El residuo puede ser REDUCIDO o DISMINUIDO, en cantidad y/o calidad, mediante procesos y pautas de producción, consumo y/o comercialización que lo minimicen y/o eliminen.
- El residuo no es siempre un DESECHO a destruir o confinar, sino también un posible RECURSO a potenciar y recuperar.
- VALORIZAR los residuos implica OPTIMIZAR SUS CARACTERISTICAS DE FORMA / MATERIA / ENERGIA, mediante procesos, hasta hoy conocidos, de reutilización, recuperación y reciclado.

El PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS asume las siguientes Etapas Operativas (EO periodo 1999 / 2002):

#### EO/1 Residuos Sólidos Urbanos en Pequeños y Medianos Asentamientos

2000 a 10.000 hab.	1 / 5 Tn. / día
10.000 a 100.000 hab.	5 / 50 Tn. / día
100.000 a 200.000 hab.	50 / 100 Tn. / día

#### EO/2 Residuos Sólidos Agropecuarios

El PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS reconoce 4 Actuaciones Estratégicas:

- AE/1 Normatizar a escala Nacional / Provincial / Municipal.
- AE/2 Separar para Recuperar.
- AE/3 Reducir la Generación / Consumo / Comercialización de Envases.
- AE/4 Informar e Involucrar a Generadores / Usuarios de Residuos / Envases.

El PLAN NACIONAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS se implementará mediante una GESTION CONSENSUADA que reconoce tres (3) Organizaciones de Gestión / Investigación / Financiamiento que garanticen el compromiso de todos los agentes involucrados en el Ciclo de Vida de los Residuos y en el Efectivo Desempeño del Plan:

1. OGS - Ejecutivo y Legislativo a Escala Nacional/ COFEMA / Provincias / Municipios.
2. OEs - CEMPRE, Asociaciones Industriales / Cámaras / Empresas.
3. ONGs- Fundación SENDA y otras / Ecoclubes / Cooperativas.

# **EL MANUAL OPERATIVO DE VALORIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS ASENTAMIENTOS DE ARGENTINA** fue realizado en el marco del convenio entre la **Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de Presidencia de la Nación** y la **Fundación Senda**.

Intervinieron en la elaboración del presente manual:

- **Arq. Eduardo Fileni** Director del Proyecto y autor de la obra.
- **Dr. Alberto Pomés** Co-director del Proyecto y Supervisor de contenidos.
- **D.I. Alejandra Budnik** Diagramación y digitalización de la obra.
- **Srta. Evangelina Stadelman** Apoyo al proyecto.

La Fundación Senda y el autor desean, además agradecer la asistencia de los siguientes expertos que suministraron documentos, informes escritos, datos u opiniones que colaboraron en la realización de esta obra:

- Dra. Dora P. Sereno Municipalidad de Intendente Alvear (Prov. de La Pampa).
- Dr. Alberto Giori Municipalidad de General Pico (Prov. de La Pampa).
- Sr. Sergio Gómez Municipalidad de General Pico (Prov. de La Pampa).
- Sr. Andres Segna Municipalidad de General Pico (Prov. de La Pampa).
- Sr. Ignacio López Municipalidad de General Pico (Prov. de La Pampa).
- Ing. Carlos Maldini Chajarí (Prov. de Entre Ríos).
- Ing. Alberto Zaro Arequito (Prov. de Santa Fe).
- Ctdor. Jorge Variego Armstrong (Prov. de Santa Fe).
- Dr. Eduardo Mari Instituto de Geología Minera Argentina.
- Ing. Mauricio Gursk Cámara Argentina del Aluminio.
- Sr. Alberto Mirabelli Universidad de Buenos Aires.
- Sra. Ana Lamadrid Municipio de Dolores (Prov. de Buenos Aires).
- Ing. Horacio Toubes Norwin S.A.
- Ing. Pascual Locane Servicios Públicos – Gobierno de la Ciudad de Bs. As.
- Arq. Alfredo Irigoin Intendente Municipal de Laprida (Prov. de Buenos Aires).
- Sr. Oscar Giubilini Well Plast S.A.
- Sr. Hector Carmelino Municipalidad de Comodoro Rivadavia (Prov. de Chubut)
- Sr. H. Quiroga Planta de tratamiento de Residuos – Caleta Olivia (Prov. de Santa Cruz).
- Sr. R. Palo Oliver Municipio de Esperanza (Prov. de Santa Fe).
- Sra. Laura Maruschak Trelew (Prov. de Chubut).
- Sr. Carlos Vacobera Municipalidad de S. C. de Bariloche (Prov. de río Negro)
- Sr. Pablo Costa Diario La Nación – S. C. de Bariloche.
- Municipalidad de Trenque Lauquen (Prov. de Buenos Aires).

# MANUAL OPERATIVO DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS ASENTAMIENTOS DE ARGENTINA.

## INDICE GENERAL

### PREFACIO

INTRODUCCION.....	1
EL PROCESO DE VALORIZACIÓN DENTRO DEL CICLO DE VIDA DE LOS RSU.....	3
1. DATOS BÁSICOS A CONSIDERAR.....	5
1.1. DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	5
1.2. CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL A DISPONER.....	5
2. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE CALCULO.....	6
2.1. INDICES DE GENERACIÓN GENÉRICA EN PESO.....	6
2.2. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS ESPECÍFICOS.....	7
2.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS.....	8
3. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	9
4. ESTIMACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE MATERIAL A SER MANEJADOS.....	10
4.1. CONTROL LEGAL SOBRE LOS RESIDUOS.....	10
4.2. INCIDENCIA DE LOS RECICLAJES PERSONALES.....	11
5. ESTIMANDO LA GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS.....	12
5.1. EXPECTATIVAS DE PARTICIPACIÓN.....	13
6. ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO.....	13
6.1. ASPECTOS.....	13
6.1.1. Formulación.....	13
6.1.2. Costo.....	14
6.1.3. Publicidad.....	14
6.1.4. Soporte Político.....	14
6.1.5. Continuidad.....	15
6.1.6. Realismo.....	15
1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE R.S.U. ....	17
2. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y LIMITACIONES.....	17
2.1. NIVEL DEL SERVICIO.....	17
2.2. LOS ROLES DEL SECTOR PÚBLICO Y DEL SECTOR PRIVADO.....	17
2.3. SISTEMAS DE FINANCIACIÓN.....	18
2.4. CONTRATOS DE TRABAJO.....	18
3. CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE RESIDUO, VOLÚMENES GENERADOS Y AREA SERVIDA.....	18
4. OPCIÓN A CONSIDERAR: RECOLECCIÓN PRIVADA O PÚBLICA.....	18
4.1. RECOLECCIÓN MUNICIPAL.....	18
4.2. RECOLECCIÓN CONTRATADA.....	18
4.3. RECOLECCIÓN PRIVADA.....	19
5. DETERMINACIÓN DEL FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA.....	19
5.1. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE LA TASA MUNICIPAL.....	20
5.2. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO FIJO.....	20
5.3. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO VARIABLE.....	22
5.4. CONTROL DE LOS COSTOS.....	22
6. DETERMINAR FORMAS DE PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS A SER RECOLECTADOS.....	23
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES O CONTENEDORES.....	23

6.2 SEPARACIÓN EN ORIGEN.....	24
6.3 PUNTOS FIJOS DE RECOLECCIÓN .....	25
6.4 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN .....	25
7. EQUIPOS Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA RECOLECCIÓN.....	26
7.1 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO .....	26
7.1.1. Tipos de equipos .....	26
7.1.2 Cantidad de mano de obra.....	27
8. MONITOREO DEL COSTO Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA.....	27
1. COMPRESION E IMPLEMENTACION DE LA REDUCCION EN ORIGEN.....	30
1.1. DEFINIENDO REDUCCIÓN EN ORIGEN .....	30
1.2. LA REDUCCIÓN EN ORIGEN COMO PRIMERA ACCIÓN PREFERIBLE .....	30
2. LA POLÍTICA DE REDUCCIÓN EN ORIGEN.....	30
2.1. COMPRAS MUNICIPALES.....	30
2.2. GUÍAS DE IMPLEMENTACIÓN DE REDUCCIÓN EN ORIGEN PARA EL SECTOR COMERCIAL.....	31
3. REDUCCIÓN EN ORIGEN REALIZADA POR LOS RESIDENTES.....	31
3.1. INCENTIVOS ECONÓMICOS.....	32
3.2. LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS VERDES.....	32
3.3. PRECICLADO O ECO-COMPRA A NIVEL DE LOS CONSUMIDORES .....	33
1. DESARROLLO DE UN PROYECTO DE RECICLAJE: ENCARANDO UN SISTEMA .....	35
1.1. UTILIZANDO LOS RECURSOS DISPONIBLES .....	35
1.2. RECICLAJE COOPERATIVO.....	36
2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROYECTO DE RECICLAJE.....	37
2.1. EVALUACIÓN DE LOS MERCADOS Y LAS ESTRATEGIAS DE DESARROLLO.....	38
2.2. LA ESTRUCTURA DE UN MERCADO PARA MATERIALES RECICLABLES .....	38
2.2.1. Estructura del mercado.....	38
RECOLECTORES: .....	39
PROCESADORES:.....	39
CONVERTIDORES:.....	39
AGENTES INTERMEDIARIOS:.....	39
MERCADOS FINALES: .....	39
2.2.2. Formas usuales de funcionamiento:.....	40
3. LOS MERCADOS DE MATERIALES ESPECÍFICOS .....	41
3.1. ESTADO DE LOS MERCADOS DE MATERIALES ESPECIFICOS ACTUALES EN ARGENTINA .....	41
3.1.1. Papel / Cartón .....	41
TIPO .....	41
3.1.2. Vidrio .....	42
3.1.3. Plásticos (PEAD y PET).....	44
3.1.4. Aluminio.....	45
4. EVALUACION DEL MERCADO DE RECICLABLES.....	45
4.1. DETECCIÓN DE LOS POSIBLES COMPRADORES.....	46
4.2. CONTACTO CON LOS POSIBLES COMPRADORES.....	46
4.3. SELECCIÓN DE LOS COMPRADORES Y FORMALIZACIÓN DE ACUERDOS .....	47
5. METODOS DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLABLES: SU EVALUACION Y ELECCION.....	47
5.1. METODOS DE RECOLECCION DE LOS RECICLABLES .....	48
5.1.1. Recolección en Puntos Fijos .....	48
5.1.2. Separación en Origen.....	48
5.1.3. Recolección de Residuos Mezclados .....	49
5.1.4. Recolección húmedo/seca.....	49
6. ORIGEN DE LOS RESIDUOS .....	50
6.1. RESIDUOS PROVENIENTES DE INDUSTRIAS O COMERCIOS.....	50
6.2. RESIDUOS PROVENIENTES DE NEGOCIOS AL POR MENOR .....	50
6.3. RESIDUOS PROVENIENTES DE RESTAURANTES Y BARES .....	50
6.4. RESIDUOS DE INSTITUCIONES.....	50
6.5. MADERA PROVENIENTE DE DEMOLICIONES Y REFACCIONES .....	50

7. CARACTERIZACIÓN DEL MÉTODO DE RECOLECCIÓN ELEGIDO.....	51
7.1. CARACTERÍSTICAS DEL OPERADOR.....	51
7.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS DESTINADOS A LA RECOLECCIÓN DE RECICLABLES .....	52
7.3. PROBLEMAS ESPECIALES DE LA RECOLECCIÓN DE RECICLABLES .....	53
8. OPERACIONES DE PROCESAMIENTO ELEGIDAS .....	53
8.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE RECUPERACIÓN.....	53
8.2. LA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE RECICLABLES (PR).....	54
8.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS PR .....	55
8.3.1. Area de descarga .....	56
8.3.2. Area de tránsito para materiales peligrosos.....	57
8.4. ELECCION DE OPERACIONES Y EQUIPO: MANO DE OBRA VS. MAQUINAS .....	57
8.4.1. Cintas transportadoras .....	59
8.4.2. Densificación y procesamiento.....	60
8.4.3. Movimiento de materiales dentro de la PR .....	60
9. CONSIDERACIONES SOBRE LA ETAPA INICIAL DE UN PROYECTO DE RECICLAJE .....	61
9.1. ETAPA-PILOTO.....	61
9.2. RECICLAJE VOLUNTARIO.....	61
9.3. RECICLAJE OBLIGATORIO .....	62
9.4. PROYECTO DE EDUCACION Y DIFUSION.....	62
1. EL COMPOSTAJE: UN PROCESO BIOLÓGICO.....	65
1.1. LOMBRICULTURA .....	66
1.2. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE.....	67
1.3. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE.....	67
1.4. EL COMPOSTAJE EN RELACION A LOS METODOS DE RECOLECCION .....	70
1.4.1. Compostaje de RSU separados en origen.....	70
1.4.2. Compostaje de RSU mezclados .....	70
2. DESARROLLO DE UN PROYECTO DE COMPOSTAJE .....	71
2.1. FORMULACIÓN .....	71
2.1.1. Metas que perseguirá el proyecto de Compostaje .....	72
2.1.2. Identificación del material a compostar.....	72
2.1.3. Compatibilización con operaciones existentes.....	73
3. COMPOSTAJE – METODOS USUALES.....	73
3.1. DISPOSICION EN HILERAS.....	74
3.2. PILAS ESTATICAS AIREADAS .....	74
3.3. COMPOSTAJE EN RECINTOS CERRADOS.....	74
3.4. CRIBADO Y ESTABILIZACION .....	75
3.4.1. Cribado.....	75
3.4.2. Estabilizacion .....	75
4. MERCADOS Y COMERCIALIZACION.....	76
4.1. ESTRATEGIAS DE MERCADO.....	76
4.2. USOS POTENCIALES DEL COMPOST .....	77
4.3. CALIDAD DEL COMPOST: SU INFLUENCIA EN LA COMERCIALIZACION .....	79
4.4. DISTRIBUCION DEL PRODUCTO.....	81
5. RELACION ENTRE ORIGEN DEL MATERIAL COMPOSTADO Y SU COMPOSICION FINAL.....	81
5.1. COMPOST A PARTIR DE ORGANICOS SEPARADOS EN ORIGEN.....	81
5.2. COMPOST A PARTIR DE RSU MEZCLADOS.....	82
5.3. CARACTERISTICAS DE LOS COMPOST SEGÚN SU ORIGEN .....	83
1. PRESUPUESTO Y FINANCIACION DEL PROYECTO.....	86
1.1. PRESUPUESTO .....	86
1.2. FINANCIAMIENTO .....	86
2. CALCULO DE INVERSION INICIAL, COSTO OPERATIVO, INGRESOS Y BENEFICIOS.....	87
2.1. INVERSIÓN INICIAL (II).....	87
2.2. COSTO OPERATIVO (CO).....	89
2.3. INGRESOS DE LA PR (IG) .....	90
2.4. BENEFICIOS (BF) .....	90

3. EJEMPLO DE APLICACIÓN LOCAL.....	91
1. CANTIDAD Y TIPO DE MATERIAL DESTINADO AL RELLENO SANITARIO (RS).....	96
2. ELEMENTOS CARACTERISTICOS DE UN RELLENO SANITARIO.....	98
2.1. CUBIERTA SUPERIOR Y MEMBRANAS LATERALES Y DE FONDO .....	98
2.2. LIXIVIADOS .....	98
2.3. GAS DEL RELLENO SANITARIO.....	98
3. IMPLEMENTACION DEL RELLENO SANITARIO .....	100
3.1. ELECCION DEL SITIO .....	100
3.1.1. Selección de los sitios propuestos.....	100
3.2. PASOS A CONSIDERAR PARA LA IMPLANTACION DE UN RS .....	101
3.2.1. Estimación del volumen requerido por el RS.....	101
3.3. USO FINAL DEL SITIO.....	102
3.3.1. Lixiviados .....	103
3.3.2. Lixiviado y contaminación de aguas subterráneas .....	103
3.3.3. Alternativa.....	104
3.3.4. Recolección y tratamiento de los Lixiviados .....	106
4. GASES GENERADOS EN UN RS.....	106
4.1. COMPOSICION Y CARACTERISTICAS.....	106
4.2. SISTEMAS DE CONTROL .....	107
4.2.1. Sistemas pasivos de control de gases.....	107
4.2.2. Sistemas activos de control de gases.....	108
4.2.3. Cubierta final .....	108
4.2.3. Control de erosión .....	111
4.3. CIERRE Y POSTERIOR MANTENIMIENTO DEL RS .....	111
4.4. CUIDADO GENERAL .....	111

## INDICE DE CUADROS – FIGURAS Y GRAFICOS

INTRODUCCION .....	1
Cuadro 1: El proceso de valorización dentro del ciclo de vida de los RSU .....	3
Etapas del proceso de valorización de RSU.	

### CAPITULO I

---

	<i>Diseño de proyectos de valorización de RSU .....</i>	4
Cuadro 1:	Residuos generados por persona/día – Ejemplo en la Argentina (año 1999) .....	6
	Fuente: Fundación Senda	
Cuadro 2:	Proyección de los R.S.M. generados por una población del orden de 10.000 habitantes para la república Argentina para el período 1990/2005 .....	7
	Proyección de los R.S.M. generados por una población del orden de 100.000 habitantes para la república Argentina para el período 1990/2005 .....	7
	Fuente: Fundación Senda	
Cuadro 3:	Generación Domiciliaria de Reciclables .....	8
	Fuente: Reindl, J. "Reciclaje a partir de la separación en origen"	
Cuadro 4:	R.S.M. en porcentos del total .....	8
	Fuente: Fundación Senda "Caracterización de los R.S.M. en el Conurbano Bonaerense (no publicado)	
Cuadro 5:	Densidades típicas del total.....	9
	Fuente: Fundación Senda – CEAMSE – EPA 530-R-95-023 (segunda Edición)	
Cuadro 6:	Material Reciclable generado en comercios y oficinas.....	11
	Fuente: Fundación Senda – CEAMSE – EPA 530-R-95-023 (segunda Edición)	
Cuadro 7:	Proyección 1993-2000 de reciclables presentes en los R.M.S. ....	12
	Fuente: Fundación Senda "Caracterización de los R.S.M. en el Conurbano Bonaerense (no publicado)	

### CAPITULO II

---

	<i>De la recolección y el transporte de residuos .....</i>	16
Cuadro 1:	Puntos clave a considerar en el desarrollo o restructuración de un sistema de recolección de residuos .....	17
Cuadro 2:	Ventajas y desventajas de diferentes mecanismos de financiamiento de la recolección de residuos .....	21
Cuadro 3:	Ejemplos locales de costos de recolección y formas de recaudación .....	24
	Fuente: Fundación Senda	
Cuadro 4:	Forma de cálculo de los valores que intervienen en el diseño de un Sistema de Recolección de Residuos .....	28
	Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023 / Tchobanglos.	

### CAPITULO III

---

	<i>Reducción en origen.....</i>	29
Cuadro 1:	Composteras familiares.....	32

---

## CAPITULO IV

	<i>Del reciclaje</i> .....	34
Cuadro 1:	11 pasos a considerar para Diseñar un Proyecto de Reciclaje.....	37
Cuadro 2:	Precios y características de la demanda de papel/cartón .....	42
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 3:	Vidrio – Productores Locales .....	43
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 4:	Otras Industrias .....	44
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 5:	Plásticos – Convertidores .....	44
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 6:	Aluminio – Refinadores .....	45
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 7:	Posibles Compradores .....	46
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 8:	Modalidades de recolección en algunas operaciones locales .....	49
	Fuente: Fundación Senda.	
Figura A:	Compartimento para reciclables .....	52
Figura B:	Camión recolector de residuos .....	52
Figura C:	Punto fijo de Recolección .....	54
Gráfico 1:	Esquema Planta recicladora de residuos - Ciudad de Esperanza – Prov. de Santa Fe . .....	55
	Fuente: Fundación Senda.	
Gráfico 2:	Esquema Planta recicladora de residuos - Ciudad de Dolores – Prov. de Buenos Aires .....	56
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 9:	Equivalencia peso/volumen para materiales reciclables .....	56
	Fuente: Fundación Senda.	
Gráfico 3:	Esquema Planta recicladora de residuos – General Pico – Prov. de La Pampa .....	57
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 10:	Esquema de funcionamiento de una PR que combine operación manual con procesamiento sencillo .....	58
	Esquema de funcionamiento de una PR con alto porcentaje de operaciones mecanizadas complementadas con alguna separación manual .....	59
	Fuente: Fundación Senda.	

---

## CAPITULO V

	<i>Del compostaje</i> .....	64
Gráfico 1:	El Proceso de Compostaje .....	65
	Fuente: EPA 530 – R – 9 – 023 / Rynk	
Cuadro 1:	Grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje .....	65
Cuadro 2:	Lombricultura en General Pico – Prov. de la Pampa .....	66
Gráfico 2:	Esquema Planta de compostaje – Ciudad de Esperanza – Prov. de Santa Fe .....	68
	Fuente: Fundación Senda.	
Gráfico 3:	Esquema Planta de compostaje – Ciudad de Dolores – Prov. de Buenos Aires .....	69
	Fuente: Fundación Senda.	
Gráfico 4:	Esquema Planta de compostaje – General Pico – Prov. de La Pampa .....	69
	Fuente: Fundación Senda.	
Gráfico 5:	Esquema Planta de compostaje – Trenque Lauquen – Prov. de La Pampa .....	70
	Fuente: Fundación Senda.	
Cuadro 3:	Compostaje: Orgánicos separados en origen vs. Orgánicos mezclados .....	71
	Fuente: USEPA 94.	
Cuadro 4:	Compostaje en Almirante Alvear - Prov. de La Pampa .....	76

Cuadro 5:	Compost – Campos de aplicación, usos y tipos principales ..... Fuente: Fundación Senda / EPA 530 – R – 9 – 023.	79
Cuadro 6:	Contaminantes peligrosos más comunes en los RSU ..... Fuente: Fundación Senda.	80
Gráfico 6:	Esquema Planta de compostaje para un Municipio Pequeño/mediano ..... Fuente: Fundación Senda / Basura Municipal ADAN.	83
Cuadro 7:	Determinaciones de metales pesados en el compost según el origen de los materiales orgánicos utilizados .....	83

## CAPITULO VI

---

	<i>Costos &amp; beneficios de un proyecto de valorización.....</i>	85
Cuadro 1:	Guías para formulación de Proyectos ..... Fuente: Fundación Senda.	86
Cuadro 2:	Items que conforman el activo fijo ..... Fuente: Fundación Senda.	88
Cuadro 3:	Items que conforman el costo operativo ..... Fuente: Fundación Senda.	89
Cuadro 4:	Items que constituyen los ingresos de la PR ..... Fuente: Fundación Senda.	90
Cuadro 5:	Cantidad de RSU tratados y proceso realizados en relación al personal ocupado ..... Fuente: Fundación Senda.	94

## CAPITULO VII

---

	<i>Del relleno sanitario.....</i>	95
Cuadro 1:	Fraciones típicas generadas en una Planta de Recuperación de RSU en la Argentina ..... Fuente: Fundación Senda.	97
Gráfico 1:	Elementos típicos de un Relleno Sanitario ..... Fuente: O'Leary / Walsh – Universidad de Wisconsin	99
Cuadro 2:	Adaptación del antiguo basural ..... Fuente: Basura Municipal ADAN.	101
Cuadro 3:	Tipos de Membranas .....	104
Cuadro 4:	Contaminación de aguas subterráneas ..... Fuente: Fundación Senda / EPA 530 – 95 - 023	105
Gráfico 2:	Recolección de Lixiviados ..... Fuente: EPA 530 – 95 – 023.	106
Gráfico 3:	Configuraciones típicas de control pasivo de gas ..... Fuente: EPA 530 – 95 – 023.	108
Cuadro 5:	Secuencia para la implantación y mantenimiento vegetal en R.S. .... Fuente: EPA 530 – 95 - 023	110

## PREFACIO

Durante los últimos 40 años hemos visto crecer y evolucionar el pensamiento –y las consecuentes experiencias- en torno del manejo de los residuos sólidos.

Fuimos así testigos de cómo el primer concepto, lanzado en nuestro país a comienzo de los años '70 y crecido al calor de dramáticas experiencias mundiales en cuanto a contaminación del medio natural, impulsó la idea de construir enormes depósitos de residuos.

Estos depósitos, considerados en su momento como la solución ideal –y final- al problema de la disposición de los residuos sólidos deben hoy ser mantenidos –totalmente aislados del terreno en el que se insertan, mitad enterrados y mitad emergiendo como sospechosas colinas- como algunos pacientes en coma, conectados a instalaciones para extraer los líquidos y gases que, luego se comprobó, continúan emitiendo por décadas, aún después de ser desactivados y cerrados.

Efectos no previstos, como el descripto, hicieron también controversial la utilidad de este método como recuperador de terrenos improductivos a la par que condujeron a soluciones técnicas cada vez más costosas en procura de neutralizar sus riesgos como contaminador del suelo, el agua y el aire.

Pero además, y fundamentalmente, el sistema comenzó a aparecer como incompatible con la creciente determinación a construir economías sustentables que contemplaran la cuidadosa explotación de los recursos naturales y su racional utilización.

Bajo esta nueva luz, las cuestiones a responder fueron:

¿Por qué desecharmos como residuos materiales que conservan valor, en lugar de recuperarlos convirtiéndolos en nuevas materias primas que disminuyan el uso de materias primas vírgenes y eliminen, de paso, los costos y los riesgos de su disposición en los rellenos?

La impecable propuesta a que conducía la respuesta de estos interrogantes abrió, desde finales de los '80, todo un nuevo capítulo de optimismo y entusiasmo en las actividades destinadas –ahora- a recuperar, reciclar e incluso reutilizar los residuos sólidos y gran cantidad de proyectos y emprendimientos –municipales o privados- comenzaron a realizarse en todo el país basados fundamentalmente en el atractivo conceptual de la propuesta original. A esta variedad de acciones y procesos dio en agruparse bajo la denominación común de **valorización de los residuos**.

Una vez más, sin embargo, el paso de la idea a su implementación se mostró llena de dificultades, y complejidades ocultas y cambiantes, lo cual no es extraño si tenemos en cuenta que, a diferencia de los rellenos sanitarios, esta nueva acción se inserta en el mercado comercial y está sujeta, por lo tanto, a sus exigencias y vaivenes.

En nuestro país estas dificultades son particularmente fuertes a causa de una estructura industrial poco desarrollada y de una globalización económica que deforma los precios relativos, principal motor de la industria de los materiales recuperados y del reciclaje en general.

No obstante esta situación, los pequeños y medianos municipios de nuestro país han ido encontrando paulatinamente formas viables de realizar la valorización de sus residuos en términos de recolección diferenciada y posterior tratamiento y no pocos exhiben ya, con justificado orgullo, operaciones modernas y económicas que contribuyen a mejorar las condiciones de vida de las comunidades que los integran.

La Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de Presidencia de la Nación (SRNyDS) ha implementado, por su parte, el Plan Nacional de Valorización de Residuos para establecer directrices generales y difundir información sobre la gestión ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y, dentro de este Plan, encomendó a la Fundación Senda<sup>1</sup> la redacción de este manual, el que tiene como objeto constituirse en una guía ordenada para aquellos pequeños y medianos municipios que, deban iniciar o profundizar sus proyectos de valorización de RSU y cuyo contenido es, básicamente, el resultado de agrupar aquellos factores que no pueden dejar de considerarse en el desarrollo de un emprendimiento de esta naturaleza.

Para su redacción se analizaron únicamente experiencias locales, señalando aquellos aspectos que pueden resultar útiles a otras localidades de tamaño o características similares.

Las tablas y cuadros de referencia también están confeccionados únicamente con datos y valores locales.

En el tratamiento de los puntos incluidos dentro de cada capítulo se adoptaron básicamente los lineamientos y conceptos de un manual de la EPA (Guía para la toma de decisiones en el manejo de los residuos sólidos, 2º Edición) lo que, por un lado, aportó orden a la exposición y por otro permitió comprobar que los problemas a superar por los emprendimientos locales son los mismos que se presentan en otros ámbitos y que su solución dependerá, en buena medida, del pragmatismo con que se los plantee y el uso imaginativo de los medios de que se disponga, para resolverlos en cada caso.

Fundación Senda

---

<sup>1</sup> La Fundación Senda se dedica desde 1992 a recolectar y elaborar datos e información sobre la composición, tratamiento y disposición de los RSU en la Argentina a los fines de detectar las tendencias y modalidades particulares que el manejo de los residuos va tomando en nuestro país. El presente manual de valorización se orienta a permitir que, quienes deban tomar decisiones sobre estos temas, puedan contar con un panorama actualizado y ajustado a la realidad local la cual, por otro lado, ha demostrado ser de rápida evolución y cambio.

## INTRODUCCION

El primer objetivo que debe fijarse la comunidad (incluidos sus comercios, instituciones e individuos en general), en relación con los residuos que genera, es reducir su cantidad y a ese fin deben apuntar inicialmente los planes a proponer por los responsables de las administraciones comunales.

Cuando la generación de estos residuos es inevitable, ellos deben pasar a ser considerados como un recurso a partir del cual pueden ser recuperados materiales reusables, materia prima, nutrientes orgánicos e incluso energía.

A este proceso de recuperación y tratamiento que pone a gran parte de los desechos en condiciones técnicas y económicas de ser vueltos al mercado lo **llamamos proceso de valorización de los RSU** (ver Cuadro 1) y, consecuentemente, **proyecto de valorización** al conjunto de, insumos, actividades y productos involucrados en las diferentes etapas de la gestión de los residuos sólidos urbanos (recolección, procesamiento, comercialización, disposición) en función de optimizar esa puesta en valor de los residuos recuperables.

La adopción del proceso de valorización de RSU y el diseño de un plan de implementación ajustado a las características de una comunidad, le permitirá a esta disponer de un sistema económico y ambientalmente adecuado de manejo de sus residuos.

Este manual enumera y describe los factores que deben estar asociados a la implementación exitosa de un proyecto de valorización, aun reconociendo que las diferentes condiciones –geográficas, tecnológicas- de cada municipio hacen de cada uno de ellos un caso particular.

El presente trabajo aspira a asistir a quienes deben tomar decisiones al respecto y a aquellos funcionarios o técnicos, legales, económicos y sociales que deben considerarse al desarrollar un proyecto de valorización. Intenta, finalmente, mediante la descripción de experiencias locales concretas, alentar a los involucrados en el manejo de los RSU en pequeños y medianos municipios de nuestro país a interesar a sus comunidades vecinas en el desafío y la oportunidad que implica llevar adelante un proyecto de valorización en común, ya que será a través de estos proyectos cooperativos como se podrán lograr los mejores resultados.

### *La adopción de un Proyecto de Valorización*

El procedimiento seguido por las administraciones para proponer a la comunidad la adopción de un proyecto de recuperación y tratamiento de RSU ha sido con frecuencia del tipo “*decidir-anunciar-defender*”, lo cual deja, finalmente, las decisiones, en manos de un pequeño número de funcionarios, ciudadanos o empresas involucradas en el tema.

La opinión pública, sin embargo, se muestra cada vez más inclinada a rechazar estos métodos que marginan su oportunidad de opinar directamente con respecto al manejo de sus residuos en términos económicos y de afectación del medio ambiente.

Esta actitud indica, en consecuencia, que actualmente debe favorecerse la adopción de procesos en los cuales todas las etapas (Formulación, determinación del emplazamiento y características de la Planta e implementación del proyecto) estén sujetas a intenso debate público.

Este público, por otra parte, no es una entidad única sino que estará constituida por numerosos segmentos de interés. Algunos de estos segmentos o grupos están tradicionalmente definidos como ser: las asociaciones profesionales, las escuelas, los partidos políticos, las iglesias y algunos organismos sociales. Otros se habrán integrado para el caso como ser los propietarios vecinos a las localizaciones de las instalaciones propuestas o grupos con intereses ambientales o comunitarios más amplios.

En este proceso de información y consulta será importante observar los siguientes principios:

- Las decisiones acertadas solo pueden tomarse a partir de un análisis profundo e informado y del intercambio de opiniones acerca de los potenciales riesgos involucrados.
- El debate debe ser flexible: todas las características son negociables.
- Una Formulación cuidadosa y una conducción firme son esenciales para el éxito de este proceso de toma de decisiones.
- La autoridad pública juega un importante papel en cuanto a garantizar un debate efectivo.
- Toda la información, oral o escrita, debe ser veraz.
- La solución a que se arribe debe haber contemplado todos los impactos ambientales, tanto reales como percibidos.
- La información técnica precisa y veraz es crucial para destrabar los conflictos que aparecen durante el proceso.

#### *Credibilidad de la información Técnica*

La desconfianza del público hacia la información técnica contenida en las propuestas de instalación de Plantas de tratamiento o disposición de residuos es un punto importante a ser tenido en cuenta y establecer su credibilidad es esencial para el desarrollo del proceso. El público esperará que, una vez que se ha creado controversia sobre un punto determinado, cada una de las partes use argumentos e información técnica en su esfuerzo por *ganar* o convencer a los asistentes.

La opinión pública asume también que la falta de veracidad es característica de los debates que contengan aspectos políticos.

Por esa razón es necesario fijar el concepto de veracidad de la información técnica en los comienzos mismos del proceso, antes de que las opiniones se polaricen y el municipio pueda parecer como abogando interesadamente por alguna postura.

En todo caso seguir los siguientes pasos ayudarán a construir credibilidad hacia la información técnica:

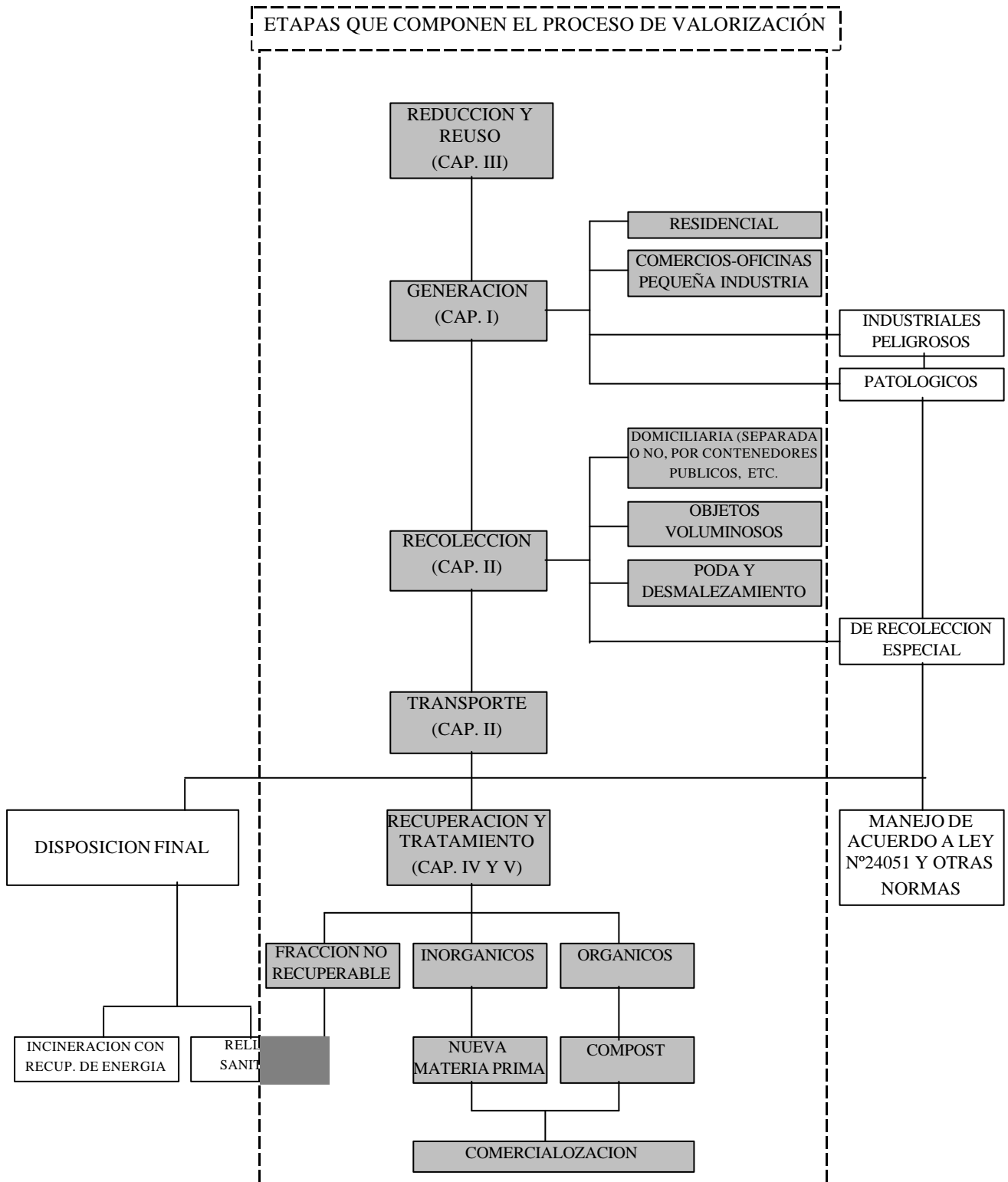
- Anticipar los temas a tratar.
- Solicitar la participación pública en el desarrollo del plan.
- Consensuar la metodología asumida.
- Involucrar a la opinión pública en la selección de los técnicos consultados.
- Suministrar asistencia al público en los temas técnicos.
- Presentar los argumentos técnicos en forma adecuada a cada audiencia.
- Discutir abiertamente los puntos ambiguos.

*Consensuar las características y localización de las instalaciones de tratamiento y disposición ha demostrado ser uno de los aspectos más dificultosos del proceso de manejo de los RSU y las comunas enfrentan hoy el desafío de implementar soluciones que sean técnica, ambiental y socialmente aceptables a través de procesos que contemplen el adecuado uso de la tecnología disponible, mantengan los riesgos ambientales en niveles aceptables y respeten la distribución del poder de decisión que corresponde a una sociedad democrática*

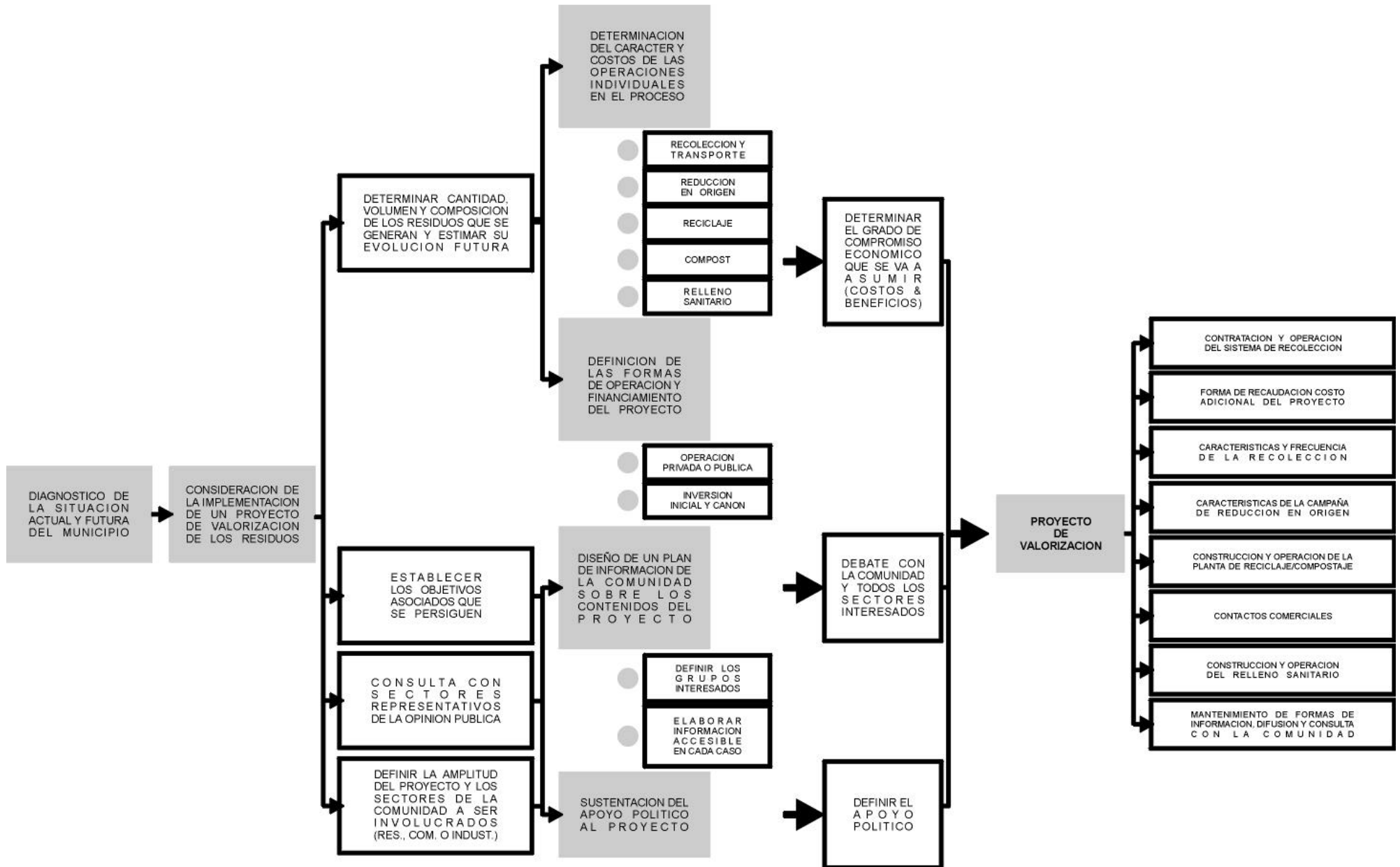
## Cuadro 1

### El proceso de valorización dentro del ciclo de vida de los RSU

Este cuadro muestra cuales son las operaciones que, dentro del ciclo de vida de los residuos, hacen al proceso de valorización. En esta obra se consideran los residuos de origen residencial, comercial o de la pequeña industria (comúnmente denominados urbanos) pero no incluye los residuos peligrosos.



ETAPAS DEL PROCESO DE VALORIZACION DE RSU



# CAPITULO I

---

## *Diseño de proyectos de valorización de RSU*

*Independientemente del enfoque o combinación de enfoques que una comunidad decida implementar un proyecto de valorización de sus residuos, deberá antes recoger y analizar una serie de datos, e identificar la composición y cantidad, presente, y futura, de los residuos generados. Se podrá así Formular y financiar un proyecto eficiente y económico. Además, deberán fijarse los objetivos asociados y la evolución prevista. Toda esta información permitirá estimar con precisión las necesidades de la operación haciendo posible su correcto dimensionamiento y posterior monitoreo.*

## **1. DATOS BÁSICOS A CONSIDERAR**

### **1.1. DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS**

El primer paso a dar por un Municipio que considere iniciar un Proyecto de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos es definir las metas que asociadas a ese primer objetivo, se pretenden alcanzar.

Estas, aunque pueden enunciarse en forma amplia, deberán ser lo suficientemente específicas como para focalizar claramente las metas a perseguir.

Así, algunas formulaciones válidas serán:

- Cumplir con regulaciones gubernamentales.
- Proteger un recurso natural o el medio ambiente de la región.
- Implementar un Sistema de Manejo de los Residuos (MRS) de mayor calidad.
- Generar oportunidades de empleo.
- Reducir el costo de disposición de los residuos.
- Reducir contaminación (del medio ambiente, visual, etc.)
- Minimizar la cantidad de residuos derivada a rellenos.

Al definir así estos objetivos, se podrá determinar mejor el proyecto que se quiere implementar. Por ejemplo, si el interés es sólo económico, se puede implementar un proyecto de reciclaje que incluya sólo a los materiales más redituables. Si en cambio, el interés reside en disminuir el espacio ocupado por el basural con que se cuenta, el Municipio puede apoyar la reducción en origen y la recolección y separación de otros materiales aún cuando esto implicara un mayor costo.

Definidos los objetivos y el grado de compromiso económico que se va a asumir se debe definir la estructura básica del proyecto: ¿Cuál será su amplitud?, ¿Qué sectores estarán involucrados? (residencial, comercial o industrial), ¿Participará toda la comunidad?. Esto conducirá a la organización del proyecto y a los necesarios estudios de caracterización de residuos.

### **1.2. CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL A DISPONER**

La clave para un proyecto de manejo de residuos es contar con información confiable sobre la cantidad y tipos de residuos que se generan y cuanto de los mismos se espera reducir o recuperar. Esta información permite tomar decisiones sobre los requerimientos de espacio, equipos, personal necesario, mercados y da una noción de los volúmenes y pesos que deberían destinarse a reciclar o a disponer. La información confiable también permite analizar si se están logrando o no las metas propuestas.

De acuerdo al tamaño del proyecto y de los recursos disponibles existirá una variedad de técnicas de cuantificación de residuos que puedan utilizarse. En primer lugar están las técnicas basadas en modelos, que utilizan índices de generación de residuos y de otras características de la población cuyo uso permite inferir las cantidades y tipos de residuos estimables para el caso que se está considerando. Son técnicas de bajo costo que darán una idea general. Técnicas más precisas en cuanto a la descripción del flujo de residuos, aunque de mayor costo, son las de separación física. Las mismas se basan en un muestreo de los residuos generados por la población utilizando métodos estadísticos para determinar la cantidad y tipo de los mismos. Cada una de las técnicas mencionadas, dependiendo de los objetivos, juega un rol importante en la elaboración de un proyecto efectivo.

La cuantificación del residuo es crucial para el éxito del proyecto ya que las decisiones posteriores estarán basadas en esa información. El nivel de detalle que ella requiera dependerá, además, de la opción de manejo de residuos considerada. Así, por ejemplo, para diseñar un proyecto de compostaje donde solo se requiere la estimación del volumen total de los residuos dedicados al mismo se necesitará simplemente de un estimado del volumen total de los residuos para evaluar el espacio requerido.

Para el tipo de estrategias de manejo anteriores, las tasas históricas y genéricas pueden proveer una precisión aceptable. Es conveniente emplear índices adaptados a nuestro país y al tamaño de ciudad que estamos considerando, ya que las pautas culturales tienen que ver con el tipo y cantidad de residuos generados.

Para otras alternativas, las predicciones precisas son cruciales para lograr el éxito del proyecto a largo plazo permitiendo, ya sea establecer pautas para reducción en origen de determinados residuos, para dimensionar las instalaciones de un proyecto de reciclaje, los volúmenes de material reciclado a vender, la cantidad de personal y equipos necesarios, entre otras cosas.

## 2. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE CALCULO

### 2.1. INDICES DE GENERACIÓN GENÉRICA EN PESO

Para los residuos domiciliarios el índice de referencia generalmente usado es el de kg./persona/día (ver Cuadro 1). Este, se puede estimar a partir de registros existentes si es que se conocen datos sobre población y residuos generados. Si no, es necesario implementar un proyecto para determinarlo. Los valores genéricos en nuestro país, para poblaciones hasta 100.000 habitantes, se muestran en el Cuadro 2. Una vez conocido el índice, se pueden proyectar los totales de acuerdo a la población. Sin embargo no se recomienda el uso de estos valores genéricos sí se están planificando instalaciones para instalaciones para tratar o recuperar residuos específicos.

En general y salvo que exista información que demuestre lo contrario<sup>1</sup> se aconseja asumir que la tasa de generación de residuos no sufre cambios y formular proyectos basados solamente en las proyecciones demográficas.

#### CUADRO 1

Residuos generados por persona/día - Ejemplos en la Argentina (año 1999)

PUEBLO / CIUDAD	PROVINCIA	CANTIDAD HABITANTES	CANTIDAD RESIDUOS KG/PERSONA/DIA
SAN CARLOS DE BARILOCHE	RIO NEGRO	100.000	0,70
GENERAL PICO	LA PAMPA	45.000	0,60
CALETA OLIVIA	SANTA CRUZ	35.000	0,70
ESPERANZA	SANTA FE	35.000	0,50
TRENQUE LAUQUEN	BUENOS AIRES	36.000	0,50
CHAJARI	ENTRE RIOS	30.000	0,60/1,60*
DOLORES	BUENOS AIRES	26.000	0,60
LABOULAYE	CORDOBA	20.000	0,50
LAPRIDA	BUENOS AIRES	10.000	0,00
ARMSTRONG	SANTA FE	9.000	0,00
INTENDENTE DE ALVEAR	LA PAMPA	7.000	0,45
AREQUITO	SANTA FE	7.000	0,50
VILLA GIARDINO	CORDOBA	4.500	0,45

1\* Según se consideren o no los residuos orgánicos que producen las industrias cítrica y maderera.

Fuente: Fundación Senda.

## CUADRO 2

Proyección de los Residuos Sólidos Urbanos generados por una población del orden de 10.000 habitantes para la República Argentina para el período 1990/2005

AÑO	1990	1995	2000	2005
<b>CRECIMIENTO PREVISTO CANTIDAD HABITANTES</b> <sup>(1)</sup>	10.000	10.700	11.400	12.100
<b>EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA</b> <sup>(2,3)</sup>	0,50	0,55	0,60	0,67
<b>PAPEL / CARTÓN</b> <sup>(3)</sup>	0,09	0,10	0,11	0,12
<b>VIDRIO</b> <sup>(3)</sup>	0,03	0,04	0,04	0,05
<b>PLÁSTICO</b> <sup>(3)</sup>	0,05	0,04	0,06	0,07
<b>METALES</b> <sup>(3)</sup>	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>ORGÁNICO</b> <sup>(3)</sup>	0,28	0,30	0,33	0,37
<b>OTROS</b> <sup>(3)</sup>	0,03	0,04	0,04	0,05
<b>TOTAL RSU GENERADOS</b> (Kg./día)	5.000,00	5.900,00	6.900,00	8.100,00

(1) Fuente INDEC

(2) Considerando un incremento por conducta consumista del 2 % anual. Fuente FUNDACIÓN SENDA

(3) Los valores son en Kg / habitante/día

Fuente: Fundación Senda

Proyección de los Residuos Sólidos Urbanos generados por una población del orden de 100.000 habitantes para la República Argentina para el período 1990/2005

AÑO	1990	1995	2000	2005
<b>CRECIMIENTO PREVISTO CANTIDAD HABITANTES</b> <sup>(1)</sup>	100.000,00	107.000,00	114.000,00	121.000,00
<b>EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA</b> <sup>(2,3)</sup>	0,80	0,88	0,97	1,07
<b>PAPEL / CARTÓN</b> <sup>(3)</sup>	0,14	0,16	0,18	0,19
<b>VIDRIO</b> <sup>(3)</sup>	0,05	0,06	0,07	0,07
<b>PLÁSTICO</b> <sup>(3)</sup>	0,08	0,09	0,10	0,11
<b>METALES</b> <sup>(3)</sup>	0,02	0,02	0,03	0,03
<b>ORGÁNICO</b> <sup>(3)</sup>	0,44	0,50	0,53	0,59
<b>OTROS</b> <sup>(3)</sup>	0,06	0,06	0,07	0,07
<b>TOTAL RSU GENERADOS</b> (Kg./día)	80.000,00	95.000,00	111.000,00	130.000,00

(1) Fuente INDEC

(2) Considerando un incremento por conducta consumista del 2 % anual. Fuente FUNDACIÓN SENDA

(3) Los valores son en Kg / habitante / día

## 2.2. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS ESPECÍFICOS

Para proyectos de recuperación de residuos específicos puede obtenerse una estimación general de las cantidades que producirá la separación en origen domiciliar, multiplicando la cifra de la población local por una tasa genérica de generación (como las mostradas en el Cuadro 3) ó utilizando la información de la composición de alguna localidad cercana a la de estudio que, si es posible, presente características similares.

Se deben considerar además, variaciones estacionales en la generación de residuos y ciertas contribuciones de ciertas instalaciones comerciales e institucionales. Cuando la localidad posee una balanza, la composición genérica de los residuos se puede aplicar para determinar la cantidad de material reciclable disponible (ver Cuadro 4).

Esta estimación también debe ser cuidadosamente analizada para reflejar las condiciones locales.

Para localidades pequeñas o medianas, donde una diferencia del uno o dos por ciento no es importante, la multiplicación de los datos en peso por los porcentajes de composición pueden dar un estimado confiable. En este método también deben tomarse en cuenta las características regionales para adecuar el estimado a la localidad.

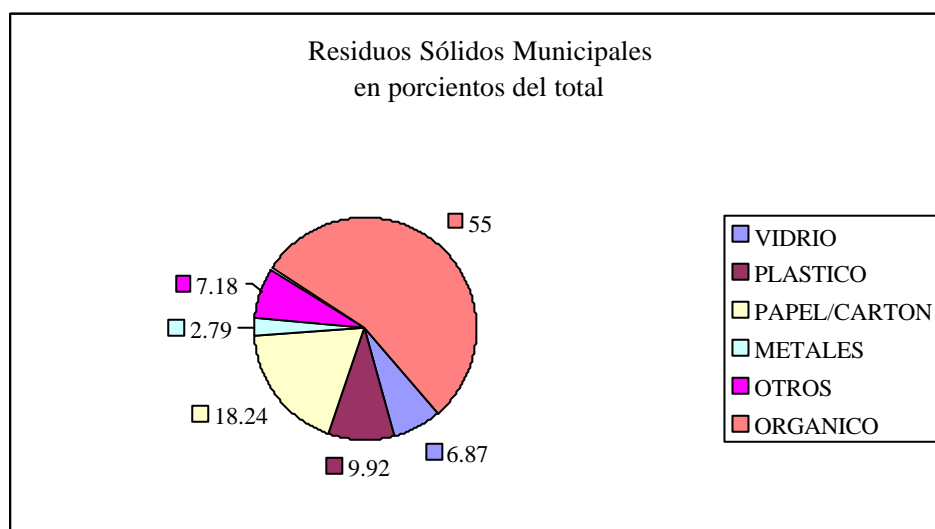
Es importante conocer los tipos de residuos que usualmente van al basural local. Si son frecuentes los residuos de gran volumen, la precisión de las estimaciones basadas en los pesos, es cuestionable ya que el perfil de los residuos no reflejará los valores genéricos promedio.

**CUADRO 3**

Generación Domiciliaria de Reciclables (Kg/persona/año)

	URBANO	RURAL
<b>PERIODICOS</b>	40-55	8-11
<b>VIDRIO</b>	35	7
<b>METAL</b>	15	4
<b>PLASTICO</b>	54	11
<b>ORGANICOS</b>	240-280	130-160

Fuente: Reindl, J. "Reciclaje a partir de la separación en origen" (1983)

**CUADRO 4**

Fuente: Fundación Senda. Caracterización de los residuos Sólidos Urbanos en el Conurbano Bonaerense. (No publicado).

### 2.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS

Si se carece de una balanza, se puede estimar el volumen total generado contando la cantidad de camiones que descargan en él y multiplicando dicho número por el volumen estimado de cada camión. Este valor puede a su vez ser multiplicado por las densidades medias (ver Cuadro 5) para estimar las cantidades –en peso- esperadas de cada tipo de residuo.

La incertidumbre inherente a esta técnica es elevada debido a la heterogeneidad que presentan los residuos sólidos urbanos. También se debe considerar la variación del

flujo de residuos a lo largo del año y para ello el análisis del volumen deberá ser realizado varias veces en el año para mejorar la confiabilidad del estudio. Para proyectos específicos, este enfoque no provee un grado de precisión aceptable.

### CUADRO 5

Densidades Típicas de Residuos Sólidos

<b>RSU Residencial</b>	
Embolsado	150 / 200 Kg/m <sup>3</sup>
En camión no compactador	200 / 250 Kg/m <sup>3</sup>
En camión compactador	400 / 500 Kg/m <sup>3</sup>
En relleno sanitario	800 / 1000 Kg/m <sup>3</sup>
<b>RSU (Comercial)</b>	
Residuos alimenticios	500 / 600 Kg/m <sup>3</sup>
Cajones y plataformas (pallets) de madera	150 / 200 Kg/m <sup>3</sup>
Papel / cartón	50 / 40 Kg/m <sup>3</sup>
Plásticos	50 / 150 Kg/m <sup>3</sup>
Vidrios	170 / 500 Kg/m <sup>3</sup>
Hojalata (latas)	50 / 160 Kg/m <sup>3</sup>
Aluminio	60 / 250 Kg/m <sup>3</sup>
<b>OTROS</b>	
Hojas y recortes verdes (secos)	50 / 200 Kg/m <sup>3</sup>
Construcción y demolición (combustible)	200 / 400 Kg/m <sup>3</sup>
(incombustible)	1200 / 1700 Kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Fundación Senda, CEAMSE, EPA 530-R-95-023 (segunda Edición)

### 3. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Como se mencionó anteriormente existen diversas formas de obtener información acerca del tipo y volumen de residuos generados por una comunidad. Entre ellas el establecer una experiencia piloto es la que, además, permite ensayar diferentes variantes de recolección y determinar el grado de participación de los residentes. Este sistema proporcionará valores muy confiables sobre todo si la operación fue dirigida a una muestra demográficamente representativa y si se promovió adecuadamente su realización entre la población participante.

Otra técnica usual es utilizar métodos estadísticos para predecir la cantidad total de residuos y la composición de los mismos analizando pequeñas muestras.

Esta técnica intenta obtener una muestra al azar que sea representativa del total. Para una mejor caracterización deberán realizarse cuatro veces a lo largo del año para tomar en cuenta las variaciones estacionales. Así mismo al tomar una muestra debe cuidarse que los resultados no estén afectados por eventos o situaciones excepcionales.

Las muestras pueden obtenerse del contenido de uno o varios camiones o viajes y no deberían ser inferiores a 100kg. La carga de donde se obtenga la muestra debe ser previamente mezclada para mejorar su representatividad del total de los residuos. El contenido de la muestra será separado de sus diversos componentes y estos pesados y expresados en un por ciento del peso total separados según sus diversos componentes. Cada una de las categorías deben ser pesadas y comparadas contra el total.

## Ejemplo de un muestreo sobre la carga completa de un camión compactador

A los fines de conocer la cantidad de residuos generados en un lugar dado podría organizarse un muestreo sobre una cierta cantidad de viajes que realizan los vehículos recolectores locales. Como resultado de un número de mediciones podrían extrapolarse totales mensuales y anuales bastante realistas.

En primer lugar debiera conocerse con detalle la cantidad total de viajes que se efectúan cada día de la semana y el porcentaje de su capacidad de carga que lleva cada unidad. Este detalle es importante ya que dentro de una semana se producen variaciones, aumentando estos valores cerca del fin de semana. Esto debiera discriminarse en áreas céntricas y periféricas, agrupándose estas últimas por similitud de características. La frecuencia de recolección, así como el tipo de vehículo suele variar entre calles asfaltadas y de tierra. Por otra parte es conocido que se produce una disminución en la cantidad de residuos domiciliarios generados en la tercera y cuarta semana de cada mes. Podría parecer que es difícil lograr esta información ya que es los municipios pequeños y medianos no se lleva un registro pormenorizado de los viajes. Sin embargo interrogando de un modo práctico y simple a los Encargados del Sector de Servicios Públicos, Choferes y/o Recolectores esta información surgirá.

Como resultado de la información copiada se elegirán un cierto número de viajes a muestrear que debieran ser los menos posibles. Sin embargo deberán ser los suficientes para representar a todas las situaciones descritas en el párrafo anterior, ya que a partir de ellos se extrapolarán los datos de toda la ciudad. Es conveniente realizar el estudio sobre el total de la carga de los camiones elegida. Deberá escogerse un lugar conveniente para realizar la descarga, la ruptura de bolsas, la separación por tipo de materiales, su pesaje con una balanza portátil, y la posterior disposición final de los mismos. La tarea puede llevarse a cabo con personal municipal, con personas contratadas a tal efecto, o con estudiantes debidamente motivados. Tomando la precaución de dar breves instrucciones sobre algunos cuidados a tener, las tareas pueden llevarse a cabo sin riesgos. Es conveniente proveer de guantes y de una varilla de hierro de unos 10 cm. Con el extremo en forma de gancho a cada persona encargada de separar. Con estos elementos se agiliza las tareas y se evita un contacto directo con los residuos en el primer momento de la separación, evitando cortaduras. Debe comprenderse que estas tareas se realizarán por única vez y es conveniente es esfuerzo porque proporcionarán información específica de ese Municipio.

Cada camión elegido será pesado antes y después de la descarga. Puede utilizarse una báscula pública o la de alguna empresa privada que generalmente podrían efectuar el trabajo sin cargo. En lugares donde la recolección sea nocturna deberá mantenerse la carga hasta el día siguiente si no es posible pesar en ese horario. Esto debe preverse para no alterar el servicio de recolección habitual. Cuando en el lugar elegido para la descarga no haya vigilancia, esta deberá hacerse cuando los separadores ya estén presentes en el sitio. Se evitará así que la cantidad volcada se vea alterada por actos de cirujeo. Los residuos serán separados en una cierta cantidad de materiales previamente establecidos. Es conveniente que esta coincida con aquellos que aparecen habitualmente en las tablas de datos sobre el tema, facilitando la comparación de los resultados. En los casos de algunos rubros como plásticos, vidrios, papel puede resultar importante discriminar las proporciones en que se encuentran algunos materiales específicos. (Por ejemplo: polietileno film, polietileno de baja densidad, polipropileno, PVC, PET, etc.). Esta información será importante para evaluar la venta de los mismos. Si es factible disponer de una balanza portátil, el pasaje puede hacerse en el lugar facilitando las labores. Resultan muy prácticas aquellas donde el material pueda pesarse colgado dentro de bolsas o bultos.

La información obtenida se expresará en porcentajes en peso. Se tendrán datos de distintos sectores de la ciudad, de distintos días y semanas de recolección. Otra etapa importante del trabajo será decidir cuantas veces cada viaje tipo se repite en el mes. De la multiplicación de estos datos saldrá la proyección de todo el ejido urbano. Teniendo en cuenta variaciones estacionales podría hacerse una proyección anual. En un trabajo más exhaustivo puede repetirse el muestreo en meses de importante variación de peso y composición (por ejemplo Enero). Cabe aclarar que un estudio similar puede llevarse a cabo con los restos de poda y desmalezado, cuyos tonelajes pueden sorprender, particularmente en los meses cálidos.

#### 4. ESTIMACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE MATERIAL A SER MANEJADOS

Sería irreal asumir que una comunidad pueda recolectar todos los residuos recuperables en su proyecto de reciclaje.

Aunque los estudios de caracterización de residuos proporcionan información precisa, se deben considerar diversos factores que afectan el porcentaje real de residuos que se espera captar.

##### 4.1. CONTROL LEGAL SOBRE LOS RESIDUOS

En las localidades donde la recolección es pública, el control sobre el destino de los residuos no suele presentarse como un problema. En cambio, en muchas localidades la

recolección es privada (o lo es para ciertas instituciones y negocios) y por lo tanto el control también lo es. Tratándose generalmente de restaurantes o comercios, muchas veces se generan volúmenes importantes de material reciclable de elevada calidad que podrían ser de interés para el proyecto que esta considerando implementar (por ejemplo el reciclaje; ver Cuadro 6). Al menos que exista o se logre un control legal sobre ciertos tipos de materiales estos no deberían ser incluidos en los planes del proyecto.

Muchas empresas privadas aprovechan las instalaciones municipales ya que esto le significa una reducción en sus costos de transporte o porque les simplifica la tarea de buscar mercados para los materiales recuperables. No obstante en Argentina algunas empresas privadas comenzaron a ofrecer a sus clientes servicios de procesamiento de residuos y están construyendo centros de reciclaje o compostaje propios. En otros casos puede ocurrir que en la localidad donde se quiere implementar un proyecto de reciclaje, ya exista uno en manos privadas. Si la comunidad intenta apropiarse del flujo de residuos, puede ponerse en peligro la viabilidad del proyecto existente (sea privado o público). Se recomienda llegar a un acuerdo cooperativo con las operaciones ya existentes.

Debido al continuo debate sobre el control de residuos, muchas comunidades han optado por métodos alternativos para financiar sus sistemas de manejo de residuos. Entre ellos se encuentran las tasas por descarga en los rellenos sanitarios o las sobre tasas por cantidad de residuos generados.

### CUADRO 6

Material Reciclable Generado en Comercios y Oficinas (por ramo en por cientos)

	Venta Minorista	Oficina
<b>PAPEL</b>	<b>41,50</b>	<b>85,00</b>
Diarios	2,90	4,80
Cartón corrugado	22,00	15,20
Blanco	1,40	0,80
Mezcla reciclable	10,30	38,20
Mezcla no reciclable	4,90	26,00
<b>PLÁSTICO</b>	<b>12,00</b>	<b>6,00</b>
PET	0,10	0,11
HDPE	0,00	0,00
Otros	11,90	5,98
<b>VIDRIO</b>	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>
Botellas	2,30	0,37
Vidrio no reciclable	0,20	0,13
<b>METAL</b>	<b>20,50</b>	<b>1,50</b>
Latas de aluminio	0,20	0,25
Latas hojalata	0,20	0,20
Otros ferrosos	19,50	1,14
Otros no ferrosos	0,60	0,00
<b>ORGÁNICOS</b>	<b>18,80</b>	<b>5,00</b>
Restos de alimentos	8,10	4,00
Restos verdes y madera	10,70	1,00
<b>OTROS</b>	<b>4,70</b>	<b>2,00</b>
Total (%)	100,00	100,00

Fuente : FUNDACION SENDA - EPA 530 - R - 95 - 023 (segunda Edición)

#### 4.2. INCIDENCIA DE LOS RECICLAJES PERSONALES

El reciclaje personal puede reducir significativamente el volumen disponible para el proyecto del municipio, especialmente para ciertos materiales como es el aluminio de

las latas. Una ley estatal de depósito/reintegro de envases de bebidas, también puede reducir el volumen de aluminio, vidrio e inclusive plástico.

Si se trata de otros materiales como papel de diario, el reciclaje personal puede influir poco o ni siquiera ser un factor a considerar.

A medida que los costos aumentan puede ocurrir que, por ejemplo, residentes rurales decidan quemar sus residuos o no recojan sus hojas y demás residuos de jardín, o sea que las ordenanzas municipales locales pueden determinar estas actitudes o prácticas.

Cuando se determinan los volúmenes a manejar en el proyecto, debe tomarse en cuenta el impacto que producen la reducción en origen y el reciclaje personal sobre la cantidad de material económicamente disponible. De existir proyectos con incentivos de recolección de materiales reciclables, estos podrían impactar significativamente el reciclaje personal por lo cual deberá realizarse un estudio de las condiciones del mercado para tomar la determinación.

## 5. ESTIMANDO LA GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS

Al mismo tiempo que se estudian las diversas alternativas para el manejo de residuos, se debe intentar predecir las tendencias futuras en su generación, ya que esto es de suma importancia para la viabilidad del proyecto a largo plazo.

Las tendencias a considerar de mayor importancia son las de los cambios demográficos y en las políticas públicas. Las primeras generalmente están monitoreadas cuidadosamente, lo que permite realizar una predicción realista de la tasa de variación de la población.

Los cambios en las políticas públicas pueden modificar la cantidad y el tipo de residuos disponibles para una determinada alternativa. Por ejemplo estimar un proyecto de reciclaje o compostaje sin considerar el impacto de otro simultáneo, de reducción en origen, puede conducir a un sobredimensionamiento de los primeros. Si existe gran incertidumbre, se aconseja ser prudentes en cuanto al tamaño de las instalaciones ya que estas, en última instancia pueden ser ampliadas. Sobredimensionar una instalación podría llevar a un desastre económico.

Los cambios en la composición del flujo de residuos también deben ser tomados en cuenta, aunque las estimaciones genéricas son difíciles de aplicar localmente. Estas predicciones deben considerarse al Formular el proyecto (ver Cuadro 7).

### CUADRO 7

Proyección 1993-2000 de Reciclables presentes en los RMS  
(en por cientos del total)

	1993	2000
<b>PAPEL</b>	13,50	14,10
<b>CARTON</b>	3,90	6,40
<b>PLASTICO</b>	8,30	12,00
<b>VIDRIO</b>	7,50	6,00
<b>METALES FERROSOS</b>	1,90	2,80
<b>METALES NO FERROSOS</b>	0,30	0,70
<b>ORGANICOS</b>	56,60	52,60
<b>OTROS</b>	8,00	5,40
<b>TOTAL (%)</b>	100,00	100,00

Fuente: Fundación Senda – Composición RSU para el Conurbano Bonaerense (no publicado).

### **5.1. EXPECTATIVAS DE PARTICIPACIÓN**

Para poder proyectar la evaluación del proyecto elegido, es necesario estimar futuras tasas de participación, porcentajes de recuperación y otros parámetros a largo plazo.

Un gran problema se presenta al determinar que materiales se tomarán en cuenta para realizar los cálculos. Algunos municipios incluyen chatarra (por ejemplo de autos) y los restos de podas en los residuos contabilizables para reciclaje y otros los excluyen. Por lo tanto el primer paso en la elaboración de un proyecto, consiste en establecer ciertas definiciones y atenerse a las mismas.

Las tasas de participación se deben definir clara y cuidadosamente ya que podrían inducir a errores de interpretación. Por ejemplo algunos proyectos exhiben altas tasas de participación, pero en realidad muchos de sus habitantes contribuyen solamente con un determinado tipo de material o lo hacen esporádicamente.

Aunque los resultados de tasas elevadas de participación son atractivos desde el punto de vista político, una definición demasiado amplia de participación puede resultar en ineficiencias de costos y en volúmenes de material recolectado por participante menores a los previstos. En cambio una tasa de participación que refleje la participación real puede proveer una estimación más precisa para los propósitos de la evaluación del proyecto.

La información recolectada puede ser luego utilizada para elaborar un perfil de la tasa de participación por tipo y volumen de residuos generados, cantidades y porcentajes de materiales reciclables o compostables que fueron realmente recolectados y otro tipo de información importante. Ayudará también a evaluar los costos de recolección, procesamiento y educación.

## **6. ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO**

El proceso para establecer un proyecto de manejo de residuos es largo y laborioso. Muchas veces el avance del proyecto se retrasa por detenerse en problemas pequeños que surgen a medida que se implementa el proyecto. Frecuentemente un problema inmediato puede opacar cualquier otra consideración y desviar la atención del resto.

Lo importante es mantener en foco la globalidad, concentrarse en la totalidad del proyecto, y no detenerse demasiado en los detalles, lograr que el momentum del proyecto mantenga un ritmo lento pero estable. Esto permitirá ir reconociendo y manejando los problemas que surjan a la par que fomentará el apoyo público y acrecentará la confianza en la capacidad de la comunidad para implementar el proyecto efectivamente.

### **6.1. ASPECTOS**

Formulación, costo, publicidad, soporte político y continuidad. Siempre que se los tome en cuenta, el proyecto tiene una mayor posibilidad de ser exitoso. Si en cambio no es considerado alguno de estos aspectos, es probable que el proyecto fracase.

#### **6.1.1. Formulación**

Aunque parecería obvia la necesidad de planificar la implementación de un proyecto en la práctica, la formulación y diseño de un buen proyecto muchas veces son olvidados. Un basural que esté contaminando u otros problemas que surgen del manejo de residuos puede presionar a una comunidad a actuar precipitadamente.

Las decisiones y acciones apresuradas pueden provocar errores que a su vez conducen a demoras y derroches de recursos.

Aunque muchas situaciones no pueden ser anticipadas o previstas, existen experiencias en el país basadas en proyectos exitosos que pueden ser aprovechados por los que están formulando sus propios proyectos. La formulación es importante debido a la gran cantidad de partes y organismos que participan del proceso de manejo de residuos: cuerpos políticos, generadores de residuos, recolectores, organismos de control, contratistas de construcción, operadores de planta, compradores de materiales, dueños de terrenos afectados y los ciudadanos deben ser incluidos todos para que el proyecto sea exitoso.

Cada uno de estos grupos tiene la posibilidad de atrasar o desviar el proyecto y por esto deben ser considerados. Con una adecuada formulación del proyectos y su continua revisión, los que están a cargo del proyecto pueden minimizar las posibilidades de dejar afuera a alguno de los componentes de importancia.

### **6.1.2. Costo**

Las decisiones respecto de la adopción de alternativas estratégicas para el manejo de residuos, deben estar basadas continuamente en un análisis serio que tome en cuenta los recursos disponibles y los impactos o beneficios ambientales causados por el proyecto.

La comunidad estará más dispuesta a soportar mayores costos de manejo de RSU siempre que exista la seguridad de que el proyecto va a funcionar, que será económicamente eficiente y que no dañará el medio ambiente. Cada opción de manejo acarrea costos ambientales, económicos y políticos. Evaluar los costos y beneficios antes de iniciar una acción, es esencial para el éxito a largo plazo.

### **6.1.3. Publicidad**

La implementación exitosa de un proyecto de manejo de RSU puede llevar varios años y requerir de recursos de gran valor económico para la comunidad. Aunque la decisión de implementar cierto proyecto muchas veces es recibida con gran apoyo, este puede decaer rápidamente si no se tiene el cuidado de mantener al proyecto dentro de la agenda pública y de mantener el apoyo público del mismo. Un plan para informar al público del progreso del proyecto debe elaborarse e implementarse a medida que el mismo se desarrolla.

Un especial esfuerzo debe realizarse para fomentar el apoyo público antes de que se tomen las decisiones políticas. El proyecto debe ser reconocido por la comunidad como algo por lo cual puede estar orgulloso, que demuestre su progreso y su compromiso creciente hacia un ambiente limpio.

### **6.1.4. Soporte Político**

Sustentar el apoyo político al igual que la publicidad, es vital para el éxito del proyecto. Cuando los presupuestos gubernamentales están recortados, el proyecto puede no sobrevivir si carece de apoyo político necesario para obtener la financiación y asegurar la disponibilidad de los recursos para la construcción y operación eficiente de las instalaciones. Los líderes políticos también deben mantenerse regularmente informados sobre la evolución del proyecto para que se acreciente la inversión de los recursos públicos o privados.

Los líderes políticos que asumen cargos nuevos también deberán ser concientizados sobre los esfuerzos de la comunidad.

### **6.1.5. Continuidad**

Finalmente una comunidad que está considerando un proyecto de manejo de residuos deberá estar preparada para el largo plazo. Algunos proyectos pueden tardar años en implementarse. Pueden ser complejos, costosos y frecuentemente pueden generar frustraciones. La comunidad debe estar dispuesta a comprometer sus recursos para que el proyecto salga adelante. La clave para el éxito reside en tener la voluntad de continuar y perseverar hasta que el proyecto haya encontrado su rumbo.

### **6.1.6. Realismo**

Todo cambio provocará una natural resistencia en los participantes, fundamentalmente en las familias y en el personal del Municipio. Por ello es conveniente tener expectativas de los logros razonables y prever las labores a ejecutar con sentido común. Se debe tener especial cuidado en adecuarse a cuestiones regionales en cuanto a: modalidad de transporte, difusión de publicidad, horarios y otros aspectos que hagan al funcionamiento del proyecto.

# CAPITULO II

---

## *De la recolección y el transporte de residuos*

*Un servicio de recolección eficiente y flexible es el núcleo de un proyecto satisfactorio de valorización de residuos.*

*La recolección domiciliar es, en la actualidad, un servicio prestado en la mayoría de las áreas urbanas de la Argentina, ya sea por equipos municipales o por empresas privadas.*

*Ultimamente tiende a diversificarse para incluir servicios de recolección de reciclables y residuos especiales.*

*Por otra parte y aún cuando los costos de disposición de residuos crecen rápidamente, los costos de su recolección continúan siendo los mayores ítems del presupuesto de manejo de residuos en las comunas.*

*Este capítulo detalla elementos a tener en cuenta al planear un sistema de recolección o modificar otro existente.*

**1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE R.S.U.**

Los proyectos de recolección varían según los tipos de residuos a recolectar, las características de la población e incluso las preferencias de los habitantes, de modo que pueden necesitarse diferentes equipos o métodos para atender, dentro de una misma comunidad, a distintos clientes (por ejemplo residenciales y comerciales) o para recolectar distintos tipos de materiales en un mismo generador (residuos generales y materiales reciclables).

El Cuadro 1 enumera los pasos a seguir al considerar el diseño o la modificación de un sistema de recolección que satisfaga las necesidades de una determinada localidad.

**CUADRO 1**

Puntos clave a considerar en el desarrollo o reestructuración de un sistema de recolección de residuos:

- Definición de los objetivos que se persiguen y de las limitaciones a tener en cuenta.
- Identificación del tipo de residuo a recoger y del área a servir.
- Planteo de la opción de servicio público o privado.
- Determinación de las estructuras de financiamiento del servicio.
- Evaluación de las alternativas de recolección.
- Establecimiento de las condiciones y frecuencia en que los residuos serán retirados.
- Fijación de los circuitos y horarios de recolección.
- Estimación de las necesidades de equipo y personal.
- Establecimiento de un sistema de ajuste y monitoreo del rendimiento de la operación.

**2. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y LIMITACIONES**

Cada comunidad debe definir claramente los objetivos a perseguir por su sistema de recolección, proveer los medios necesarios para alcanzarlos y estimar las metas de su futura evolución.

De igual forma deben identificarse las limitaciones existentes –como ser la financiación- e incorporarlas a la toma de decisiones.

La identificación de los objetivos, metas y limitaciones permitirán realizar un diagnóstico del proceso, pero existen, además, otras cuestiones que deben considerarse:

**2.1. NIVEL DEL SERVICIO**

¿Cuál es el nivel de los servicios requeridos para satisfacer las necesidades de la comunidad? ¿Qué materiales conviene recolectar separadamente y cuales son los requerimientos para su separación? ¿Cuáles son las necesidades y expectativas existentes referentes a la frecuencia de recolección?

**2.2. LOS ROLES DEL SECTOR PÚBLICO Y DEL SECTOR PRIVADO**

¿Existe alguna política de preferencia respecto de los roles a cumplir por parte de los sectores público y privado en cuanto a proveer servicios de recolección de residuos y materiales reciclables? ¿Si la recolección está a cargo de empresas privadas, deberán ser estas contratadas con certificación de cuabras atendidas o toneladas recogidas?

**2.3. SISTEMAS DE FINANCIACIÓN**

¿Qué límites existen para cada mecanismo de financiación disponible? ¿Los límites de los costos están basados en antecedentes locales, en límites impositivos o en los costos de servicios alternativos?

**2.4. CONTRATOS DE TRABAJO**

¿Existe alguna condición dentro de los contratos de trabajo que puedan afectar los equipos u operaciones de recolección considerados? ¿Cuán significativas son dichas limitaciones y cuán difícil es modificarlas?

**3. CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE RESIDUO, VOLÚMENES GENERADOS Y AREA SERVIDA**

Los datos sobre los tipos de residuos, los volúmenes generados y la composición de los residuos son necesarios para que se puedan determinar los requerimientos a satisfacer. Estimaciones de la composición y de la generación de residuos suelen obtenerse de una combinación de:

- 1) datos históricos de la comunidad,
- 2) datos de comunidades similares y
- 3) de valores típicos conocidos y publicados. Los datos se deben ajustar tanto como se pueda a la comunidad en cuestión y a las circunstancias presentes. (En el capítulo anterior se han discutido las diversas técnicas para las estimaciones).

Es importante tener planos de la localidad que den información sobre la configuración de las calles, localización de calles sin salida o calles de una sola mano, los patrones del tráfico y el número de viviendas y cantidad de calles asfaltadas y/o de tierra, entre otros.

**4. OPCIÓN A CONSIDERAR: RECOLECCIÓN PRIVADA O PÚBLICA**

Mientras se trabaja sobre los aspectos técnicos de la recolección y transferencia de residuos, se debe evaluar la alternativa de una recolección privada o de una pública. La recolección puede estar a cargo de un departamento municipal, de una empresa contratada privada, de una o más empresas competidoras o de una combinación de recolectores públicos y privado.

Los términos utilizados para cada uno de los distintos tipos de recolección se definen a continuación:

**4.1. RECOLECCIÓN MUNICIPAL**

Una sección/departamento de la municipalidad utiliza su propio personal y equipo para la recolección de los residuos sólidos.

**4.2. RECOLECCIÓN CONTRATADA**

La municipalidad contrata a una empresa privada para que se encargue de la recolección. Las ciudades con mayor número de habitantes frecuentemente tienen un sistema múltiple de contratación dividido según áreas geográficas, tipo de cliente o tipo de material recolectado.

En la actualidad es frecuente encontrar municipios que contratan a Empresas para la Recolección de Residuos, y como una extensión del Servicio, solicitan a los Concesionarios se ocupen de los mismos en el Predio de Disposición. Pero no se hace una previsión de cuanto del canon abonado se destinará a esto, como se manipulará cada material, ni como se controlará el riesgo ambiental. En muy pocos casos se contrata de forma separada Recolección y Tratamiento. Cuando así ocurre, la exigencia se reduce a disponer de maquinaria pesada (topadoras, dragalinas, etc.) para acomodar periódicamente los sitios de descarga de residuos.

### **4.3. RECOLECCIÓN PRIVADA**

Los habitantes contratan los servicios de empresas privadas. Se adopta esta modalidad para otorgarle a los habitantes la libertad de elegir el servicio; pero se impone a las empresas privadas el requisito de una licencia para efectuar la recolección, otorgada por la municipalidad. Este sistema presupone un control de los precios y de la calidad del servicio por parte del mercado.

En otras comunidades donde se desea reducir el tráfico de camiones y los costos de recolección se realiza una licitación entre empresas para las distintas áreas. Los habitantes luego contratan al recolector designado a su área con los precios y el nivel de servicio especificado en el contrato hecho en la licitación.

Más allá de las opciones arriba descritas el sistema de recolección más apropiado para una localidad dependerá de las necesidades de la misma y de la existencia de empresas privadas calificadas. No existe un único tipo de sistema que sea el mejor para todas las localidades.

Inclusive una misma localidad puede optar por varios sistemas de recolección para los diversos clientes en las diversas áreas.

Por ejemplo podría suceder que una municipalidad se encargue de la recolección de residuos de casas, edificios y comercios chicos pero disponga que los edificios y comercios más grandes y las industrias organicen una recolección separada.

Frecuentemente las industrias tienen acuerdos para que sus materiales de descarte sean retirados por particulares, exigiéndoles un estricto cumplimiento en los días y horarios de recolección; pero sin preocuparse demasiado por el destino final.

Distintas municipalidades, podrían también acordar un trabajo en conjunto brindando un mismo sistema de recolección “regional” en las diversas comunidades. Este tipo de sistema prueba ser eficiente en costos, especialmente cuando las localidades se encuentran cerca y se hace uso del mismo sitio para la disposición.

## **5. DETERMINACIÓN DEL FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA**

La selección del modo de financiamiento es un aspecto clave para la estabilidad del sistema elegido. El objetivo del plan de financiamiento es generar el dinero necesario para sostener el sistema de recolección. Además un buen plan puede ayudar a una localidad a alcanzar las metas propuestas de reducción y manejo de residuos. Existen tres alternativas principales para el financiamiento de un sistema de recolección:

**5.1. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE LA TASA MUNICIPAL**

**5.2. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO FIJO**

**5.3. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO VARIABLE**

(Ver Cuadro 2).

### **5.1. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE LA TASA MUNICIPAL**

Es un método muy tradicional especialmente donde la recolección está a cargo de la municipalidad misma. Lo atractivo de este método es su simplicidad administrativa; no requiere de un sistema separado de cobro ya que los fondos provienen del dinero recibido del cobro de los impuestos sobre las propiedades personales y societarias.

A pesar de esa simplicidad, hoy en día muchas municipalidades buscan alternativas a emplear este método como única fuente de financiación.

Algunos municipios están comenzando a cubrir estos costos con la aplicación de tasas específicas a los usuarios, en parte porque razones estatutarias o políticas pueden hacer inconveniente o imposible elevar los impuestos a la propiedad y además por la creciente convicción de que financiar el sistema de manejo de los residuos (recolección y recuperación o disposición) a través de un impuesto a la propiedad no crea, en los residentes, incentivos a reducir sus residuos, a participar en su recuperación a través de proyectos de reciclaje.

El pasaje del antiguo criterio de disposición de residuos a las actuales y más costosas formas de manejo de los mismos requiere encontrar formas que permitan a los residentes establecer conexiones entre las ventajas del nuevo servicio y su costo y que los incentive en su participación.

### **5.2. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO FIJO**

Método común en las localidades que poseen una recolección privada y en las municipalidades donde existe una operación independiente y un fondo específico para cubrir los costos de los sistemas de recolección de residuos sólidos. Aunque este método es mejor porque permite conocer el costo del servicio de recolección, tampoco incentiva a los habitantes a la reducción de sus residuos.

Un ejemplo de este sistema puede encontrarse en **San Juan de la Esquina** (Prov. de Santa Fe- 8000 hab.) que, a partir de mediados de 1999 tiene en marcha un sistema de recolección de residuos de gestión urbana.

El servicio se presta con un camión compactador con conductor y dos recolectores (se derivó personal contratado del municipio que ahora es pagado por el concesionario).

A comienzos de cada mes el cobrador domiciliario recorre a los vecinos para efectuar la cobranza de \$ 4,00 por contribuyente. No se hace distinción entre casas de familia, comercios o industrias, ni tampoco por cantidad generada.

Con el anterior sistema, a cargo de la municipalidad, cada uno de los 2.000 contribuyentes pagaba, por recolección, \$ 4,91 que venían incluidos dentro de la tasa municipal, entonces de \$ 14,00.

Esto significaba aproximadamente \$ 10.000,00 mensuales que en la práctica se reducía a la tercera parte ya que solo el 30 % de los contribuyentes pagaba la mencionada tasa, priorizando el pago de otros servicios que podrían ser cortados (agua, luz, etc.). Con el nuevo sistema la tasa pasó a ser de \$ 9,00.

El concesionario no recibe ningún otro pago o canon que los \$ 4,00 por vecino con los que debe atender sus gastos de vehículo, personal y administrativo.

Con la nueva operación el tiempo de recolección se redujo de 7 a 5,5 horas por recorrido.

## CUADRO 2

Ventajas y desventajas de diferentes mecanismos de financiamiento de la recolección de residuos:

**Tasa Municipal**

En este sistema una porción de lo recaudado por tasas inmobiliarias es usada para financiar la recolección de residuos. Aunque el impuesto sea recaudado por la municipalidad, el servicio puede ser prestado tanto por equipos municipales como por empresas privadas bajo contrato:

*Ventajas:*

- La provisión de fondos es relativamente fácil de administrar al ser recolectada por el impuesto municipal.
- Toda la población sostiene al sistema y hay menos incentivos para abandonar residuos en la vía pública o en terrenos ajenos.
- Puede argumentarse que los costos son, en términos generales distribuidos en función a la capacidad de pago de los contribuyentes en la medida que las propiedades más caras pagan más.

*Desventajas:*

- La población servida no tiene ningún incentivo directo para reducir sus residuos.
- Los fondos son difíciles de ajustar ante algún inesperado aumento de costos (ej.: para cubrir aumento precio del combustible).
- Los contribuyentes no tienen medios de reducir sus gastos a través de la reducción de los residuos que genera.
- El costo real del sistema de recolección puede ser difícil de establecer en razón de que personal, equipo e instalaciones pueden también ser utilizados para otros propósitos. Esto puede resultar en un cálculo erróneo del costo y en demandas de mayores niveles de servicio, situaciones que se evitarían si se conocieran los costos reales.
- Puede motivar objeciones de algunos contribuyentes comerciales que no son servidos a pesar de pagar la tasa municipal total. Similares reclamos pueden motivarse si propiedades o instituciones exentas del pago de la tasa reciben el servicio de recolección de residuos.

**Tasa fija**

Dentro de estos sistemas los residentes pagan una tasa mensual establecida en concepto de servicio de recolección de sus residuos. Esta tasa puede ser recaudada por el municipio o cobrada por la empresa privada de recolección.

*Ventajas:*

- Fácil de administrar: el monto de las tasas es igual para todos.
- De ser necesario, es más fácil ajustar esa tasa que re asignar los fondos de un impuesto.
- Si el cobro lo hace el sector privado, el municipio no necesita verse involucrado en el pago del servicio.
- El costo de la recolección de los residuos no está constreñido por los límites de la tasa municipal.
- Las partidas destinadas a proveer fondos específicos –como en el caso de esta tasa de recolección- tienen menos probabilidades de ser resignadas por los funcionarios municipales que las del impuesto inmobiliario general.
- Si la tasa ha sido bien calculada para cubrir el gasto total del servicio de recolección, tanto los funcionarios municipales como el público servido, pueden hacer evaluaciones más informadas acerca de los servicios a ser provistos.

*Desventajas:*

- Algunos residentes pueden tratar de evadir el costo del servicio tirando sus residuos en caminos, arroyos, etc.
- La tasa puede resultar de cobro más dificultoso que el impuesto.
- La tasa fija no promueve la reducción de residuos.
- Los sistemas de tasa fija generalmente resultan para los contribuyentes de menores recursos más caros que los basados en el impuesto inmobiliario.

**Tasa variable**

En este sistema, los residentes pagan según una escala variable dependiendo de la cantidad de residuos que sacan para recolección. En esta modalidad el precio a pagar puede ser distinto cada vez o el residente puede *subscribirse* a un determinado nivel de servicio (por ejemplo: un recipiente de determinada capacidad o peso por cada recolección).

*Ventajas:*

- Este sistema provee un incentivo económico directo que motiva a los residentes a generar menos residuos.
  - Permite a los clientes ubicarse en el nivel de generación que elijan.
  - Usualmente aumenta el grado de participación y los rendimientos en los proyectos de reciclaje con separación en origen.
- Generalmente hace a la población más atenta a la compra de productos que generan mucho residuo.

- Induce el compostaje domiciliario.
- Exceptuando la instalación de administración, comparte las demás ventajas del sistema de monto fijo.

*Desventajas:*

- Complejidad administrativa: debe adoptarse un modelo para computar las cargas o posibilitar la adquisición de bolsas o etiquetas por parte de los residentes.
- Cuando el costo del servicio depende del volumen generado, los clientes tienden a compactar los residuos excesivamente, lo cual puede traducirse en recipientes con peso excesivo o mayor rotura de bolsas.
- La contaminación de los reciclables puede aumentar a medida que los residentes tratan de reducir sus gastos de recolección, y los encargados de recoger los reciclables deberán estar alerta de la presencia de basura entre el material recuperable.
- Es necesario establecer un proyecto, al menos inicialmente, para prevenir el abandono de basura.
- Puede ser difícil establecer con adecuada anterioridad el monto de ingresos y, si el municipio contrata a un recolector particular, puede tener que asegurar una recaudación mínima.

Bajo un sistema de tasa variable puro los grupos familiares grandes (que frecuentemente se corresponden con los más pobres) puede tener costos mayores que con sistemas de tasa fija o de tasa inmobiliaria.

### **5.3. RECAUDACIÓN A TRAVÉS DE UNA TASA ESPECÍFICA DE MONTO VARIABLE**

En este sistema los generadores pagan de acuerdo a la cantidad de residuos que desechan para la recolección. Las tasas variables también son denominadas tasas por unidad o tasas basadas en volúmenes. Este método puede requerir que los habitantes compren bolsas especiales o etiquetas y muchas veces los prestadores ofrecen un rango de niveles de servicio de los cuales pueden elegir. Cuando se utilizan bolsas o etiquetas, los precios de las mismas se fijan de modo de cubrir la mayoría o todos los costos del proyecto, incluyendo los costos de las bolsas mismas y del sistema de contabilidad.

Aquellos que ofrecen a los generadores un rango de niveles de servicio, presentan una complejidad administrativa menor a los sistemas que utilizan bolsas. Sin embargo en el método de las bolsas los habitantes pueden estar más conscientes de las cantidades de residuos que generan y por lo tanto estar incentivados a reducirlos. Inclusive al ir disminuyendo el tamaño de las bolsas y del uso de etiquetas los generadores pueden observar rápidamente los ahorros provenientes de la reducción de los residuos, fruto de sus esfuerzos.

Una comunidad puede preferir combinar diversos elementos de los métodos mencionados para formar un híbrido que se amolde a sus necesidades. Muchos proyectos de “tasa variable” se readaptan para disminuir el impacto negativo que presenta este tipo de método de financiamiento.

Por ejemplo, un único servicio de nivel básico que da un cierto número de bolsas por semana o un tacho, puede ser ofrecido a todos los habitantes y financiado de los impuestos sobre las propiedades.

Los generadores que tengan residuos adicionales pueden comprarle a la municipalidad bolsas especiales.

### **5.4. CONTROL DE LOS COSTOS**

La importancia de un seguimiento exacto de los costos totales del servicio de recolección no debe ser subestimada. Para muchas localidades los costos de la recolección de los residuos pueden ser mayores que los costos de disposición y procesado. Una contabilidad exacta de los costos provee información necesaria para la comparación de la performance del proyecto con otras localidades, con el sector privado y para identificar las oportunidades para mejorar la eficiencia. La contabilización de los costos totales provee a los habitantes y a los encargados de tomar las decisiones información más completa sobre la recolección de residuos incluyendo los costos indirectos tales como los administrativos, facturación y costos legales, y los costos directos como la mano de obra, los equipos, y suministros.

En aquellas localidades donde los fondos para la recolección son tomados de los impuestos, este tipo de información es útil para que los habitantes entiendan que en realidad la recolección gratuita de basura es imposible. Muchas localidades han demostrado a través de la contabilización que los costos de recolección de reciclables y de procesamiento de los mismos son menores a los costos de recolección y disposición de los residuos sólidos generales. Sin embargo cuando los costos del reciclaje demuestran ser mayores, la información es útil para que los habitantes analicen y comprendan mejor la relación costo / beneficio de los sistemas alternativos que están siendo considerados.

**CUADRO 3**

## Ejemplos locales de costos de recolección y formas de recaudación

RESIDUOS	LOCALIDAD/ CIUDAD	POBLA- CIÓN	OPERACION	METODO DE RECAUDACIÓN	FRECUENCIA DEL SERVICIO DE RECOLECCION	RECOLECCION (R ) /DISPOSICION (D)
Mezclados	Com. Rivadavia (Prov. de Chubut)	125.000	Privada	Tasa Fija (100% de la tasa de higiene urbana*)	6 días x semana	R y D (**)
Mezclados	S. C. de Bariloche (Prov. de Río Negro)	100.000	Privada	Tasa Municipal (canon 114.000 \$/mes)	3 a 7 días x semana según la zona	R
Mezclados	Casilda (Prov. de Sta. Fe)	37.000	Privada	Tasa Municipal (canon 32.800 \$/mes)	3 a 6 días x semana según la zona	R y D
Sep. en origen	Esperanza (Prov. de Sta. Fe)	35.000	Municipal	Tasa Municipal (30-50 % de la tasa general de servicios munic.)	3 a 7 días x semana según la zona	R y D
Sep. en origen	Arequito (Prov. de Sta. Fe)	7.000	Municipal	Tasa Municipal (25-30 % de la tasa general de servicios munic.)	6 días x semana	R y D

\*Entre 25 y 100\$ según el destino del predio.

\*\* y servicios complementarios.

Fuente: Fundación Senda.

## 6. DETERMINAR FORMAS DE PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS A SER RECOLECTADOS

Para lograr un sistema efectivo y eficiente debe coordinarse la manera en que los habitantes dispondrán de sus residuos y los métodos de recolección de los mismos, ya que uno afecta al otro. Por ejemplo, una localidad puede decidir utilizar camiones de carga y compactación en ciertos vecindarios y por lo tanto los habitantes estarían obligados a disponer de sus residuos en contenedores que se ajusten a las medidas y mecanismos de dichos camiones. Estas decisiones sobre vehículos y tipos de contenedores afectan la cantidad de operarios requerida, ya que en este caso la cantidad de personal necesario es menor a la que se requeriría si la recolección fuera manual.

Para establecer recolecciones uniformes y efectivas, generalmente se deben elaborar guías y dictar ordenanzas que especifiquen como los habitantes deben preparar los residuos sólidos y el material reciclable. Aunque los requisitos varían de comunidad a comunidad, los mismos se refieren a los tipos de contenedores, a la separación de los materiales reciclables u otros residuos a ser recolectados por separado y adonde deberán ser dispuestos los residuos para su recolección.

### 6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES O CONTENEDORES

Muchas municipalidades ya poseen ordenanzas que especifican el tipo de contenedores a ser utilizados. Si se trata de recipientes, estos deberán adecuarse a la cantidad y tipo de materiales que van a contener y al tipo de vehículo utilizado. Los contenedores deben ser duraderos, de fácil manejo, de bajo costo y resistentes al desgaste del viento y al ataque de animales.

En las zonas residenciales donde la recolección es manual, generalmente es aconsejable el uso tanto bolsas de plástico y de contenedores de metal o plástico de tamaño estándar. La experiencia ha demostrado que el uso de cajas de cartón o latas han dificultado la tarea del recolector e incluso aumentó la probabilidad de accidentes y lesiones.

Si se llegara a aprobar el uso de tachos, estos deben ser resistentes al agua, más amplios en la parte superior que en la base, con tapa y manijas y deben mantenerse en buen estado. Debe fijarse un límite para la capacidad del recipiente y eventualmente especificarse un número fijo de recipientes a recolectarse debiendo pagarse un monto adicional por los recipientes extras.

Si se acepta el uso de bolsas de plástico, las mismas deberán estar en buen estado y bien cerradas. Algunas localidades plantean la necesidad de un determinado espesor para que sean menos propensas al deterioro. Además el uso de bolsas evita la tarea de tener que vaciar los contenedores y retornarlos a su lugar, lo que agiliza la tarea de recolección aunque generará una considerable acumulación de polietileno de difícil reuso en el sitio de disposición. Puede optarse por un método según el cual los habitantes deben comprar bolsas con medidas graduadas o calcomanías especiales para pagar un monto sobre los residuos generados (los precios de estas bolsas y etiquetas incluyen los costos de los servicios de recolección y de disposición).

Otra alternativa es el empleo de contenedores plásticos de 200 lts. Con ruedas (tipo OSO) que son adquiridos por cada vecino. La recolección se hace una vez por semana, debiendo contar el camión recolector con un sistema de izamiento adecuado. El vecino higieniza su recipiente, debiendo hacer el municipio lo mismo con aquellos que se encuentran en espacios públicos. Este sistema se utiliza en la **Ciudad de Gálvez** (Provincia de Santa Fe).

Otra opción semejante es la de cobrar diferentes montos por los distintos tamaños de los contenedores o tachos. En aquellas localidades donde además existe un proyecto de reciclaje, conviene no cobrar o reducir los precios de recolectar los residuos destinados a ese fin. Esta política alienta a los habitantes a separar para reciclar.

Si el sistema de recolección es automático o semiautomático, los contenedores deben estar especialmente diseñados de acuerdo a las medidas y mecanismos de los camiones recolectores.

La capacidad de este tipo de contenedores es generalmente de 200 a 500 lts. Estos sistemas de recolección no sólo convienen para edificios y establecimientos comerciales donde el recipiente se completa totalmente, sino que también se han comenzado a utilizar en los barrios residenciales debido a la reducción de los costos que traen aparejados.

Pueden usarse recipientes comunitarios en asentamientos precarios o accesos a caminos rurales (para evitar volcamientos en canales de desagüe). Si el sistema no es masivo como el de **Gálvez**, puede adaptarse un camión compactador convencional para elevar por el lateral derecho los contenedores usados en ciertos lugares.

## 6.2 SEPARACIÓN EN ORIGEN

Si una comunidad decide recuperar alguna porción de sus residuos sólidos, este deberá ser separado por los residentes antes de la recolección. Esta separación por parte del generador (separación en origen) puede incluso ser convertida, por el municipio, en condición obligatoria para que los residuos sean recogidos.

La separación puede involucrar a uno o varios materiales que pueden, a su vez, separarse individualmente o juntos atendiendo solamente a su condición de reciclable o no reciclable. Otra modalidad posible es su separación en secos y húmedos, en la cual los residuos *secos* son aquellos que una vez clasificados se destinarán al reciclaje y los *húmedos* son los orgánicos aptos para el compostaje.

El municipio podrá también requerir de los residentes separar los restos verdes productos de podas o jardines, los residuos voluminosos o peligrosos para ser recogidos separadamente o fijar puntos de recepción donde deban ser llevados por los propios generadores.

Este cambio de modalidad exigirá nuevos hábitos en el generador, nuevos recipientes, diferentes modos de recolección y un re-entrenamiento del recolector.

### 6.3 PUNTOS FIJOS DE RECOLECCIÓN

Mientras que en las zonas urbanas y suburbanas la recolección es usualmente domiciliaria, en zonas rurales, debido a las bajas densidades de población y a los presupuestos limitados, conviene, aunque resulte menos práctico para los pobladores, no ofrecer un servicio de recolección domiciliaria sino en ciertos puntos establecidos en los cuales los habitantes depositen sus residuos. Esto vale también para asentamientos precarios o zonas de difícil accesibilidad.

Puede ser difícil encontrar sitios exentos de problemas ya que los moradores cercanos se quejan de los ruidos de las tareas de compactación. Por otra parte debe preverse la higienización periódica del sector ya que siempre se producen derrames de residuos con las consecuencias desagradables conocidas.

### 6.4 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN

Las municipalidades pueden seleccionar el nivel del servicio que ofrecerán a sus habitantes en base la frecuencia con la que recolectarán los residuos y el lugar en donde efectuarán la recolección. Cuanto más alto sea el nivel del servicio mayor será el costo de operación del mismo.

Los factores que deben tomarse en cuenta para determinar la frecuencia de recolección son los costos, las expectativas de los clientes, las limitaciones de almacenaje (que pueden venir dadas por la disponibilidad del espacio promedio en las viviendas o por las características de los residuos) y el clima.

Si bien en la mayoría de las localidades de la Argentina la recolección es casi diaria, en muchos lugares del exterior los servicios de recolección son generalmente una o dos veces por semana.

Algunos estudios demostraron que al realizar la recolección una vez por semana, la cantidad de residuos recolectados por hora es mayor que si se hiciera una recolección dos veces a la semana, aunque la cantidad de paradas sea menor. Los resultados probaron que aunque habiendo servido a 33 % menos de hogares la cantidad de residuos recolectados por hora superó en un 25% a la cantidad recolectada por un servicio de dos veces a la semana.

Sin embargo el personal y los equipos necesarios para la recolección una vez por semana eran 50% más altos.

Para aquellas localidades que presentan climas cálidos y húmedos, se recomienda una recolección de dos veces a la semana por razones de higiene y salud y para evitar los olores.

En **Esperanza** – Provincia de Santa Fe (35.000h, 19Tn/día), donde se implementa un programa de separación en origen sobre la base de un programa de adhesión voluntaria de los residentes de la planta urbana, la recolección a cargo del Municipio se realiza con la siguiente frecuencia:

- Lunes, miércoles, viernes y sábados: Residuos orgánicos.
- Martes y jueves: Residuos inorgánicos.

## 7. EQUIPOS Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA RECOLECCIÓN

### 7.1 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO

#### 7.1.1. Tipos de equipos

En la selección de los chasis y las carrocerías, las municipalidades deben considerar las regulaciones referentes al tamaño y al peso de los mismos.

El principal objetivo al seleccionar un camión es el de elegir aquél cuya capacidad para recolectar residuos sea la mayor posible manteniéndose dentro de los límites de peso legales (considerando el peso total del vehículo y aquél distribuido en los ejes individuales).

Además, si los conductores y el personal de recolección están familiarizados con los equipos, se los deberá consultar antes de seleccionar un determinado modelo.

Los camiones compactadores son los más utilizados. Los mismos poseen mecanismos hidráulicos de compactación que permiten aumentar la carga útil y luego impulsan los residuos fuera del camión una vez en el lugar de disposición. Los camiones compactadores generalmente se clasifican en los de carga frontal, carga lateral o carga trasera dependiendo del lugar por donde se vacían los contenedores al camión.

Antes del uso de los camiones compactadores, se utilizaban camiones de simple apertura y cerrado sin compactación. Aunque estos últimos son más baratos tanto de comprar como de mantener, son relativamente ineficientes para la recolección debido a los bajos volúmenes que son capaces de transportar y debido a que los trabajadores están obligados a levantar los contenedores manualmente para descargarlos en los camiones. Este tipo de camión aún es utilizado para la recolección de residuos de gran volumen como muebles o artefactos domésticos y para la recolección de materia orgánica (pasto, follaje, ramas) y otros materiales reciclables.

En la elección del vehículo de recolección es importante tener en cuenta, además de los requisitos mencionados, las cantidades de los residuos y las características físicas de los recorridos de recolección. Por ejemplo en localidades suburbanas donde las calles sean amplias y los autos estacionen sobre las mismas, es ideal utilizar camiones de carga lateral. En cambio para las localidades urbanas donde las calles son más angostas, conviene el uso de camiones de un ancho adecuado y de carga trasera.

Para los edificios de gran tamaño, los establecimientos comerciales e industriales es preferible el uso de camiones con elevación de contenedores automática. Los contenedores utilizados en esta tarea pueden entrar a la propiedad de generador. Para elevar los contenedores se requiere de camiones capaces de izar con montacargas o un brazo hidráulico.

En la Ciudad de **San Carlos de Bariloche** – Provincia de Río Negro (100.000h, 90Tn/día) la recolección de residuos domiciliarios y comerciales está a cargo de una empresa privada que posee un contrato de licitación hasta el año 2001 por el cual percibe un pago mensual de parte del municipio.

La empresa opera una flota de 9 camiones compactadores, un camión playo con grúa y un vehículo liviano que sirven a un total de aproximadamente 3.600 cuadras divididas en 9 rutas de 70 Km. de recorrido promedio, y que comprenden aproximadamente el 98 % de la población.

Las frecuencias de las nueve rutas son las siguientes:

- 1 ruta: se atiende los 7 días de la semana.
- 5 rutas: se atienden 6 días de la semana.
- 3 rutas: se atienden 5 días a la semana.

### **7.1.2 Cantidad de mano de obra**

La cantidad óptima de personal depende en gran medida de los costos de mano de obra y equipos, de los métodos de recolección y de las características de los recorridos.

Depende también de las condiciones que figuran en los contratos con los sindicatos laborales. Como se hizo referencia anteriormente, la cantidad de mano de obra puede tener una gran influencia sobre los costos de recolección.

Debido al aumento en los costos de recolección, se está tendiendo a:

- 1) disminuir la frecuencia de recolección,
- 2) aumentar los de separación adecuada de los residuos y transportarlos hasta el sitio fijado para la recolección y
- 3) aumentar el grado de automatización. Estos tres factores resultan en una disminución del personal requerido.

Generalmente si el trabajo lo realiza una sola persona, el tiempo productivo empleado en la recolección es mucho mayor que si ese mismo trabajo estuviera realizado por dos o tres personas. Lo que ocurre frecuentemente en los equipos con varias personas es que mientras los conductores se encargan de trasladar la carga, el resto del equipo permanece sin hacer nada y esto se traduce en una disminución del tiempo productivo. Lo que conviene en estos casos es que mientras los conductores se encargan de transportar los residuos hacia los centros de transferencia y/o disposición final, los demás se dediquen a otras tareas como por ejemplo el barrido de las calles.

A pesar de que una sola persona representa un mayor tiempo productivo, muchas localidades emplean equipos de varias personas debido a tres razones principalmente.

En primer lugar, muchos de los vehículos de recolección (especialmente los de carga trasera) requieren la participación de más de una persona.

Por otro lado puede que la municipalidad prefiera ofrecerle a sus habitantes un nivel de servicio superior al que puede ofrecer con una sola persona, y finalmente porque muchas veces los convenios laborales exigen el empleo de más de una persona para determinados trabajos. En realidad los equipos de varias personas pueden ser muy eficientes siempre y cuando reciban una adecuada capacitación e incentivos por buen desempeño.

En muchos equipos eficientes, mientras el conductor está recogiendo parte de los residuos, el personal que está trabajando con él, puede ir acercando los recipientes que se encuentran un poco más alejados y así reducir las paradas y en consecuencia, el tiempo empleado.

## **8. MONITOREO DEL COSTO Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA**

Los responsables de la recolección y transferencia deben elaborar un sistema efectivo para la revisión de los costos y del comportamiento del sistema. Cada equipo de recolección debería completar diariamente un informe que incluya la siguiente información:

- Cantidad total recolectada (toneladas o metros cúbicos).
- Distancias totales y tiempos empleados entre ida y vuelta a los sitios de disposición.
- Cantidades entregadas a cada uno de los centros, si es que existe más de un sitio de transferencia, disposición o de procesado.
- Tiempos de espera en los centros de disposición o transferencia.
- Cantidad de cargas efectuadas.
- Problemas de operación o de los vehículos que precisan atención.

Los centros de disposición y procesado también deben recolectar información sobre los vehículos y sobre los pesos de las cargas recibidas. Las cantidades de residuos (si posee una balanza), la procedencia de los vehículos y el tiempo empleado en la entrega son datos que pueden ser registrados y procesados.

Los datos recolectados pueden emplearse para predecir las cargas de trabajo, los costos de los camiones, los cambios en la generación de residuos y para detectar el origen de residuos problemáticos así como para evaluar el desempeño del personal. Los encargados del servicio deberían utilizar esta información para identificar los cambios en las necesidades del servicio y para evaluar si se están logrando los objetivos y las metas del sistema de recolección.

Los informes, para que puedan cumplir con estos propósitos, deberán suministrar resúmenes concisos sobre parámetros que evalúen el grado de desempeño y comportamiento del sistema junto con la posibilidad de acceder a información más detallada que permita investigar un problema en particular.

Así como los objetivos del sistema orientan su curso, un buen sistema de monitoreo del desempeño provee la información necesaria para identificar los cambios que se requieren, para lograr dichos objetivos.

#### CUADRO 4

Forma de cálculo de los valores que intervienen en el diseño de un Sistema de Recolección de Residuos

- |   |   |
|---|---|
| <p>1) Cantidad de domicilios atendidos por un vehículo determinado (N)<br/> <math>N = (C \times D) / W</math> donde:<br/> C = capacidad de vehículo (m<sup>3</sup>)<br/> D = densidad de carga (kg./m<sup>3</sup>)<br/> W = total residuos generados / total domicilios atendidos (kg./dom. atendidos)</p> <p>2) Tiempo requerido para recolectar la carga completa de vehículo (E)<br/> <math>E = N \times L</math> donde:<br/> L = tiempo necesario para realizar un servicio incluyendo el tiempo de desplazamiento entre uno y otro.</p> <p>3) Número de cargas completas por día de trabajo (n)<br/> El número de cargas (n) que una dotación de recolectores puede realizar en un día puede ser estimada en base a la extensión de la jornada de trabajo (T), el tiempo consumido por requisitos administrativos y lapsos de descanso (T1), el requerido por las operaciones de descarga y retorno al circuito (T2) y el tiempo efectivamente empleado en los circuitos de recolección (T3).</p> <p>a) Tiempo empleado en cumplir requisitos administrativos, almuerzo y descansos (T1).<br/> <math>T1 = A + B</math> donde:<br/> A = tiempo requerido (p. ejem. para impartir instrucciones, modificar recorridos, llenar planillas de operaciones, etc.)<br/> B = tiempo para almuerzo y descansos.</p> <p>b) Tiempos empleados en descargas u otros recorridos conexos (T2)<br/> <math>T2 = (n \times H) - F + G + J</math> donde:</p> | <p>n = número de descargas por día de trabajo.<br/> F = tiempo para volver del lugar de disposición al circuito de recolección.<br/> H = tiempo necesario para ir hasta el lugar de disposición, descargar el camión y volver al circuito de recolección.<br/> G = tiempo para ir de la playa de estacionamiento del camión hasta el circuito.<br/> J = tiempo requerido para volver del sitio de disposición a la playa de estacionamiento.</p> <p>c) Tiempo empleado en los circuitos de recolección (T3)<br/> <math>T3 = n \times E</math> donde n y E han sido previamente definidos.</p> <p>d) Extensión de la jornada de trabajo.<br/> <math>T = T1 + T2 + T3</math> ecuación donde T viene dada por los convenios o políticas de trabajo a partir de la que, reemplazando T2 y T3 por sus expresiones anteriores, permite determinar el valor de n.</p> <p>4) Cálculo de la cantidad de vehículos y dotaciones (K).<br/> <math>K = (S \times F) / (N \times n \times M)</math> donde:<br/> S = número total de servicios en el área de recolección.<br/> F = frecuencia de recolección (semanal).<br/> M = cantidad de días de recolección por semana.</p> <p>5) Cálculo del costo anual en vehículos y mano de obra.<br/> <i>Costo de los vehículos</i> = depreciación + mantenimiento + combustibles + patente + habilitación + seguro + gastos generales.<br/> <i>Costo de la mano de obra</i> = salario conductor + salario operarios + remuneraciones adicionales + mano se obra indirecta + vestimenta y elementos de trabajo + gastos generales</p> |
|---|---|

## CAPITULO III

---

### *Reducción en origen*

*De acuerdo a algunas estimaciones, con la tecnología existente y creando las condiciones adecuadas, en pocos años se podría reducir en un 50 % la cantidad de residuos generada actualmente.*

*Este capítulo sugiere formas de establecer proyectos de reducción en origen en los sectores público, comercial e industrial.*

## 1. COMPRESION E IMPLEMENTACION DE LA REDUCCION EN ORIGEN

### 1.1. DEFINIENDO REDUCCIÓN EN ORIGEN

Es frecuente que la denominación de *reducción en origen* se utilice en lugar de otras – reducción de residuos, reciclaje o prevención de la contaminación- que, sin embargo, se refieren a conceptos distintos.

La *reducción de residuos* es una denominación amplia que engloba a todos los métodos de tratamiento de residuos orientados a la minimización de los mismos, a saber: reducción en origen (que incluye el reuso) y reciclado (incluido el compostaje) y que resultan en la reducción de los residuos que de otro modo estarían destinados a ser enterrados en los rellenos sanitarios.

El *prerreciclado* se refiere al proceso de toma de decisiones que realizan los consumidores para comprar productos, basado en el impacto que tendrá el residuo final sobre el ambiente.

El término *prevención de la contaminación* alude a la elaboración de productos de bajo impacto ambiental.

Finalmente, entendemos *por reducción en origen* a la acción general de reducir el residuo en sus fuentes mediante cambios, tanto en el proceso que genera ese residuo como en el diseño, producción, venta, compra y utilización de los productos o envases originales.

Los proyectos de reducción en origen pueden, entonces, ir dirigidos al consumidor como a los productos.

### 1.2. LA REDUCCIÓN EN ORIGEN COMO PRIMERA ACCIÓN PREFERIBLE

Promover la reducción en origen es importante porque conserva recursos, reduce los costos de disposición y la contaminación y enseña a conservar y prevenir.

En la búsqueda de su enfoque práctico los municipios deberán apoyar los proyectos de entrenamiento de los colegios terciarios orientados a restaurar materiales y promocionar los proyectos voluntarios de centros vecinales de restauración o bancos comunales de herramientas.

Los gobiernos municipales pueden aplicar programas de reducción en origen en dos niveles dentro de la comunidad:

- 1) a nivel institucional (oficinas municipales, colegios, bibliotecas, plazas, etc.) y
- 2) a nivel comercial y residencial.

## 2. LA POLÍTICA DE REDUCCIÓN EN ORIGEN

### 2.1. COMPRAS MUNICIPALES

Las políticas Municipales de gestión que hagan de la reducción en origen una prioridad, pueden provocar un significativo impacto sobre el flujo de residuos. Además, al implementar prácticas de reducción en origen, el Municipio se presenta como ejemplo para los comercios, las industrias y el público en general.

Los gobiernos municipales pueden comprar productos durables, reutilizables y reparables; pueden comprar en cantidad, y evitar comprar productos que solo se utilizan

una vez, además, cuando evalúa propuestas para la compra de equipos y muebles, puede incluir dentro del proceso de toma de decisión algún criterio de reducción en origen.

Como parte de la evaluación el gobierno local también puede tener en cuenta los costos de mantenimiento, los repuestos necesarios y los años de garantía.

Las compras también pueden ser evaluadas teniendo en cuenta los métodos disponibles para desechar el producto al final de su vida útil. Algunos de esos métodos son:

- Cambio por un modelo más nuevo.
- Reventa.
- Salvar algún componente que pueda ser reparado o mantenido.

Los acuerdos intergubernamentales para realizar compras en cantidad mejoran la economía de los proyectos de reducción en origen.

El reciclado de los productos evita que *nuevos* materiales entren al flujo de residuos pero en sí mismo, no es una práctica de reducción en origen. Existe una diferencia entre utilizar menos productos y utilizar la misma o mayor cantidad de productos reciclados.

Junto con el cambio en los procedimientos de compra, los gobiernos locales pueden considerar implementar otras actividades de reducción en origen, por ejemplo, cambiar algunos procedimientos y comportamientos dentro de las oficinas (copias doble faz o imprimir solamente el material necesario).

## 2.2. GUÍAS DE IMPLEMENTACIÓN DE REDUCCIÓN EN ORIGEN PARA EL SECTOR COMERCIAL

Para fomentar que el sector comercial implemente proyectos de reducción en origen, los gobiernos locales pueden incentivar a los representantes del sector a que adopten una serie de estrategias, incluyendo las siguientes:

- Copias doble faz.
- Utilización de correo electrónico.
- Circular solamente una copia de material impreso (memos, documentos), utilizar una hoja de ruta indicando quién debe leerlo y quién ya la ha leído.
- Establecer áreas centrales de documentos y de archivos.
- Reutilizar el papel creando anotadores o borradores.
- Reutilizar y devolver cajas de cartón corrugado.
- Vender productos en contenedores reutilizables.
- Proveer productos en cantidad y promover entre los clientes a que compren en cantidad.
- Proporcionar incentivos a los consumidores para que reutilicen los envases de los productos comprados.

## 3. REDUCCIÓN EN ORIGEN REALIZADA POR LOS RESIDENTES

Una agresiva campaña de reducción de residuos en origen entre los residentes/consumidores implica la utilización de varios enfoques, además de las regulaciones mencionadas anteriormente. Los gobernantes pueden considerar la utilización de las siguientes estrategias:

- Incentivos económicos.
- Educación, asistencia técnica, y promociones.
- Inversión en herramientas de reducción en origen como por ejemplo base de datos para el intercambio de materiales o pequeñas máquinas.

**3.1. INCENTIVOS ECONÓMICOS**

Un sistema de recolección de basura cobrando por cada bolsa es una herramienta económica que incentiva a los residentes a producir una menor cantidad de residuos. Las municipalidades pueden establecer una tarifa por cada bolsa recolectada o por cada contenedor de basura colocado para la recolección.

Un sistema de recolección que establece una tarifa por cada contenedor utilizado permite que el residente tome conciencia del verdadero costo de la gestión de los residuos sólidos. Usualmente, las tarifas incluyen los costos de recolección y disposición de los residuos y, en algunos proyectos, subsidian la recolección de residuos reciclables.

Otra forma de cobrar tarifas es estableciendo un precio base por el servicio, igual para todos los residentes. Luego, pagan cualquier exceso de residuo que sobrepase la cantidad de base. Para asegurar el éxito de este sistema, es necesario establecer límites al tamaño y al peso de las bolsas, e implementar regulaciones que prohíban y castiguen las disposiciones ilegales.

Debido a que la cantidad de residuos puede ser reducida por medio de la reducción en origen, el reciclado y el compostaje, los residentes que pagan por contenedor tienen el incentivo de comprar los productos teniendo en cuenta el residuo final que éstos producen.

Los sistemas que cobran por contenedor fomentan la reducción en origen porque ofrecen incentivos económicos adicionales a comprar productos con una mínima cantidad de envases o que vienen en envases reusables.

**3.2. LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS VERDES**

Los responsables de los proyectos locales de residuos sólidos pueden alentar a los residentes a que promuevan una reducción de los residuos de materiales de áreas verdes y podas (ver Cuadro 1).

Utilizando ese tipo de material en el lugar donde es producido en vez de agregarlo al flujo de residuos es una forma de reducción en origen. Los residentes deberían comprender por ejemplo que dejar el pasto cortado sobre el césped es una medida de reducción en origen.

**CUADRO 1****Composteras familiares**

Los residentes pueden evitar que gran parte de sus residuos orgánicos vaya a los basurales o rellenos mediante el compostaje casero, beneficiándose –paralelamente– con la fabricación de un producto (compost) para el mantenimiento de sus jardines.

Las composteras caseras pueden ser simples recipientes donde el material se agrega por capas –alternando húmedas con secas– y manteniéndolo aireado.

Buenas parte de los residuos caseros pueden compostarse mediante composteras caseras, como por ejemplo: los recortes verdes, hojas y restos de césped, papel, cenizas, el contenido de las aspiradoras, aserrín, restos de comida, filtros de café, casaras de frutas.

El compost es un material que puede usarse ventajosamente en el mantenimiento de jardines y parques domiciliarios. Puede ser distribuido sobre la superficie del terreno, donde retiene la humedad, o mezclado con el suelo natural para mejorar su estructura otorgando una mejor capacidad de absorción y retención de nutrientes y agua.

### 3.3. PRECICLADO O ECO-COMPRA A NIVEL DE LOS CONSUMIDORES

Los gobiernos locales pueden fomentar la reducción en origen en el sector residencial desarrollando un fuerte proyecto educativo. También pueden difundir información sobre los servicios de reutilización como por ejemplo negocios de alquiler, de reparación, y de segunda mano.

Los proyectos locales también deberían dar a conocer el rol del consumidor en las actividades que apuntan a la reducción en origen, esto incluye basar las decisiones de compra de productos no solo en los atributos y costos sino también en el envase y las alternativas de disposición. *preciclado* o *eco-compra* se refiere al proceso de decisión que los consumidores utilizan para juzgar la compra de cualquier bien basado en el residuo final que produce.

Algunos de los criterios utilizados son:

- Si el producto es reutilizable, durable y reparable.
- Si el producto está hecho de recursos renovables o no renovables.
- Si el producto tiene un exceso de envase.
- Si el producto se vende en un contenedor reusable.
- Si el producto se vende en un contenedor reciclable (aunque esto no implica reducción en origen, es parte de la educación de *eco-compra*).

El impacto del comportamiento del consumidor sobre la reducción en origen es significativo.

Una campaña educativa de reciclado local y reducción en origen debería incluir estrategias que los consumidores puedan implementar fácilmente para decidir la compra de los productos en base a como los productos y sus envases serán desechados después de haber sido utilizados.

Algunas estrategias son enumeradas a continuación:

- Usar bolsas de supermercado reutilizables.
- Comprar concentrados, esto reduce la cantidad de envases.
- Comprar en cantidad.
- Comprar productos reutilizables.
- Comprar productos reparables y durables.
- Comprar artículos de segunda mano.
- Pedir prestado o alquilar artículos cuando sea posible.
- Evitar comprar productos con envases que utilizan materiales en exceso.
- La reducción en origen se puede lograr cuando un producto es reemplazado por otro que tiene múltiples propósitos. Si se necesita un producto que contienen químicos peligrosos entonces comprar aquél que contenga menos ingredientes peligrosos y en menos cantidades.
- Enseñar a los consumidores a comprar solamente la cantidad de productos necesarios para que de esta manera no sobren residuos.

Otra estrategia para reducir la cantidad de los materiales comprados es promover entre los consumidores la elaboración de listas o planes de compras. Esto puede ayudar a evitar la compra impulsiva de productos que en realidad no son necesarios, que se venden con un excesivo envase y que solo pueden ser utilizados una sola vez.

## CAPITULO IV

---

### *Del reciclaje*

*El reciclaje o sea el proceso por el cual algunos materiales, -que de otra manera serían descartados como residuo- son recolectados, procesados y remanufacturados, esta siendo adoptado en forma creciente por comunidades de todo el país como un método de manejo de los RSU.*

*Ya sean operados por un ente público o una organización privada, los proyectos de reciclaje bien conducidos evitan que una parte muy significativa de los residuos domiciliarios y comerciales vaya a los rellenos sanitarios pudiendo de esa forma disminuir el costo global del manejo de los RSU de un municipio tanto por ahorro en gastos de disposición final como por las utilidades que genera la venta de los reciclables recuperados.*

*Sin embargo y a pesar del indudable apoyo público, estos proyectos de reciclaje no resultaran exitosos si no logran mantenerse económicamente eficientes y en condiciones de proveer volúmenes y cantidades regulares de materiales que cumplan con las necesidades de la industria productora.*

*Implementar un proyecto de reciclaje efectivo representa un logro político y administrativo importante para una comunidad a condición de que sus responsables estén permanentemente atentos a ajustarse a las cambiantes condiciones del mercado.*

## **1. DESARROLLO DE UN PROYECTO DE RECICLAJE: ENCARANDO UN SISTEMA**

Un proyecto de reciclaje eficiente requiere ser encarado con un criterio de sistema ya que todas las decisiones acerca de la recolección, el procesamiento y la comercialización de los reciclables están interrelacionadas. Considerar alguna de ellas sin tener en cuenta su impacto sobre el resto puede conducir a la ineficiencia y a sobrecostos que finalmente provocarán críticas y desinterés por parte del público.

Este último aspecto es importante sobretodo en aquellos casos en que un elevado porcentaje del proyecto dependa de la participación de las familias y comercios cuyo apoyo y aceptación deberá, por lo tanto, fijarse como objetivo prioritario.

Para poder asegurar el éxito de un proyecto de reciclaje este debe desarrollarse de manera coordinada. En primer lugar se debe decidir que materiales se van a reciclar. Esta decisión debe basarse en el análisis del volumen de material generado, en las posibilidades de su manejo, en las demandas del mercado y en el costo de las operaciones. Una vez elegidos los materiales se prosigue determinando como será recolectado el material, como será procesado y las exigencias de espacio demandadas por esas operaciones y el almacenaje.

Conocer las necesidades de los potenciales compradores también puede orientar en la selección de los equipos que permitan obtener productos con características que faciliten su comercialización.

Una operación de reciclaje que esté bien diseñada debería tener un impacto mínimo sobre el ambiente, no obstante lo cual, las normas de zonificación e implantación de las instalaciones deben ser consideradas como para cualquier otra planta industrial previniendo, que aspectos derivados de la operación –tales como ruidos, contaminación visual, etc.-, no se constituyan en futuras fuentes de conflicto con las propiedades vecinas.

Por último, un proyecto de reciclaje debe diseñarse de manera de cumplir con la legislación ambiental vigente sobre el tema.

Este capítulo apunta, entonces, a describir los principales factores que intervienen en el diseño y la operación de un proyecto de reciclaje presentándolos, como se anticipó, como elementos de un sistema en el contexto del cual, pasos y procedimientos aparecen interrelacionados entre sí.

### **1.1. UTILIZANDO LOS RECURSOS DISPONIBLES**

En algunas comunidades las industrias y los comercios locales pueden aportar ideas o, incluso, la realización de algunas operaciones que forman parte de un proyecto de reciclado (por ejemplo: un recuperador comercial de plásticos que elimine, para la comunidad, la necesidad de poseer su propio equipamiento de molido, lavado y embolsado de estos materiales).

De manera similar consultoras privadas u oficinas del sector gubernamental pueden suministrar opinión experimentada que resulte especialmente importante para comunidades pequeñas que carezcan de especialistas en su propia administración.

El grado de intervención del sector privado depende de los recursos y los objetivos de cada comunidad y la existencia de dichos sectores especializados. Es importante que el proyecto se desarrolle de manera efectiva pero esto no implica que la comunidad deba efectuar por sí sola cada una de las tareas. El reciclaje ofrece la excelente posibilidad de desarrollar una sociedad entre el sector privado y público.

## 1.2. RECICLAJE COOPERATIVO

La cooperación entre localidades puede beneficiar al proyecto y debe siempre alentarse. Al procesar materiales provenientes de varias localidades se crean economías de escala para la compra de equipos y la administración del servicio. La venta en conjunto realiza la oferta debido al mayor volumen ofrecido a los procesadores.

Para acceder a mercados más estables y mejorar su poder de negociación, algunas comunidades de nuestro país se han agrupado en cooperativas.

La cooperativa actúa como agente de las comunidades miembro, identificando y negociando con los compradores.

Un ejemplo de esto lo constituyen varias comunidades del Sur de Santa Fe y Córdoba (**Arequito, Armstrong, Chabas, Chovet, Montes de Oca, Salto Grande, Sancti Spiritu, Sargento Cabral, Villa Eloisa, Corral de Bustos y Chañar Ledrado**) que integran la Cooperativa de Transformación, Comercialización y Provisión de Bienes y Servicios (ECOCOOP). Esta organización provee una red de cooperación intermunicipal con el principal propósito de resolver las cuestiones de índole comercial relacionadas con la valorización de los RSU y suministrarles apoyo técnico y logístico.

Si bien las ventajas de la comercialización cooperativa residen en la capacidad de poder ofertar mayores volúmenes a los menores costos de procesamiento y administración asociados a una economía de escala, las comunidades integrantes enfrentan desafíos que incluyen el de mantener características de calidad similar al del resto de los miembros aportantes, encuadrar su acción dentro del régimen legal apropiado y asegurarse reglas equitativas en cuanto a su participación en los costos y en las utilidades.

En el caso citado, algunos de estos problemas se reflejan en el texto siguiente, extraído de un informe inicial de la Administración de la cooperativa:

“..... la carencia de un espacio de acopio de materiales por parte de ECOCOOP, hizo que cada municipalidad copiara y posteriormente se coordinaba retirar el material de cada municipio. Esto desde el punto de vista del costo del flete tenía que hacerse de forma que el circuito del camión con sus respectivas paradas para cargar en cada pueblo fuera lo más rápido posible abaratando así su precio. Teniendo presente que cada comuna debía comprometerse a tener el material en determinado estado de preparación y a un horario convenido. Esto que parece sencillo fue una complicación que en oportunidades hizo fracasar entregas de material.

Lo mismo ocurría con la calidad que era necesario mantener para cumplir compromisos contraídos y poder exigir los precios pactados.

Por ejemplo se consideró importante explicar como era conveniente clasificar el papel, de que forma prepararlo y como acopiarlo. En relación al vidrio lo mismo y como prepararlo para el transporte dependiendo de los requerimientos del cliente final. Lo mismo ocurrió con los plásticos donde además las distintas calidades del mismo hizo imperioso la capacitación de personal para que de una forma sencilla pudiese informarse como reconocer distintos plásticos y prepararlos agregándolo valor mediante tareas programadas.

Aquel concepto que imaginamos en principio como desafío se reconvirtió a otro más importante en este momento que era ni más ni menos que una formidable tarea de comunicación, explicación pedagógica y de capacitación en cada comuna y en cada municipio.

Así es que mediante esta tarea se está logrando transmitir el concepto de lo que significa ECOCOOP como empresa, es decir qué cuestiones de la administración de cada pueblo es necesario homogeneizar con un patrón de funcionamiento que racionalmente organizado permita a ECOCOOP el cumplimiento de los compromisos que asume, con el menor costo operativo.

El conocimiento y difusión de estos temas, es importantísimo desde el punto de vista de ECOCOOP. Así se está conformando la cultura propia de una asociación que plasmarla en los papeles y darle identidad jurídica fue mucho más sencillo que ponerla a caminar con las limitaciones planteadas.

Hoy nuestro desafío ha priorizado la organización operativa de la cooperativa y de su relación con los asociados, como paso previo al gran desafío que nos planeamos inicialmente y que sigue siendo el desarrollo de mercados alternativos a los tradicionales para la utilización de los materiales producidos por el reciclaje de residuos sólidos domiciliarios.”

La comercialización cooperativa puede, además, diseñarse para permitir la participación tanto de organizaciones públicas como privadas.

La Provincia de La Pampa exhibe un ambicioso ejemplo de este concepto de cooperación al proponer una estrategia provincial conjunta (a la que pueden adherir todos los centros urbanos de la citada provincia, y creando una organización autónoma: CO.PRO.BA, Consorcio Provincial para la Basura) para su implementación.

Según el esquema establecido, cada municipio tendrá su planta de tratamiento de RSU donde realizará la recuperación de los reciclables de sus residuos mientras que Centros de Comercialización y Plantas de Reciclaje serán localizados solo en determinadas localidades

seleccionadas en función, entre otras cosas, de la ubicación de los mercados a desarrollar y a la optimización del flujo interno de los materiales recuperados.

El plan pormenoriza exhaustivamente el papel que cada localidad juega en términos de manejo de los diferentes residuos que genera y a los medios de transporte a disponer (propios o provistos por el Consorcio).

Del análisis económico que ésta organización hace de la aplicación del plan, se desprende su sustentabilidad en el largo plazo y en la medida que se logre extender su aplicación a toda la provincia.

Los ingresos del Consorcio están integrados por los resultantes del transporte de los materiales y por una comisión sobre la venta de los mismos.

## 2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROYECTO DE RECICLAJE

El diseño de un proyecto efectivo requiere de un detallado análisis de las opciones técnicas disponibles considerando los recursos y los objetivos de la localidad. Si bien se pueden tomar ideas de zonas cercanas, cada localidad es única y por lo tanto debe desarrollar su propio proyecto.

El proceso de decisión debe ser secuencial y coordinado para evitar dejar de lado factores esenciales o restarles la importancia merecida. El éxito a largo plazo puede verse perjudicado por una Formulación inadecuada.

Independientemente de que la legislación vigente los contemple en su totalidad, el desarrollo e implementación de un proyecto de reciclaje requiere de un proceso integrado por los aspectos, que se muestran en el Cuadro 1.

### CUADRO 1

#### 11 Pasos a considerar para Diseñar un Proyecto de Reciclaje

1. Identificación de los objetivos	7. Análisis de temas legales y de la ubicación de las instalaciones.
2. Caracterización de la cantidad, composición y disponibilidad del material reciclable.	8. Desarrollo del esquema de inicio de operaciones.
3. Generación del apoyo político.	9. Implementación de un proyecto de educación y promoción.
4. Evaluación del mercado para materiales reciclables y de las estrategias de desarrollo para el mismo.	10. Revisión y ajuste del proyecto.
5. Evaluación y elección de las tecnologías de recolección y procesamiento.	11. Supervisión del proyecto y continuación de las campañas de educación y promoción.
6. Organización y preparación del presupuesto.	

Los componentes 1, 2 y 3 (identificación de objetivos, caracterización de la cantidad, tipo de reciclables disponibles y creación del soporte político de la operación) se concentran en reunir la información y generar la base política necesaria para determinar el alcance del proyecto. En el Capítulo 1 de este manual se han analizado estos aspectos. Los componentes 4 a 8, que se analizan en este capítulo, tratan sobre los mercados y los aspectos técnicos del proyecto.

Finalmente, los puntos 9 a 11, que también son descriptos en este capítulo consideran la implementación del proyecto en la comunidad.

Seguir la secuencia de este esquema aumenta las posibilidades de lograr un proyecto exitoso.

## 2.1. EVALUACIÓN DE LOS MERCADOS Y LAS ESTRATEGIAS DE DESARROLLO

Es importante tener presente la noción de que el éxito de un proyecto de reciclaje depende en última instancia de un mercado de materiales reciclables estable y confiable. Al menos que una localidad tenga un mercado donde colocar sus reciclados, terminará por almacenar dichos materiales y eventualmente deberán deshacerse de ellos disponiéndolos en un relleno. Si los habitantes a los que se les pide separar sus residuos observan que posteriormente estos son tratados como residuos comunes debido a la disminución o inexistencia de mercados, quitarán su apoyo al proyecto llevándolo al fracaso. Por esa razón y exceptuando el caso de que alguna razón establezca otra cosa, es conveniente empezar por recolectar aquellos materiales que posean una demanda definida.

Asegurar una demanda estable y confiable, implica un proceso de dos vías. En primer lugar requiere que las decisiones sobre los mercados estén basadas en una clara comprensión de los procesos y de requerimientos de la técnica de reciclaje.

En segundo lugar, demanda que los encargados de Formular el proyecto, compartan la responsabilidad junto con el sector privado respecto de adaptarse e implementar estrategias de mercado.

## 2.2. LA ESTRUCTURA DE UN MERCADO PARA MATERIALES RECICLABLES

En esta sección se trata el tema de los mercados y sus estrategias de desarrollo desde perspectivas locales y globales.

En ella también se analizan los elementos que estructuran dichos mercados y el estudio de la evolución de sus tendencias.

Se intentará mostrar como el mercado local y sus decisiones de compra son afectados por el mercado global.

La cantidad de materiales reciclables recuperados en el país ha venido incrementándose durante la última década y la cantidad de reciclables ofrecida al mercado se espera aumente en la medida que crece el número de proyectos de reciclaje en operación.

Este crecimiento requerirá de un cambio de actitud en el sentido de reconocer a los materiales reciclables no como residuos sino como materia prima y potencialmente capaces de afectar el comercio local e internacional.

Si bien la recuperación y reutilización de materiales no es un fenómeno nuevo y estas operaciones han sido realizadas por la industria desde hace mucho tiempo, el aumento de las cantidades disponibles y la multiplicación de sus fuentes de origen afectará necesariamente la estructura de aprovisionamiento hasta ahora vigente.

Por lo tanto el conocimiento de los actores y modalidades del mercado actual es indispensable para quienes deseen insertarse en él de manera competitiva.

### 2.2.1. Estructura del mercado

El mercado es una institución que sirve de nexo entre los vendedores y los compradores de un determinado bien. El mercado de materiales reciclables, en particular, se puede dividir en dos: el *mercado intermedio o de recuperación* donde interactúan los recolectores de materiales recuperables, los procesadores y convertidores, y eventualmente los agentes intermediarios; y el *mercado final o de uso* que sirve a quienes utilizan los materiales recuperados y procesados como materia prima para fabricar nuevos productos. Más allá de estas divisiones es frecuente encontrar empresas que actúan en ambos mercados o juegan más de un papel en alguno de ellos.

Esta estructura del mercado de reciclables presenta, en nuestro país, un desarrollo desigual de sus integrantes.

Los mencionados actores pueden ser definidos de la siguiente manera:

**RECOLECTORES:**

Son típicamente empresas que recolectan reciclables, con frecuencia recolectores de residuos que han expandido su actividad para incluir la recolección de reciclables a los residentes particulares o a comercios e industrias y en general aceptan estos materiales separados o mezclados para colocarlos en procesadores.

En nuestro país la figura del recolector puro –es decir aquel que recoge reciclables ya separados o seleccionándolos de la basura general esta representada por emprendimientos de pequeña escala, muchas veces informales cuando no marginales.

Recién con las opciones de separación en origen, impulsadas por los municipios, podrían empezar a crearse empresas, privadas o no, de mayor envergadura en este rubro.

**PROCESADORES:**

Los procesadores reciben y modifican los materiales reciclables de origen domiciliario o comercial en general para mejorar su uniformidad y optimizar su transporte (separación por tipo de material, prensado, embalado, etc.). El procesador puede operar centros de recepción y compra de reciclables y plantas de recuperación de un único material o de una variedad de reciclables. Estos procesadores venden, por lo general, a otros recuperadores (convertidores) o a los productores del mercado final.

En la Argentina los procesadores se han desarrollado actuando también como recolectores, sobre todo de los residuos industriales y de los grandes generadores.

No han avanzado tanto, en cambio, en la sofisticación de su oferta (ver convertidores) ni, en general, en ampliar su ámbito de acción mucho más allá de lo local.

**CONVERTIDORES:**

Los convertidores son empresas que procesan un material reciclable hasta llevarlo a las condiciones en que la industria puede utilizarlo directamente.

Esta etapa del proceso de recuperación de materiales reciclables parece tener todavía, en nuestro país, un amplio margen de desarrollo.

Fuera de la industria plástica, donde siempre existió una industria externa a los fabricantes de artículos plásticos, otras ramas de la industria (papel, vidrio, neumáticos, etc.) parecen ofrecer oportunidades a empresas convertidoras.

**AGENTES INTERMEDIARIOS:**

Estos agentes intermedian entre la venta y la compra de materiales reciclables, a menudo ocupándose que el vendedor, generalmente un procesador o un convertidor, lo coloque en destino.

El agente tiene la ventaja de tener una variedad de mercados a su disposición lo cual le permite satisfacer ofertas y demandas en uno u otro dependiendo del precio u otros factores.

En nuestro país no se desarrolla todavía esta actividad de una manera formal y extendida más allá de ámbitos locales.

**MERCADOS FINALES:**

Estas empresas compran material recuperado a una serie de proveedores y los utilizan como materia prima para fabricar sus productos.

En algunos casos estos usuarios finales pueden entablar operaciones directas con grandes generadores de un determinado material recuperable lo cual elimina para este último el costo de la intermediación (a costa del riesgo de rechazos de material para los cuales el generador no posea una salida alternativa).

Una situación especial puede crearse cuando el procesador es un municipio. En este caso algunos municipios interpretan que las leyes que regulan el funcionamiento municipal impiden la venta directa de bienes o materiales sin hacer llamados a licitación lo que complicaría la comercialización periódica de los reciclables. Un caso de lo mencionado es el **Municipio de Esperanza** en la Provincia de Santa Fe, donde para salvar esta situación se recurre a donar los materiales recuperados y ya en condiciones de venta a instituciones de bien público que los comercializan y disponen de las utilidades así obtenidas en reemplazo de subsidios que hasta ese momento recibían de la comuna.

### 2.2.2. Formas usuales de funcionamiento:

Como se mencionó inicialmente gran parte de las empresas no se limitan a realizar una sola de las funciones arriba señaladas. Por el contrario, es usual que la empresa privada de recolección posea instalaciones para realizar el procesamiento de los reciclables y lleve a cabo su comercialización (que puede incluir eventuales operaciones de compra o venta con agentes intermediarios).

Desarrolla dos formas usuales, los municipios, a su vez, tienden en la actualidad a buscar esas empresas recolectoras/procesadoras que también se responsabilicen por la comercialización del material y la provean de operaciones de procesamiento que pueden hasta incluir el compostaje de los orgánicos. Además negocian con ellas aspectos que van desde la propiedad de los materiales recuperados hasta su participación en las utilidades de las operaciones de venta por lo que en algunos casos esos municipios y las empresas recolectoras/procesadoras concesionadas comparten, en alguna proporción, los riesgos y beneficios de la operación

Un ejemplo de esta operativa lo constituye la **Ciudad de Dolores** (Prov. de Buenos Aires) –26.000 Ha. 18 Tn/día de residuos generados- donde el Municipio construyó y es propietario de la Planta de Recuperación de residuos y concesiona para su operación a una empresa privada.

El municipio realizará la recolección de los residuos sin diferenciar y los entregará mezclados al procesador en la planta. Este, a su vez, proveerá a la Planta con el equipamiento necesario comprometiéndose a tratar la totalidad de los residuos orgánicos (compost) e inorgánicos que reciben del Municipio sin que medie por ello ningún cargo, ni para el Municipio por entregar el material, ni para el procesador por recibirlo.

El procesador podrá, además, recibir y tratar en la Planta residuos de otros orígenes<sup>2</sup> en las condiciones y precios que él negocie y reconociéndole a la **Municipalidad de Dolores** la percepción de un canon por cada tonelada ingresada (después de las 90 Tn./día).

Bajo este acuerdo, el procesador asume los gastos totales del procesamiento –incluida la disposición de la fracción de residuos irre recuperables- a cambio de los eventuales beneficios derivados de la comercialización de los materiales recuperados.

---

<sup>2</sup> En principio, las localidades vecinas de Ayacucho, Castelli, Chascomus, Gral. Belgrano, Gral. Guido, Maipú y Pila.

### 3. LOS MERCADOS DE MATERIALES ESPECÍFICOS

Aun cuando la lista de materiales potencialmente recuperables es larga, en general –en nuestro país- reconocemos a cuatro de ellos como los principales reciclables post-consumo:

- Papel / cartón
- Vidrio
- Plásticos (PEAD y PET)
- Aluminio

#### 3.1. ESTADO DE LOS MERCADOS DE MATERIALES ESPECIFICOS ACTUALES EN ARGENTINA

##### 3.1.1. Papel / Cartón

Aun cuando sujeto a variaciones estacionales y de otras, menos predecibles, originadas en cambios de modalidades del consumo, el mercado final tradicional del papel/cartón mantiene una estructura de precios relativos básicamente conectada con su composición y grado de contaminación.

#### Calidades usuales de papel/cartón para reciclar

TIPO	CARACTERISTICAS	EJEMPLOS
<b>BLANCO 1 U OBRA</b>	Papel blanco sin ningún tipo de impresión, con 100% de base celulosa (eventualmente puede contener no más de 30% de papel semiquímico).	
<b>BLANCO 2 O FORMULARIO</b>	Papel blanco con impresión sobre una sola cara, con 100% de base celulosa (eventualmente puede contener no más de 30% de papel semiquímico).	Formulario continuo, papel p/fotocopias impreso, cartas originales.
<b>BLANCO 3 O PLANILLA</b>	Papel blanco con mayor impresión, con más de 70% de base celulosa. Inscripción en ambas caras.	Cheques, facturas con color, cuentas de electricidad – gas - agua, con colores.
<b>MIXTO O COLOR</b>	Papel de color o papel con mucha impresión.	Libros, papel esmaltado o estucado, autocopiativo color, reciclados, revistas con alto colorido, troquelado dúplex.
<b>CAPA BLANCA</b>	Desmante de bobinas de diario.	
<b>KRAFT</b>	Papel fabricado con celulosa Kraft.	Bolsas para cemento, azúcar y harina.
<b>DIARIO</b>	Papel cuya base es principalmente pulpa mecánica.	Guías telefónicas, diarios.
<b>CARTON CORRUGADO</b>	Cartón fabricado en forma de sandwich con papel Kraft.	Cajas de embalajes.

Fuente: Fundación Senda

Los responsables de proyectos municipales de recuperación se deberán vincular preferentemente con los productores finales de papel/cartón (ver Cuadro 2), aun cuando estos sean de pequeña envergadura, haciendo valer su capacidad de proveer cantidades uniformes y constantes.

Existen además otros mercados de productos que merecen ser contactados, como ser fabricantes de envases de pulpa, chapas asfálticas y elementos de aislación o embalaje (como alternativa al poliestireno expandido en algunos usos).

## CUADRO 2

Precios y características de la demanda de papel / cartón (1° Semestre 1999)

EMPRESA	PRODUCTO FINAL	TIPO DE MATERIAL COMPRA	PRECIO/TON	FORMA PAGO	OBSERVACIONES
<b>ZUCAMOR S.A.</b> 4207-8214/15/17 Ranelagh	Papel Onda- Kraft Higienol -papel H. Elite - Sussex - Tissue - Cartón corrugado	•Rezago cajas cartón corrugado. •Obra sin impresión blanco. •Formulario oficina baja impresión negro •Planilla: tal. Form. + imp. col. suaves •Papel revista - Folletería. •Papel de diario.	\$ 80 / 85 \$ 330 / 280 \$ 220 / 190 \$ 170 / 140 \$ 60 / 40 \$ 80 / 60	21 días F/F Contado Contado Contado Contado	Compran 6.000 Ton/mes cartón.. Entregado en fábrica - fardos 400Kg. Ranelagh.
<b>PAPELERA LA HELICE S.A.</b> 4744-5467/7066 San Fernando	Papel Onda Kraft Corrugado	•Papel basura: limpio - seco. •Cartón Corrugado. •Blanco planilla. •Talonario continuo. •Diarios / Libros viejos.	\$ 60 \$ 80 \$ 130 \$ 200 \$ 70	Contado 30 días	Humedad no más 20/30 % Entregado en fábrica.
<b>CELULOSA CAMPANA S.A.</b> 4208-1224/28 Valentín Alsina	Papel higiénico Servilletas Papel Cocina Papel Madera / Onda	•Diarios. •Caja pizza.	\$ 70 \$ 70	Contado	Municipalidad de Laprida (selección basura) Entregado en fábrica.
<b>INTERPACK SA</b> 4669-5122/5516 San Justo	Papel Onda para cajas de cartón corrugado	•Cartón compactado en fardos - cajas de supermercados - recortes. •Formulario continuo. •Planilla blanca - cuadernos.	\$ 100 \$ 250 \$ 180	90 días	Atención humedad.
<b>CARTONEX S.A.</b> 4259-6990 - Bernal	Papel Onda para cajas de cartón corrugado	•Cajas supermercado. •Revista impresión calidad.	\$ 95 / 100 \$ 50	120 días	Atención humedad.
<b>ANSABOS.C.A.</b>	Papel Onda marrón Cajas de cartón corrugado	•Cajas supermercado en fardos 400Kg. •Bolsas azucar kraft fibra larga.  •Color - Recorte papel obra. •Planchas nido de abeja kraft.	\$ 90 / 110 \$ 190 / 200 220 \$ 80 / 90 \$ 160 / 180	Contado 90/120 días	Procesan 50 Ton. por día. 6 camiones por día.
<b>PAP. DON TORCUATO SA</b> 4741-2292/40 Don Torcuato	Papel Onda corrugado Papel embalaje	•95% Cajas de cartón corrugado. • 5% recortes.	\$ 30 / 70	Contado	Depende de la calidad. Entregado en fábrica. Seco.
<b>PAP. ENTRE RIOS S.A.</b> 4701-1617 Jorge Miras	Papel tipo Onda Kraft				
<b>COREPA</b> 4207-8214 Avellaneda	Papel tissue	•Diarios - revistas - papel de oficina - cartón corrugado.	\$ 40 / 150	Contado	Precios puestos en fábrica de Buenos Aires.
<b>C. BERRETA E HIJOS</b> 4457-5848/456-8555 Rosario	Papel tissue	•Papel mezcla.	\$40	40 días F/F	Entregado en fábrica.
<b>RUDAY HNOS.</b> 4471-0506 G. Baigorria (S. Fe)		•Diarios - papel de oficina.			Entregado en fábrica.
<b>PAP. TOSTO</b> 442-0154 Acebal (Sana Fe)	Cartón gris.	•Diarios - revistas.	\$ 60 / 80		Entregado en fábrica.

Fuente: Fundación senda.

## 3.1.2. Vidrio

Es bien sabido que el vidrio, junto con el papel/cartón constituyen los materiales que, en nuestro país, poseen los mercados de reciclables más amplios, voluminosos y mejor estructurados. Esto se debe no solo a la antigüedad que su producción tiene en el país sino a que, la estructura misma de estas dos industrias está diseñada a partir de la masiva utilización de material recuperado post-consumo. Es así que la producción de nuevos envases de vidrio comerciales y vajilla (45.000/50.000 Tn/mes) incluye entre un 40% y 70% de vidrio recuperado, una vez limpio y triturado al tamaño "boca de horno" (dimensión máxima 10 mm.).

Aproximadamente el 80% de este material es por una compleja estructura de recolectores/acopiadores, que los venden a las terminales en las mismas condiciones en que los recolectan, mientras que el 20% restante se importa (Alemania, Canadá) a un precio competitivo y con un alto grado de procesamiento y selección (color, lavado, granulometría).

Si bien los productores locales (ver Cuadro 3) están bien integrados y actualmente realizan en planta las operaciones de limpieza y molienda del material recuperado cabría, a quienes proyectan un proyecto de valorización de estos residuos, explorar la alternativa de ofrecer material ya separado por color, libre de contaminación y en las condiciones granulométricas requeridas.

También permanecen poco exploradas, en nuestro país, las posibilidades que, para el vidrio recuperado y procesado, pueden brindar otras industrias (ver Cuadro5) como la fabricación de solados (pavimentos, baldosones) con agregado de vidrio pulverizado, la del vidrio artístico, de aislaciones de fibra de vidrio, pinturas reflectantes, de los procesos de arenado y, el más tradicional, mercado de botellas enteras.

### CUADRO 3

#### Vidrio - Productores Locales

EMPRESA	PRODUCTO FINAL	TIPO DE MATERIAL COMPRA	PRECIO/TON		FORMA PAGO
<b>CATTORINI HNOS. S.A.</b> 4204-2061/7 Cris. Larralde 1461 (1870)Avell.	Envases - Potes Botellas y frascos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio Plano: no se compra.</li> <li>• Vidrio Plano: lastre.</li> </ul>			
<b>RIGOLLEAU S.A.</b> 4256-2011/9 Carlos Pellegrini 450 (1884) Berazategui	Botellas, frascos para alimentos, cosmética/farmacia, tubo neutro, fluorescente y vajilla.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas mezcla</li> <li>• Botellas clasificado verde.</li> <li>• Botellas color caramelo.</li> <li>• Botellas verde:</li> </ul>	\$ 50/55		Contado - 30 días
<b>NUEVAS CRISTALERÍAS AVELLANEDA S.A.</b> 4241-2160 Gral. Madariaga 626 (1824) Lanus	Botellas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sidra–Champagne.</li> <li>• Botellas blanco.</li> <li>• Botellas blanco gaseosa.</li> </ul>	\$ 55/60		Contado - 30 días
<b>CRISTALERIAS RAYEN CURA S.A.</b> 0261-4910189 C. Nac. 6070 (5525) R. de la Cruz	Botellas.		\$ 60/65		Contado - 30 días
<b>IVA S.A.</b> 4582-0456/5145 José G. Artigas 1641 (1416) C. F.	Botellas.		\$ 70/75		Contado - 30 días
<b>ENVASES DEL PLATA (VITRA) *</b> 4751-7600	Envases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio roto mezcla.</li> <li>• Vidrio verde.</li> <li>• Vidrio ambar.</li> <li>• Vidrio blanco.</li> </ul>	(1) \$ 65 \$ 68 \$ 68 \$105	(2) \$ 75 \$ 78 \$ 78	90 días F.F.

\* Nota: esta empresa consume 5000 Tn/mes de las cuales le cuesta obtener la mitad de materia prima (con las condiciones de pago que ofrece), por lo que está considerando su importación.

(1) Puesto en fábrica Rosario.

(2) Puesto en fábrica Mendoza.

Fuente: Fundación Senda.

## CUADRO 4

## Otras Industrias

EMPRESA	RUBRO	TELEFONO	DIRECCION
<b>INROTS SUDAMERICANA LTDA.</b>	Materiales aislantes térmicos y absorbentes acústicos.	4372-0982 2875	Av. Callao 420 - Piso 4° - Of. "C" (1022) Capital Federal
<b>ISOTEX S.A.</b>	Fibras e hilados de vidrio para aislaciones térmicas y acústicas y refuerzos de plásticos.	4298-0025/29	Bouchard y Enz (1836) Lavallol
<b>LUMILAGRO S.A.</b>	Termos y vasos.	4574-2333	Quesada 6051 (1431) Capital Federal
<b>VIDRIERIA ARGENTINA S.A. (VASA)</b>	Cristal plano Float-Glass, vidrios impresos y espejos.	4239-5000	Av. Antártida Argentina y Vías del F. C. Roca (1836) Lavallol

Fuente: Fundación Senda.

## 3.1.3. Plásticos (PEAD y PET)

Mientras que el scrap post-industrial de los materiales plásticos ha sido siempre reciclado, la recuperación y reutilización de las resinas plásticas de origen post-consumo carece todavía, más allá de algunos usos clásicos como la fabricación de filmes, de la demanda necesaria.

Perjudicados por los bajos precios de las materias primas vírgenes y la complejidad de las operaciones de selección, limpieza y preparación, solo algunos de estos materiales – entre ellos los polietilenos de alta y baja densidad (PEAD y PEBD) y el tereftalato de polietileno (PET)- encuentran en la actualidad buenas posibilidades de comercialización.

Los proyectos de recuperación deberán orientarse, por lo tanto, al doble objetivo de perfeccionar sus operaciones de separación y limpieza a fin de facilitar el uso de estos materiales recuperados por parte de convertidores (ver Cuadro 5) y a detectar desarrollos de productos que permiten la utilización de materiales mezclados, con poca selección o con algún grado de contaminación.

Los proyectos de recuperación que se interesen por llevar más adelante el proceso de reciclado de los materiales plásticos, ya sea llevando el procesamiento del recuperado hasta sus últimas etapas (extrudado y pelletizado) o encarando por ellos mismos la fabricación de algún producto deberán antes analizar cuidadosamente lo que esta decisión implica en términos de su comercialización final.

## CUADRO 5

## Plásticos - Convertidores

EMPRESA	TELEFONO	DIRECCION
<b>ECOTECNICA DEL PILAR S.R.L.</b>	4658-5799	Ruta 25 Km. 11 – Ramal Moreno-Pilar (1629) Pilar
<b>MIGUEL A. DE MARZIO S.R.L.</b>	4452-7447	Camargo 2172 (1686) Hurlingham – Prov. de Buenos Aires
<b>RECIPET</b>	4842-0662/3355	Calle 96 (ex Pueyrredón) N° 3545 (1650) Billingham – San Martín – Prov. de Bs. As.
<b>PLASTECO S.R.L.</b>	4755-7714	Calle 111 N° 1857 (1650) San Martín – Prov. de Buenos Aires
<b>RECICLAR S.A.</b>	4205-0102/0235	Heredia 3220 (1872) Sarandí – Prov. de Bs. As.
<b>ALBERTO BALLESTER Y PEDRO DE BUONO</b>	4729-5739	Libertad (49) 1585 (1655) José León Suarez – Prov. de Buenos Aires

Fuente: Fundación Senda.

### 3.1.4. Aluminio

Una figura importante dentro del mercado intermedio, en el que deberán actuar los responsables de un proyecto de recuperación de aluminio, es la del **convertidor** (ver 2.3.3. de este Capítulo) a los que en el caso del aluminio y otros metales se denomina también **refinadores** (ver Cuadro 6).

Estos refinadores producen las aleaciones llamadas secundarias –calidades de aluminio con diferentes propiedades específicas, sean normalizadas o no, que se obtienen a partir del agregado de otros materiales (silicio, cobre, níquel, etc.)- y utilizan para ello aluminio recuperado con diferentes requerimientos de no contaminación y homogeneidad en función de la calidad de la aleación que deban producir.

Esto abre, para los recuperadores, la posibilidad de incorporar algunos procesos en pos de obtener un mejor precio –el aluminio recuperado se comercializa a valores que van del 40% al 90% del precio del material virgen (aprox. 1600\$/Tn.) y las latas de gaseosa se pagan entre 600 y 700 \$/Tn.- y aun considerando que la mayor porción del aluminio contenido en residuos domiciliarios estará constituida por elementos tales como:

- Latas de gaseosa.
- Foil y bandejas de lámina de aluminio.
- Aerosoles.
- Pomos.
- Tapas de botella, etc.

Es posible pensar en incorporar operaciones destinadas a:

- Eliminar materiales extraños.
- Quitar restos de orgánicos.
- Remover las válvulas de los aerosoles.
- Reducir el volumen para optimizar el transporte (un aplastado moderado, para muchos compradores, preferible a los panes compactos en orden de permitir verificar la ausencia de contaminación).

### CUADRO 6

Aluminio - Refinadores

EMPRESA	TELEFONO	DIRECCION
FINKELSTEIN A. Y CIA. S.A.	4953-3177	Corrientes 1922 – Piso 5° (1045) Cap. Fed.
JUAN A. RICCIARDI E HIJOS S.A.	4441-9899	Pampa 2125 (17549 San Justo – Buenos Aires
METAL VENETA S.A	0351-4972560	Cno. La Carbonada Km .5 ½ (5123) Ferreira Córdoba
METALES DI BIASE –de A. R. J. Di Biase	4709-2302/2269	Laprida 4691 (1603) Villa Martelli – Buenos Aires
METALES DEL TALAR S.A.	4726-8600	Diego Palma y Hernán Cortés (1617) Talar de Pacheco – Buenos Aires
SICAMAR METALES S.A.	4813-9920/6473	Uruguay 880 – Piso 3° (1015) Capital Federal
FUNDICION VIRREY DEL PINO	02202-495148	I. Nuñez 3529 – Ruta 3 Km. 45 – Buenos Aires

Fuente: Fundación Senda

## 4. EVALUACION DEL MERCADO DE RECICLABLES

Cuando se trate de evaluar el mercado de alguno de los materiales descriptos, deberá tenerse presente que es preferible desarrollar lazos con compradores que puedan mantener su demanda aun en tiempos de mercados deprimidos ya que el funcionamiento de un proyecto de recuperación de reciclables se beneficia con operaciones de largo alcance aun a costa de eventuales pérdidas en los precios.

No hay manera sencilla de determinar la situación del mercado para un material determinado.

En general debe seguirse la siguiente secuencia:

- Detección de los posibles compradores (ver Cuadro 7).
- Contacto con los posibles compradores.
- Selección y formalización de acuerdos.

#### 4.1. DETECCIÓN DE LOS POSIBLES COMPRADORES

Más allá de la información que pueda obtenerse a través de la industria local y de la ubicada en la zona de influencia, pueden también ser consultadas las Cámaras y Asociaciones de industrias del rubro u otras organizaciones privadas que elaboren listas de compradores / vendedores en cada mercado.

#### CUADRO 7

Registros de Posibles Compradores

CAMARA	TELEFONO	DIRECCION
DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO Y METALES AFINES	4373-4320	Paraná 467 (1017) Capital Federal
ARGENTINA DE LA INDUSTRIA PLÁSTICA	4826-8498/6060	J. Salguero 1939 (1425) Capital Federal
ARGENTINA DEL PAPEL Y AFINES	4305-5662	C. Calvo 1247 (1102) Capital Federal
ARGENTINA DE FABRICANTES DE ENVASES	4383-3914	H. Yrigoyen 1144 (1086) Capital Federal
ARGENTINA DE INDUSTRIAS	4362-2517	Av. De Mayo 1123 (1085) Capital Federal
ARGENTINA DE FABRICANTES DE VIDRIO	4311-7985	Av. L. N. Alem 1067 (1001) Cap. Federal
ARGENTINA DE FABRICANTES FORMULARIOS CONTINUOS Y V.	4342-2255/7496	Tacuarcú 32 (1071) Capital Federal
CONVERTIDORES DE PAPEL Y FABRICANTES ARTICULOS DE LIBRERÍA	4952-9248	H. Yrigoyen 1994 (1089) Capital Federal
FIPMA	4821-9603	J. Salguero 1939 (1425) Capital Federal

Fuente: Fundación Senda.

Por otro lado algunos gobiernos provinciales pueden llevar un registro de compradores de materiales reciclables o facilitar el contacto con los encargados de proyectos de recuperación de otras localidades.

Es conveniente dedicar a esta tarea todo el tiempo y el esfuerzo que sean necesarios asignando el seguimiento de su progreso directamente a una persona o una comisión.

#### 4.2. CONTACTO CON LOS POSIBLES COMPRADORES

Al tratar con un potencial comprador debemos averiguar, además del precio que está dispuesto a pagar, algunas otras cuestiones.

Las más importantes son las condiciones y especificaciones a cumplir por el material a ser provisto, el grado y tipo de contaminación aceptable y si el material debe ir atado, embolsado o suelto. En algunos casos materiales húmedos, sucios o decolorados por el sol pueden ser inaceptables para el comprador.

En general cuanto más limpio esté el material, más valioso será en términos de precio y instalaciones de venta.

Esta información sobre precios y especificaciones de compra influirá sobre otras consideraciones del proyecto -por ejemplo el espacio de depósito cubierto que debemos

disponer o la necesidad de contar con determinada máquina para procesamiento del material.

Esto, que puede ser muy importante desde el punto de vista de la inversión inicial debe ser decidido contando con toda la información posible y teniendo siempre presente que, en la medida que las ofertas de reciclables se multipliquen esa capacidad de mejor satisfacer las especificaciones de los compradores aumentará las posibilidades de conservar un mercado estable.

El costo del transporte es de particular importancia en la ecuación económica del reciclado por el cual deberá establecerse si el comprador retira el material o si requiere que le sea enviado.

Si el comprador suministra el vehículo deberá establecerse que tonelaje puede ser transportado en él y quien paga por el transporte y las operaciones de carga y descarga.

Algunos compradores suministran jaulas o contenedores y los retiran cuando están llenos o poseen equipos para realizar ellos mismos algunas operaciones de procesamiento (moler, embalar, etc.) y ofrecerán llevar el material sin procesar pagando precios inferiores.

Deberán considerarse cuidadosamente la incidencia de estas alternativas en el costo final del transporte por tonelada entregada.

Es también importante determinar si se obtendrán mejores precios por ofrecer mayores volúmenes de entregas o por asegurar entregas de volumen y calidad constantes en lapsos preconvenidos.

En el mismo sentido deberá establecerse cuáles son las entregas mínimas aceptables por el comprador.

En otro orden de cosas convendrá obtener referencias de los compradores y verificar sus antecedentes comerciales y de cumplimiento de los plazos de pago, elementos que suelen ser tan importantes como la obtención de un buen precio final.

#### **4.3. SELECCIÓN DE LOS COMPRADORES Y FORMALIZACIÓN DE ACUERDOS**

El proceso de seleccionar a los compradores se realiza cruzando la información obtenida a partir de los datos obtenidos durante la caracterización de los residuos disponibles (ver Capítulo I) con los requerimientos, precios y condiciones de los potenciales compradores contactados.

De este proceso surgirán los compradores cuyas propuestas estén más cerca de nuestros intereses.

Con ellos se negociará de forma de dejar claro cual es el compromiso que asume cada parte. Este compromiso puede ponerse por escrito y en ese caso se puede llegar a mencionar desde el tonelaje o volumen acordado hasta la especificación de calidad del material, el transporte, la duración del acuerdo y la base de precio establecida.

#### **5. METODOS DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLABLES: SU EVALUACION Y ELECCION**

Luego de decidir que materiales –y en que cantidades- serán reciclados, se está en condiciones de desarrollar el diseño del proyecto básico.

Esto implica tomar decisiones sobre tres aspectos:

- a) Debe elegirse el método de recolección de los reciclables.
- b) Deben definirse las características operativas del método elegido.

- c) Se debe decidir que procesamientos conviene ser implementados para poner a esos reciclables en condiciones de comercialización y que instalaciones son necesarias para realizarlos.

Cada uno de estos puntos debe ser considerado en relación con los otros teniendo en cuenta, al hacerlo, el evaluar la alternativa “*público-privado*” ya que aun en los casos en que se mantenga la recolección de los residuos generales bajo operación municipal, puede optarse por la recolección y/o el procesamiento privado de los reciclables dependiendo del análisis económico de esa operación.

## **5.1. METODOS DE RECOLECCION DE LOS RECICLABLES**

Las primeras consideraciones tienen que ver con cuales serán las formas más aptas en que particulares, instituciones y comercios dispongan sus reciclables para la posterior recolección y para ello deberán ser tenidas en cuenta las características y condiciones locales.

### **5.1.1. Recolección en Puntos Fijos**

Así, una comunidad rural pequeña que carece de recolección domiciliaria puede alentar a sus residentes a llevar sus reciclables a un punto de recolección común que puede ser fijo o móvil o coincidir con la planta de depósito y procesamiento.

Estos sistemas, no obstante, son menos eficientes –en términos de participación- que la recolección domiciliaria por lo que requerirán ser acompañados, ya sea, por un mayor esfuerzo en la difusión de las ventajas que el mismo significará para la comunidad o por el agregado de estímulos del tipo implementado en **Armstrong** (Provincia de Santa Fe) donde regularmente se realiza el operativo 3x1 y se entrega 1 Kg. de compost por cada 3 Kg. de reciclables inorgánicos aportados al punto de recolección (el compost se genera en una planta local a partir de los residuos orgánicos separados en origen por los residentes).

Los sistemas mixtos donde los puntos de recolección son complementados con recolección domiciliaria de determinados residuos, también deben ser considerados siempre buscando el equilibrio entre el posibilitar la mayor participación pública y mantener un costo aceptable del servicio.

### **5.1.2. Separación en Origen**

Algunos municipios proveen hoy una recolección de reciclables separada de la recolección de los demás residuos método este que, si bien reconoce una cantidad de variantes en función de los objetivos perseguidos en cada caso, agrupa la mayor cantidad de experiencias en el uso de un recipiente –rígido o bolsa plástica- donde se colocan todos los reciclables mezclados y libres de sustancias orgánicas, se procura que dichos recipientes sean distintivos, por ejemplo vía color (para explotar la presión social que deriva de que los vecinos puedan ver quienes participan y quienes no en el proyecto de reciclaje) y en una bolsa separada el resto de los residuos.

Ambos sistemas poseen ventajas y desventajas: los recipientes rígidos registran un porcentaje de robos del recipiente mismo o de su contenido y requiere en general un tipo de camión recolector de características adecuadas. El uso de bolsas, por su parte, aumenta el riesgo de contaminación (por ejemplo: vidrio roto que contamina plástico y papel).

### 5.1.3. Recolección de Residuos Mezclados

Este método no requiere de ningún aporte del generador residencial o comercial en la medida que no implica cambio de hábito ni información sobre el tema. Los residuos se continúan sacando como siempre y la recolección se hace en una planta donde ahora se transporta el total de los residuos.

El inconveniente de este sistema reside en la contaminación de una parte –entre el 25/30%- de los materiales que de no ser así habrían podido reciclarse.

A pesar de esto y en razón de lo conveniente que resulta su implementación tanto para los residentes como para los recolectores, muchas ciudades del país, (especialmente las de mayor número de habitante, ver Cuadro 8), están considerando el uso de este método el cual, por sus características, va generalmente acompañado del compostaje de la fracción orgánica del total de los residuos.

Este último hace que, si bien el volumen total de reciclables recuperados es inferior al que se lograría con una operación de separación en origen, la cantidad total de residuos que se desvía de la disposición final en basurales o rellenos sea mucho más significativa.

#### CUADRO 8

Modalidades de recolección en algunas operaciones locales

Localidad	Provincia	Tn/día (aprox.)	Recuperan a partir de
<b>Dolores</b>	Buenos Aires	90*	Residuos mezclados
<b>General Pico</b>	La Pampa	26,5	Residuos mezclados
<b>Caleta Olivia</b>	Río Negro	25	Residuos mezclados
<b>Esperanza</b>	Santa Fe	20	Residuos separados en origen
<b>Trenque Lauquen</b>	Buenos Aires	20	Residuos separados en origen
<b>Laprida</b>	Buenos Aires	8	Residuos separados en origen
<b>Intendente Alvear</b>	La Pampa	3/3,5	Residuos separados en origen
<b>Chovet</b>	Santa Fe	2	Residuos separados en origen

\* Conjunto de localidades que aportan a esta planta.

Fuente: Fundación senda

### 5.1.4. Recolección húmedo/seca

En esta variante de la recolección de residuos mezclados, los materiales “*húmedos*” – recortes de jardín, restos de comida, pañales descartables, papel contaminado, heces animales- son separados de los otros residuos para ser compostados.

El resto de los materiales, incluidos los reciclables, forman la fracción “*seca*”, la cual es recogida mezclada y después es separada en la planta de recuperación en reciclables y no reciclables.

En algunos casos es conveniente considerar una combinación de los métodos de recolección descriptos (puntos fijos, con incentivos; separación en origen, de residuos mezclados; etc.) buscando obtener la participación de la mayor cantidad de sectores de la comunidad.

En cuanto al cronograma de recolección, los programas que la realizan sobre una base semanal y en días en que también hay recolección de residuos generales muestran generalmente las mayores tasas de participación las que, por otro lado disminuyen a medida que esta frecuencia de recolección se hace más espaciada.

En todos los casos los residentes deben tener bien en claro que es lo que se espera de ellos.

## **6. ORIGEN DE LOS RESIDUOS**

### **6.1. RESIDUOS PROVENIENTES DE INDUSTRIAS O COMERCIOS**

Si bien las industrias o comercios de mayor envergadura generalmente derivan sus residuos reciclables directamente a convertidores o acopiadores a quienes los venden o los intercambian por algún servicio, existirá siempre un número de industrias y comercios intermedios que generan cantidades regulares de residuos limpios y homogéneos y para quienes se pueden, al desarrollar el proyecto de recolección, prever operaciones especiales para la recuperación de estos materiales. (Ejemplo: en **Chajarí** Provincia de Entre Ríos –población 30.000 hab.- se generan 18 Tn/día de residuos domiciliarios que el mismo basural recibe –estacionalmente- 15 Tn/día y 20 Tn/día de frutas cítricas descartadas y madera/aserrín descartados de aserraderos respectivamente).

### **6.2. RESIDUOS PROVENIENTES DE NEGOCIOS AL POR MENOR**

Muchos negocios de venta al por menor producen gran cantidad de cartón corrugado. Si este material se separa del resto de los residuos puede ser fácil y económicamente reciclado. Frecuentemente factores como contaminación con orgánicos o el efecto del clima desmerecen la calidad de estos reciclables.

### **6.3. RESIDUOS PROVENIENTES DE RESTAURANTES Y BARES**

Bares y restaurantes producen grandes cantidades de vidrio y aluminio. El vidrio en particular deberá ser librado de contaminación y almacenado por color. Una característica de la operación con estos establecimientos es que la frecuente rotación del personal jerárquico dificulta el mantener una participación uniforme del resto de los empleados.

### **6.4. RESIDUOS DE INSTITUCIONES**

Las oficinas públicas y las empresas como Bancos y Aseguradoras generan grandes volúmenes de papel de alta calidad (formularios continuos, originales de cartas, papel de fotocopidora, etc.), si bien algunas de ellas requieren de destrucción de una parte de los documentos antes de disponerlos lo cual significa una inversión extra en equipos.

### **6.5. MADERA PROVENIENTE DE DEMOLICIONES Y REFACCIONES**

Existe una acentuada tendencia a la recuperación de la madera. La industria descarta regularmente armazones y pallets de embalajes los cuales pueden ser reusados o molidos –y hasta coloreados para obtener productos utilizados en jardinería y parquización-. La madera proveniente de demoliciones pierde reciclabilidad en la medida que esté contaminada con metal o mampostería.

## 7. CARACTERIZACIÓN DEL MÉTODO DE RECOLECCIÓN ELEGIDO

### 7.1. CARACTERÍSTICAS DEL OPERADOR

La primera cuestión es determinar que resultará más conveniente para hacer llegar el material reciclable desde cada generador hasta la planta de procesamiento. Una alternativa es hacerlo con las dotaciones existentes de mano de obra municipal.

Otras son mantener dicha dotación exclusivamente para la recolección de los residuos generales y contratar recolección privada para los reciclables o concesionar privadamente ambas operaciones.

En todos los casos debe comunicarse a los generadores comerciales e institucionales cual será el servicio de recolección que se les ofrecerá a fin de que puedan ajustarse a él sin dificultad. Esto es particularmente necesario porque la implementación de un sistema general de recolección de reciclables, sea municipal o a través de un particular concesionario, frecuentemente desplaza a pequeños recolectores o acopiadores, formales e informales, ya existentes.

Algunos municipios han optado por permitir, a estos recuperadores existentes, continuar con sus operaciones en la medida que puedan asegurar que esos materiales terminarán siendo reciclados, requiriéndoles -a ese fin- la obtención de una autorización y la obligación de llevar registros de los volúmenes recolectados.

En cualquier caso, el sistema que adopte debería permitir la libre competencia en la oferta de servicios, preservando el objetivo básico de obtener un sistema oficial de recuperación y reciclaje por la comunidad.

En numerosas oportunidades las Autoridades Municipales toleran al cirujeo, entendiéndolo que si algo de materiales se reciclan por esta vía, puede *aliviarse el trabajo* del sistema formal de recolección y se contiene además a personas sin empleo. Como la recolección de materiales por medio de hurgadores o cirujas es una práctica habitual desde hace mucho tiempo en casi todas las ciudades, se considera conveniente hacer un análisis al respecto: hay funcionarios municipales que creen que la participación de los cirujas en la recolección atenúa linealmente los costos de esta. Esto puede ser así sino se hace el balance económico de forma más global. Entonces debe recordarse que estas personas complementan su alimentación con planes sociales (comedores escolares, bolsones, Caritas, etc.). Su salud es atendida en el Hospital Público, no pagando sueldos ni seguros por sus hijos o esposa que trabajan con ellos. Sus vehículos sin identificación no son multables ni imputables impositivamente. Además por sus viviendas precarias no pagan ninguna Tasa de Servicio ni Impuestos. Es así que el ahorro no es tal, sino que la sociedad en su conjunto está financiando este sistema

Desde el punto de vista del saneamiento, cada ciruja sólo se hace cargo de la fracción del residuo que conjuntamente sea rentable para la escala que él maneja. El resto lo descarga en la vía pública o alrededor de su vivienda, trasladando el problema y en muchos casos potenciándolo con la iniciación del circuito de enfermedades. Algunas personas se han dedicado toda su vida a esta actividad, y disponen de vivienda con terreno apto y vehículo automotor propio. Pero las causas de la masificación del cirujeo hay que buscarla en las migraciones internas de población, en la falta de oportunidades de trabajo y en los bajos salarios. Al mantenerse estas condiciones aumenta la cantidad de gente que desempeña estas tareas, pero simultáneamente desciende la proporción de materiales inorgánicos presentes en los residuos de las mismas áreas. Es conocido que ha medida que se agudizan las dificultades económicas de una población varía la composición de su basura aumentando la proporción de orgánicos. En esos casos ocurre que cada vez son más los que pelean por una fracción decreciente de residuos inorgánicos, que en algunos lugares puede no superar esa fracción el 15 % del total de residuos sólidos urbanos.

Es factible que los cirujas puedan integrarse de modo individual o agrupado a estas tareas, pero en todos los casos debe haber un concepto claro de generación de valor agregado para que el intento tenga un sustento económico real más allá de la incorporación de contenido social que se otorgue.

**7.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS DESTINADOS A LA RECOLECCIÓN DE RECICLABLES**

Al planear la etapa inicial de la recolección de reciclables, un municipio usualmente debe optar entre:

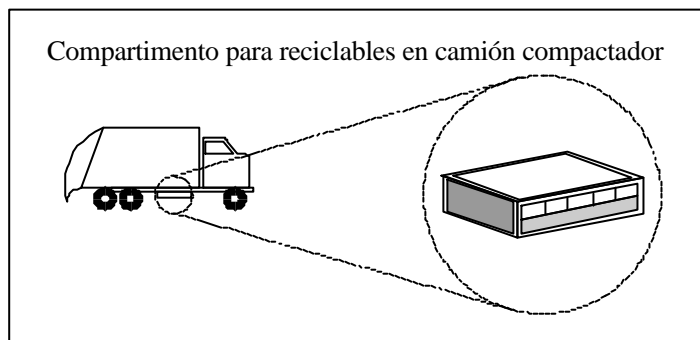
- 1) Utilizar equipamiento existente.
- 2) Invertir en nuevos equipos y/o los recolectores privados.

Muchas veces se decide comenzar con equipo existente y reemplazarlo cuando se haya adquirido determinada experiencia en la operación, de forma tal que es común arrancar con camiones volcadores, pick ups o aún agregar compartimentos a los camiones compactadores donde almacenan los reciclables. (Figura A).

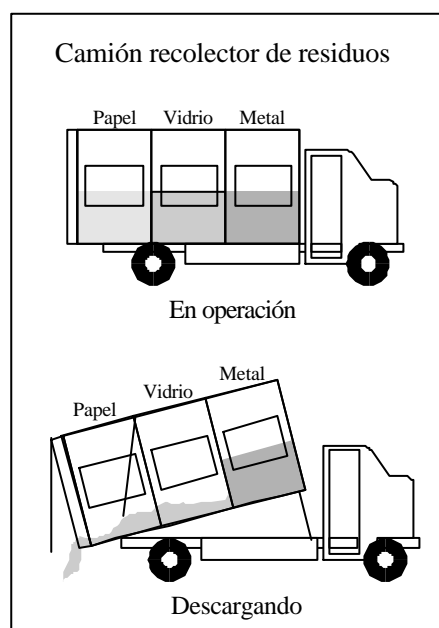
Esta práctica puede ser económica inicialmente pero resulta ineficiente si no permite mantener separados a los materiales reciclables o resultar muy incomodo de operar si obliga a los recolectores a levantar y volcar grandes recipientes para vaciarlos en el camión.

Un vehículo de baja altura, compartimentado, permitiría transportar los reciclables semiseparados lo cual, si bien representa determinaciones más prolongadas, disminuye la posterior selección en planta. Esta solución sin embargo, requiere de experiencia para ajustar el tamaño relativo de los compartimentos a las cantidades de recolección real o disponer de separaciones móviles. (Figura B).

**FIGURA A**



**FIGURA B**



### **7.3. PROBLEMAS ESPECIALES DE LA RECOLECCIÓN DE RECICLABLES**

La obtención de altos promedios de participación y calidad representa un problema cuando se trata de edificios multifamiliares –muchas en altura- y, en general, en los barrios céntricos de las ciudades.

Según algunas opiniones, la relativamente alta rotación de estos edificios y áreas deviene en una menor comprensión de los proyectos locales de separación en origen y aún se ha llegado a argumentar que los residentes de estas zonas no manifiestan en general, el mismo grado de responsabilidad cívica que impulsa a los habitantes de los barrios residenciales a reciclar.

Cualquiera sea la razón, es cierto que muchas ciudades han optado por una recolección mezclada en estas áreas céntricas, dejando la operación de separación en origen para las demás, menos densamente pobladas.

Otras comunidades, por el contrario, entienden que debe insistirse en nivelar los comportamientos a través de mejorar la educación y la información suministrada, a la par de ofrecer mecanismos que operen como incentivos para la recuperación de los reciclables por parte de los residentes.

Así con folletos en forma regular, se hacen visitas a nuevos propietarios y se procura el apoyo y supervisión de los encargados de los edificios.

En todo caso será muy importante que los proyectos de recuperación de reciclables para estas áreas estén pensados para ser operativamente sencillos para aquellos a quienes se pide participar. Los contenedores se colocarán en puntos de fácil acceso, estarán claramente señalizados y serán accesibles a los niños. La recolección será regular, evitando que se colme la capacidad de los recipientes, lo que constituye un problema grave en este tipo de edificio. Las normas contra incendio pueden también ser un limitante para la ubicación de los contenedores.

## **8. OPERACIONES DE PROCESAMIENTO ELEGIDAS**

### **8.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE RECUPERACIÓN**

Los reciclables recolectados son, normalmente:

- 1) Sometidos a determinados procesos para ponerlos en condiciones de ser comercializados.
- 2) Acopiados hasta reunir una cantidad comercializable.

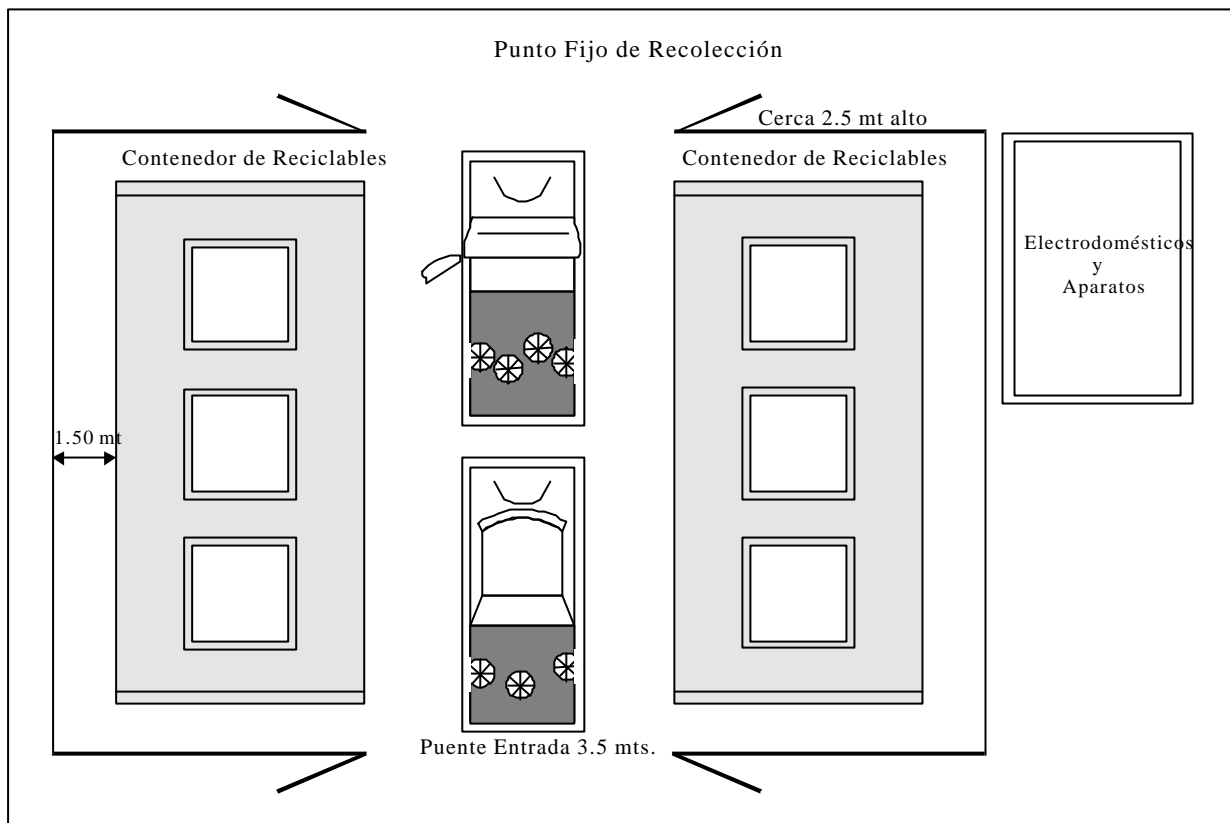
La configuración del depósito y/o planta de procesamiento donde esto se lleva a cabo estará determinado, en estos casos, por la forma en que el material fue recolectado.

Las pequeñas comunidades o grupos de comunidades pueden implementar sencillas instalaciones de recolección en puntos fijos desde donde se derivan a la planta de procesamiento. (Ver Figura C)

Este esquema provee a cada pequeña comunidad de un punto de recolección de construcción económica con derivación a las posibilidades –de procesamiento y acopio- que brinda la mencionada planta.

El contenido de cada punto fijo puede ser recolectado a intervalos regulares o cuando su capacidad esté colmada.

FIGURA C



## 8.2. LA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE RECICLABLES (PR)

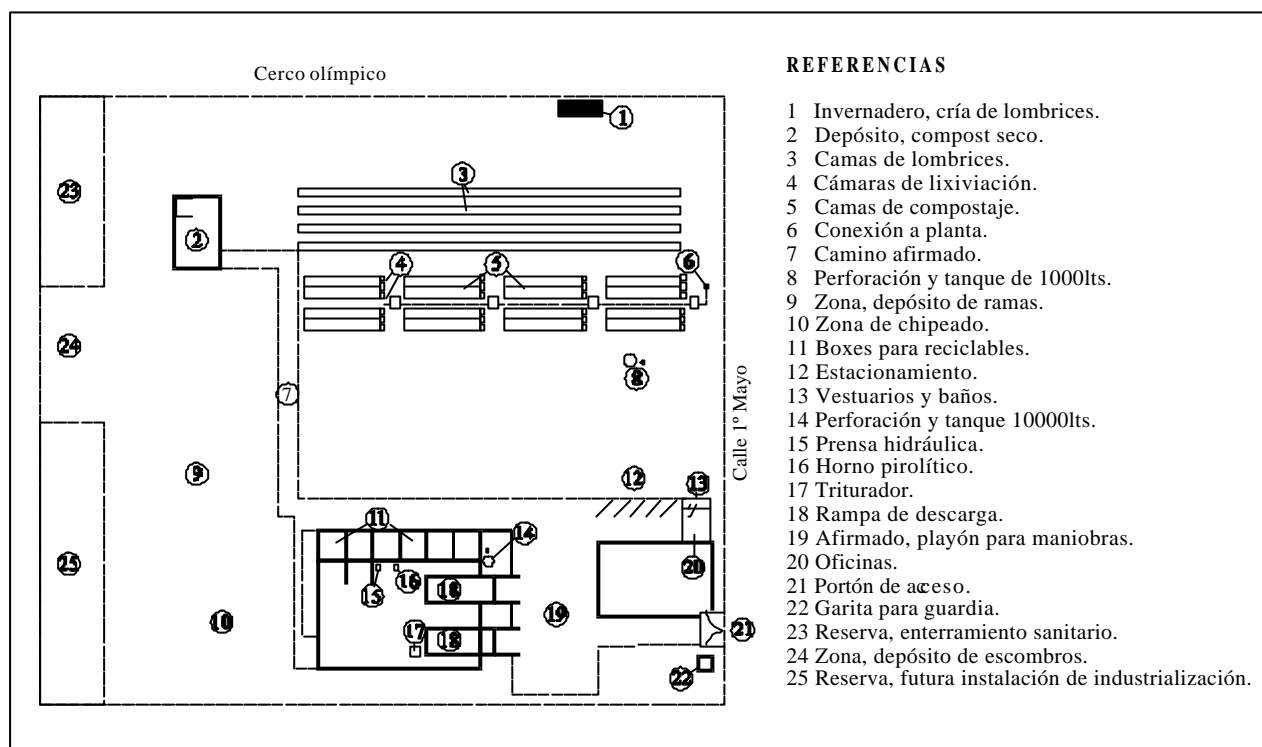
El objetivo de este tipo de planta será recibir, separar, procesar y almacenar materiales reciclables de forma eficiente y segura. La mayor parte del material que ingrese a la planta provendrá de la recolección municipal, aunque también se recibirán materiales transportados por los propios generadores, y dependiendo de sí los reciclables ingresan a la planta mezclados con residuos generales, mezclados con otros reciclables o separados por material, habrá que considerar una serie de variantes en cuanto a equipo y personal necesario.

En general, habrá tres grandes aspectos a considerar al diseñar (ver Gráfico 1) una planta de recuperación de materiales reciclables (PR):

- 1) Para su localización, se debe encontrar un sitio que permita acomodar las instalaciones de procesamiento, el área de depósito y los accesos y circulaciones sin entrar en conflicto con las actividades de los predios vecinos.
- 2) El área cubierta será suficiente para albergar los equipos, las instalaciones complementarias y materiales allí depositados de acuerdo a las normas de edificación vigentes.
- 3) La planta será bien accesible desde el exterior.

## GRAFICO 1

Esquema Planta Recicladora de residuos  
Ciudad de Esperanza – Prov. de Santa Fe



Fuente: Fundación Senda.

### 8.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS PR

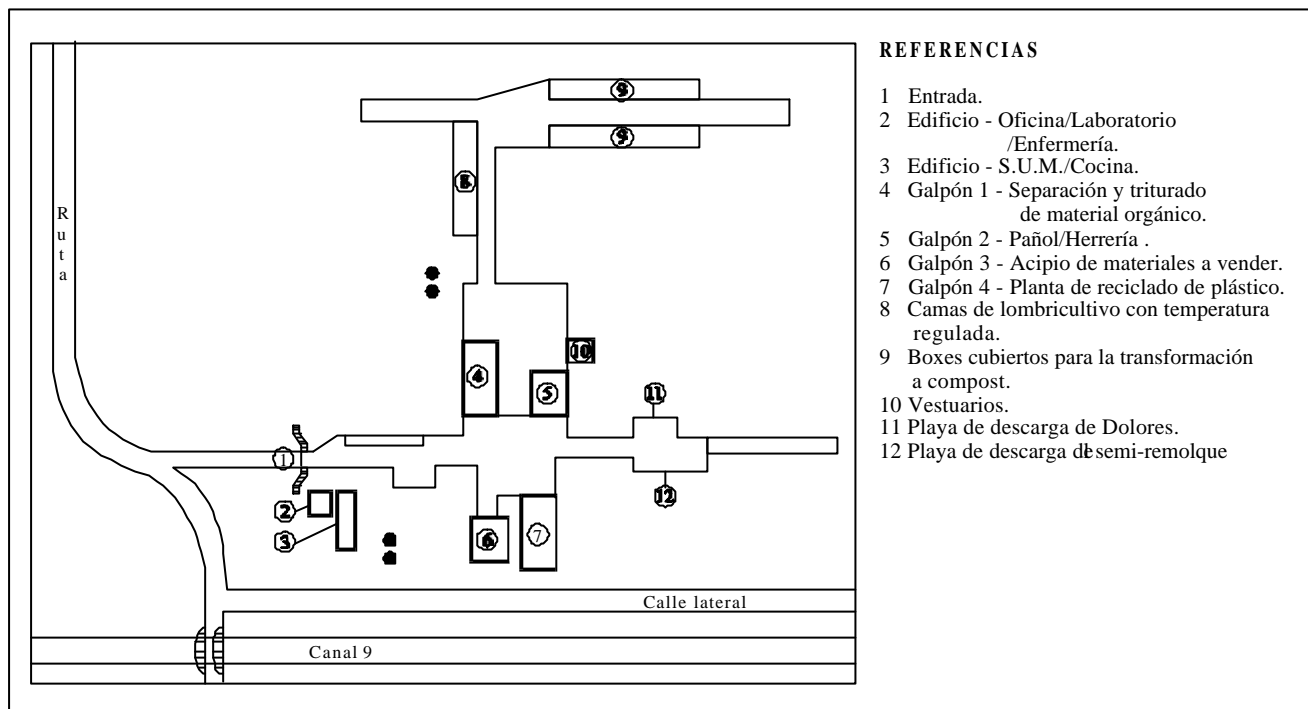
La localización ideal para una planta de recuperación de reciclables sería un predio ubicado en un parque o área industrial de forma de beneficiarse con los accesos y servicios existentes y con la proximidad de algunos grandes generadores los cuales, por otra parte, serían vecinos menos sensibles al nutrido tráfico de camiones que provoca este tipo de operación y que suele ser un problema para las plantas ubicadas cerca de zonas residenciales. La PR que sirve a la **Ciudad de Dolores** (Gráfico 2) por ejemplo, tiene esa localización.

Usualmente, sin embargo, se recurre a otras opciones como ser propiedades municipales o depósitos industriales en desuso. En cualquier caso, tratándose de instalaciones existentes convendrá sopesar los costos de su adaptación versus obra nueva.

Si bien la disposición y equipamiento de la planta estará ajustada a las características de cada operación habrá elementos de necesaria presencia, entre ellas el área de descarga, y el área de tránsito para materiales peligrosos. (Ver Gráfico 3)

**GRAFICO 2**

Esquema Planta Recicladora de Residuos  
Ciudad de Dolores – Prov. de Buenos Aires



Fuente: Fundación Senda.

**8.3.1. Area de descarga**

Esta área será dimensionada para acomodar, por lo menos el material de dos días de operación. El piso de esta área estará preparado para permitir circular vehículos pesados y debe posibilitar el drenaje de los líquidos que puedan acompañar a las cargas de residuos.

La superficie adecuada para esta área de descarga puede ser estimada a partir del dato de la composición media de los residuos (ver Capítulo I), el peso total a recibir diariamente y los valores de equivalencia en volumen que se indican en el cuadro 10.

**CUADRO 9**

Equivalencia: peso/volumen para materiales reciclables

Equivalencias peso	Kg./m <sup>3</sup>
Periódicos (sueltos)	210 – 470
Periódicos (empaquetados)	420 – 600
Vidrio (botellas enteras)	350 – 580
Vidrio (roto a mano)	580 – 1050
Vidrio (roto mecánicamente)	460 - 1550
PET (botellas de gaseosas enteras y sueltas)	18 - 25
PET (botellas de gaseosas embaladas)	400
Film plástico (embalado)	700
PEAD (envases mezclados embalados)	600
Aluminio (latas enteras)	30 – 45
Aluminio (latas aplastadas)	150
Hojalata (latas enteras)	90
Cartón corrugado (suelto)	180
Cartón corrugado (embalado)	600 - 750

Fuente: Fundación Senda.

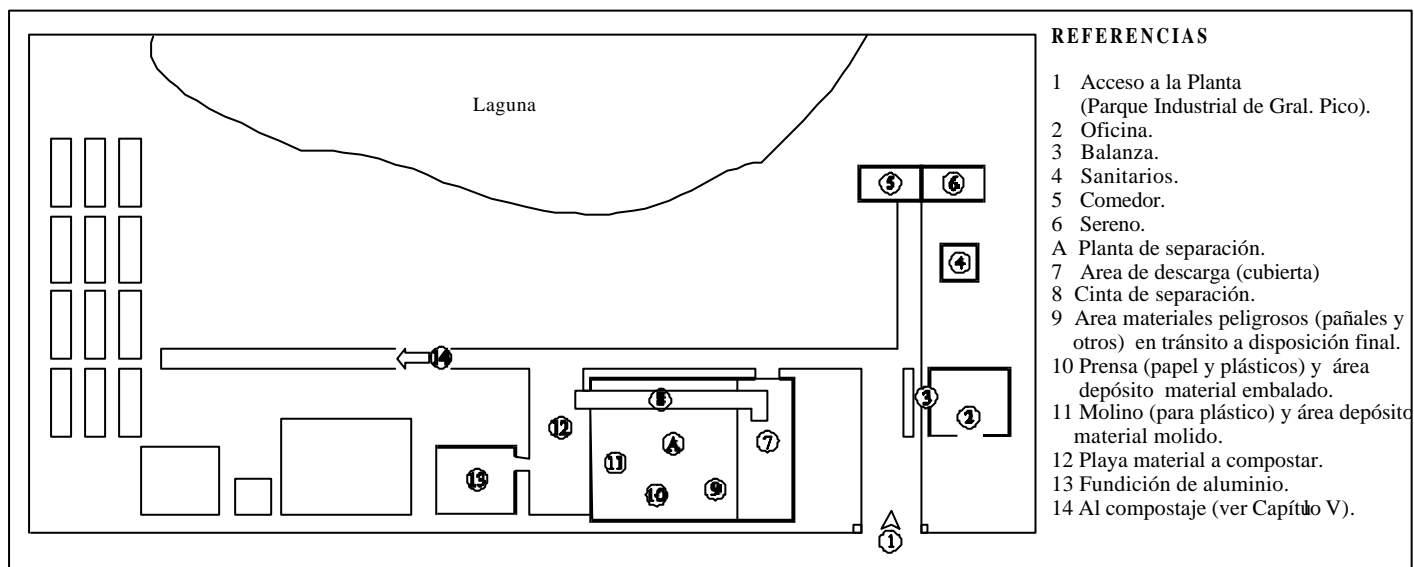
Una vez determinado el tipo de equipo que será usado para procesar y compactar los reciclables, los valores del Cuadro 10 pueden ser usados también para estimar las necesidades de espacio de los materiales que no pueden ser mantenidos a la intemperie. Este espacio no debe ser subdimensionado ya que la capacidad de almacenar cantidades mayores, durante más tiempo será ventajosa a la hora de negociar condiciones de comercialización.

### 8.3.2. Area de tránsito para materiales peligrosos

Una PR puede o no estar diseñada para recibir residuos considerados peligrosos, pero incluso si no lo está debería disponer de un área donde depositar los materiales de ese tipo que, sin duda, serán encontrados en alguna proporción dentro de los residuos domiciliarios (medicamentos, pinturas, etc. O, bajo algunos criterios, pañales) hasta tanto se deriven al tratamiento o disposición final que corresponda a sus características o composición.

## GRAFICO 3

Esquema Planta Recicladora de Residuos  
General Pico – Prov. de La Pampa



Fuente: Fundación Senda.

### 8.4. ELECCION DE OPERACIONES Y EQUIPO: MANO DE OBRA VS. MAQUINAS

A la par de requerir un mínimo entrenamiento de quienes la llevan a cabo, la selección manual es, en general, la mejor forma de lograr una separación de alta calidad –en términos de bajo nivel de contaminación- y, para algunas operaciones como la separación de vidrio por color, es la única solución totalmente confiable.

Sin embargo, la separación manual es una operación sucia y -cuando deben manejarse grandes cantidades de residuos- es también cara.

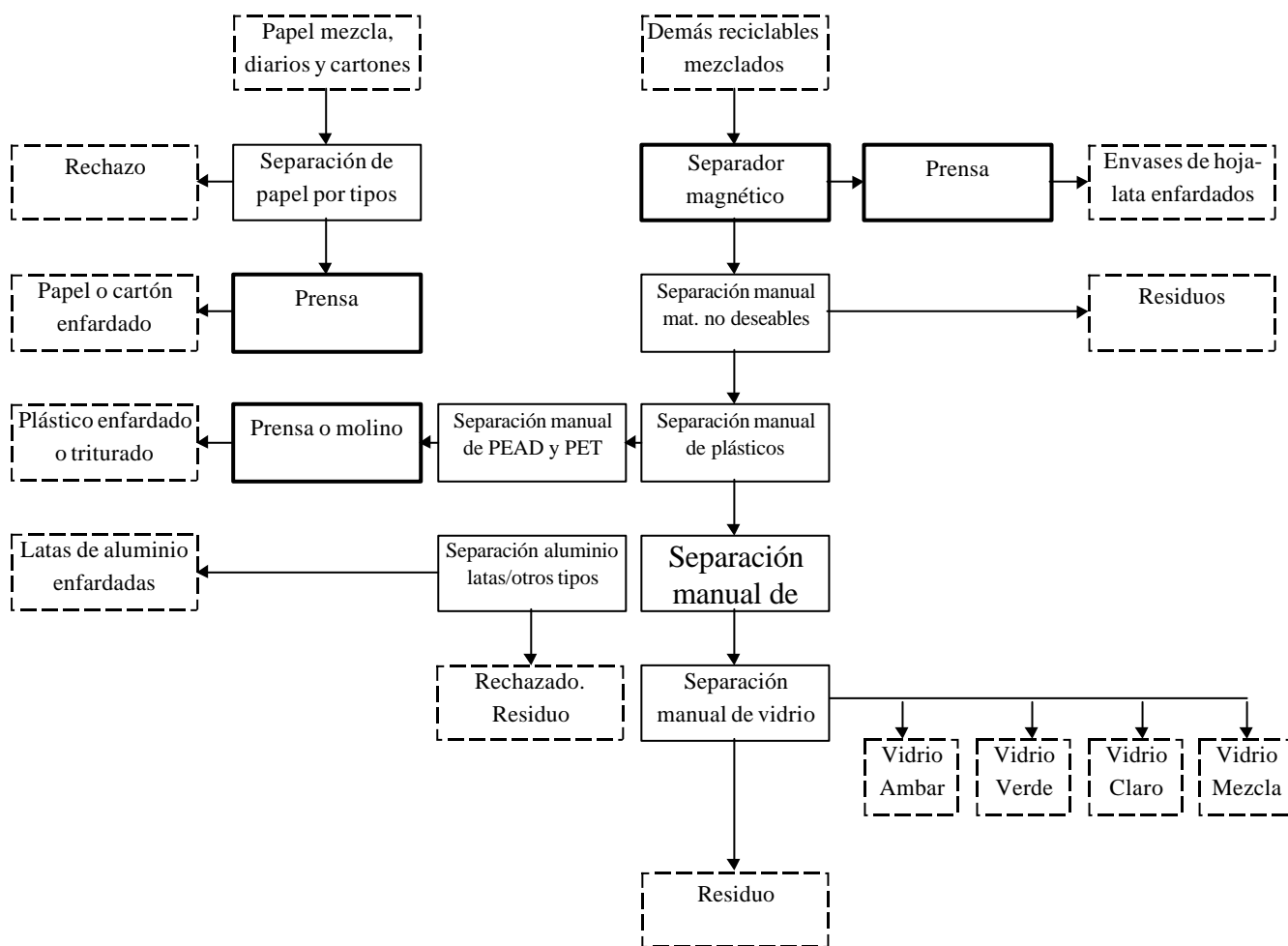
En esos casos existe equipo mecánico de relativa sencillez cuyo uso puede incrementar la eficiencia manteniendo la calidad de separación en un buen nivel.

Algunos de estos mecanismos de clasificación utilizan corrientes de aire o medios mecánicos para separar los materiales livianos de los pesados, separan latas de aluminio mediante corrientes de Foucault, metales ferrosos a través de tambores magnéticos o, por medio de cortinas, retienen materiales livianos como latas de aluminio o plástico, mientras que permiten que materiales más pesados, como el vidrio, pasen a través de ellas.

Al diseñar una PR las decisiones sobre si utilizar exclusivamente separación manual o incluir operaciones mecánicas deberá basarse en el volumen y tipo de materiales a procesar y en el costo que implicará la compra, operación y mantenimiento del equipamiento versus el costo de emplear más mano de obra. En general, separar y acondicionar los residuos de un modo más tecnificado demandará una mayor inversión pero un menor costo operativo. En cualquier caso el objetivo a perseguir será la reducción de las etapas u operaciones por las cuales un material debe pasar antes de lograr su condición final. (Ver Cuadro 10)

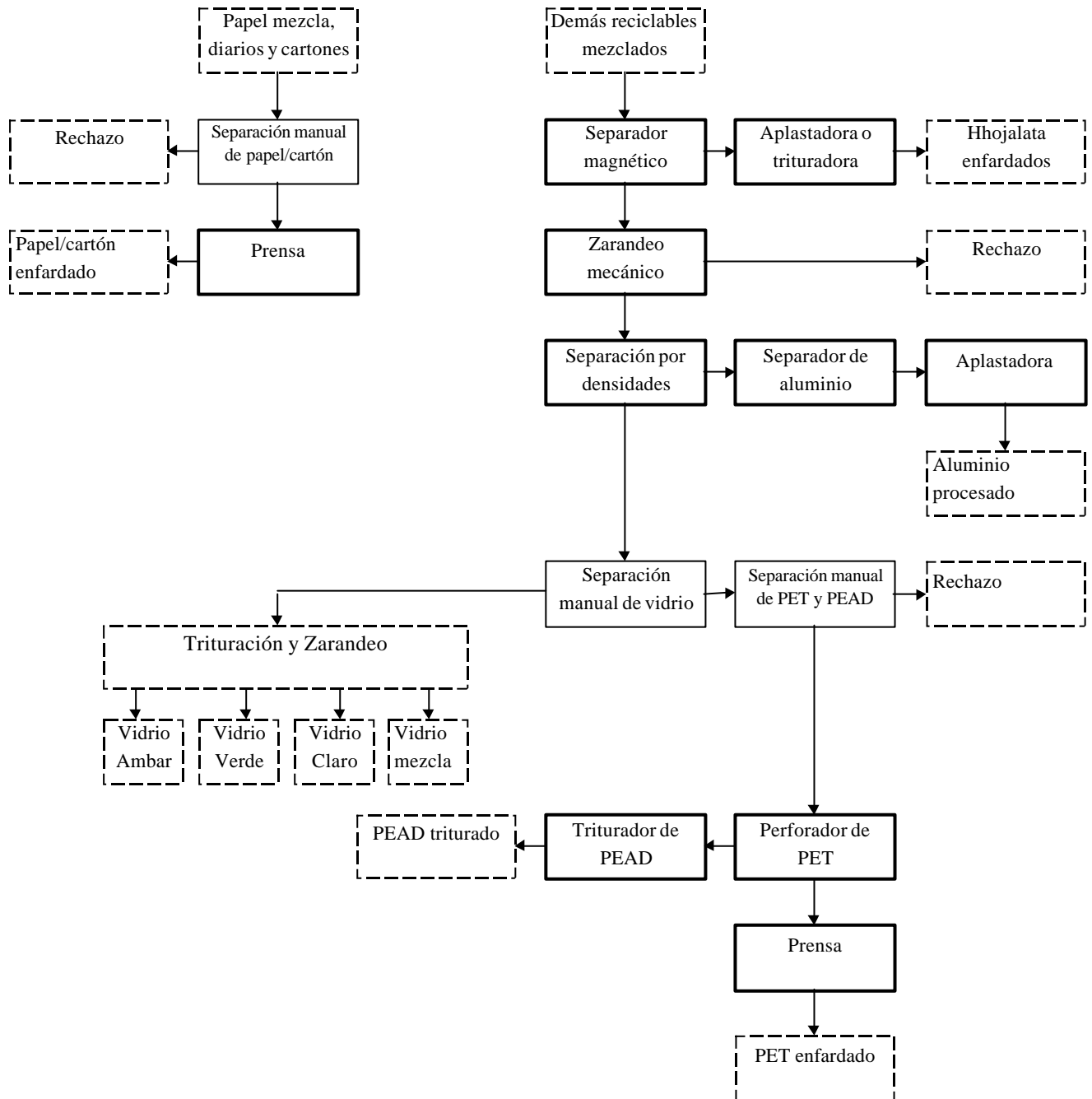
**CUADRO 10**

Esquema de funcionamiento de una PR que combine operación manual con procesamiento sencillo



Fuente: Fundación Senda.

Esquema de funcionamiento de una PR con alto porcentaje de operaciones mecanizadas complementada con alguna separación manual



Fuente: Fundación Senda.

### 8.4.1. Cintas transportadoras

La eficiencia del proceso de separación se beneficiará mucho con la utilización de cintas transportadoras desde el área de descarga y a través de las etapas de procesamiento. Estas cintas pueden utilizarse simplemente para transportar el material hasta los equipos de selección y tratamiento o puede actuar como una línea móvil a partir de la cual los operarios separan los diferentes materiales. En ambos casos son parte integral de una PR eficiente.

La línea móvil puede diseñarse para que los operadores estén sentados o parados pero debe evitarse que obligue a adoptar posturas incómodas o peligrosas.

Si se tolera muy poca contaminación en el material recuperado deberán preferirse métodos de *selección positiva*, en los cuales, cada reciclable es separado del conjunto transportado por la cinta y se deposita en diferentes contenedores. Por el contrario en los métodos de *selección negativa* son los contaminantes los eliminados de la cinta dejando que el resto del material sea llevado por un contenedor común. La selección positiva permite separaciones menos contaminadas.

#### 8.4.2. Densificación y procesamiento

Si bien, para pequeñas operaciones, los materiales reciclables pueden almacenarse sueltos y transportarse en contenedores o a granel, la mayoría de las PR dispone de algún equipo para densificar las partidas de material con el propósito, en general, de facilitar su movimiento y almacenaje y sobre todo optimizar su transporte.

La decisión de hacerse de estos equipos dependerá del volumen de material a ser manejado y, especialmente, a los requerimientos del mercado que, en algunos casos, prefiere determinadas formas de preparación por mejor adecuarse a sus propios métodos de elaboración o transporte.

Las prensas para embalar son uno de los equipos más versátiles que se utilizan en una PR ya que pueden ser utilizadas para densificar muchos tipos de materiales incluidos papel/cartón, plástico y latas. Para mercados industriales lo común es utilizar prensas que produzcan fardos de entre 200 y 400 Kg. y de 90 a 1,20 mt. máximo de lado.

Para producciones mayores suelen emplearse prensas de dos cajones giratorios que dan continuidad a la operación ya que permiten llenar un cajón mientras en el otro se prensa y ata.

También el caso del vidrio, si bien en todos los casos su rotura aumenta la densidad de la carga serán los volúmenes a manejar y los recursos disponibles los que determinarán a que método se recurre para realizarla.

Este método puede ir, de dejarlo caer desde cierta altura sobre la pila a, utilizar un molino adecuado a las características abrasivas de este material.

Con los mismos propósitos de densificación, equipos similares pueden utilizarse para picar o cortar papel/cartón o botellas plásticas o, en el caso de latas aplastarlas.

#### 8.4.3. Movimiento de materiales dentro de la PR

Incluso en las instalaciones de pequeña escala es necesario disponer de algún método para mover materiales entre las áreas de separación, almacenamiento y despacho.

Las plataformas y elevadores manuales resultarán suficientes cuando se muevan, por ejemplo, tambores de 200 lts., jaulas con papel o balas de tamaño mediano pero en operaciones mayores deberá disponerse de un autoelevador o un cargador frontal.

Todos los equipos mencionados, tanto los destinados a la separación de los reciclables como los equipos de procesamiento o los necesarios para el movimiento de materiales están sujetos a fallas o períodos de mantenimiento y debe preverse que de esto no derive una completa paralización de los trabajos, por esa razón, cuando el costo impida la duplicación de estos equipos, deberán desarrollarse reemplazos o procedimientos de trabajo alternativos que permitan la continuidad de la operación.

## 9. CONSIDERACIONES SOBRE LA ETAPA INICIAL DE UN PROYECTO DE RECICLAJE

Adoptar un proyecto de reciclaje implica que las residencias o comercios involucrados, implementen importantes cambios en el manejo de sus residuos. El éxito del proyecto dependerá de que esos participantes comprendan que se espera de ellos y que de su adhesión depende el éxito del proyecto. Si el proyecto tiene un comienzo defectuoso, ya sea porque la recolección es irregular o poco rigurosa puede ser que nunca alcance el nivel de éxito deseado.

Durante las primeras semanas de recolección deben esperarse cantidades de reciclables mayores que las usuales ya que, la población tiende a separar anticipadamente al comienzo del proyecto. Si esto no se prevee la cantidad de material recolectado superará la capacidad de recolección lo que puede desanimar a los participantes y en ese caso es preferible pedir a los residentes que no saquen sus reciclables para recolección durante un número de días determinado. Este tipo de problemas deben llevar a considerar la conveniencia de una implementación progresiva del sistema, en base a una etapabilidad establecida. Las primeras etapas servirán para obtener información que ayude a mejorar la recolección ya que una vez que el proyecto esté completamente implementado será más difícil hacer los cambios que, pueden ensayarse y evaluarse en estas etapas-piloto - por ejemplo, comenzar con recolección residencial, agregar luego edificios multifamiliares y finalmente comercios-.

### 9.1. ETAPA-PILOTO

En la etapa-piloto los reciclables son recolectados con un método determinado durante un período de tiempo previamente establecido, luego del cual, se evalúan los resultados obtenidos. A menudo se llevan a cabo simultáneamente planes pilotos con diferentes métodos a fin de compararlos.

### 9.2. RECICLAJE VOLUNTARIO

Comenzar un proyecto de reciclaje que incluya separación en origen, estableciendo esta como voluntaria, puede ser una buena idea aún cuando este previsto hacerla obligatoria en el futuro. Una operación voluntaria puede ser usada para introducir a la población en los beneficios y requerimientos del reciclado sin la coerción de una norma obligatoria.

Una vez que los residentes se han acostumbrado al esquema voluntario, y muchos de ellos han participado en él, el paso al cumplimiento obligatorio no será tan difícil.

La introducción de cambios también es más fácil durante el período voluntario. Otra forma de facilitar la participación inicial al proyecto es la de brindar opciones como la de ofrecer un punto fijo de recepción de reciclables a la recolección domiciliaria de esos materiales.

Para muchas comunidades, las elevadas tasas de participación logradas con un proyecto bien manejado y bien publicitado, han eliminado las necesidades de establecer un proyecto obligatorio de reciclaje. Debido a que siempre es mejor lograr la cooperación que solicitarla, un esfuerzo por la separación en origen voluntaria debe realizarse desde el comienzo. Si, por el contrario, el proyecto de reciclaje voluntario no logra elevadas tasas de participación, las responsabilidades del proyecto tendrán buenas razones políticas para pasar a un proyecto obligatorio.

Otro enfoque consiste en proveer al reciclaje un incentivo económico fuerte mediante la *internalización de los costos de generación de residuos* –haciendo que el reciclaje asuma los menores costos, para el consumidor.

Por ejemplo, algunas comunidades cobran diferentes tasas para la recolección de los reciclables que para los demás residuos, siendo la tasa para la primera más baja o gratuita. Este sistema provee un fuerte incentivo económico para la reducción general de residuos y para estimular el reciclaje.

### 9.3. RECICLAJE OBLIGATORIO

La recolección a domicilio es el tipo más común de proyecto obligatorio de reciclaje.

En los proyectos obligatorios, a aquellos vecinos que no separen sus residuos como corresponde, estos no les serán recogidos. Algunos proyectos imponen multas para el incumplimiento, pero para obtener el cumplimiento, dependen de la presión social de que los vecinos vean que los residuos no fueron recogidos.

Los proyectos obligatorios de disposición en puntos fijos, aparentemente funcionan mejor cuando algún encargado se asegura de que la gente separe los residuos previo a su disposición.

Los problemas de cumplimiento son específicamente difíciles para los recolectores que deben realizar su servicio en los complejos de departamentos, donde la separación en origen es difícil de forzar. Para estos proyectos, los recolectores y las municipalidades deben trabajar juntos para desarrollar un proyecto efectivo.

### 9.4. PROYECTO DE EDUCACION Y DIFUSION

Teniendo en cuenta la sensibilidad actual de la gente por los temas ambientales, el comienzo de las operaciones de una planta de tratamiento debería ir acompañado por una campaña de esclarecimiento de las actividades a realizar.

Si antes hubo estrategias para promover la separación en origen, resulta natural explicar que esos materiales van a ser acondicionados para su venta en un sitio determinado.

En estos casos suele comenzarse con la separación y el aprovechamiento de la fracción orgánica, que por otra parte es la que demanda mayor espacio físico, luego se agregan gradualmente los inorgánicos. Resulta importante para los contribuyentes conocer que se va a hacer con sus residuos. Al haber familias voluntarias para participar de la separación, se tendrá un grupo movilizado que entenderá rápidamente las razones y ayudará a la sensibilización general.

Facilitará la buena acogida de la gente el demostrar con hechos concretos que ese nuevo espacio de algunas hectáreas de extensión poco tiene que ver con el *deplorable* basural que tiene la ciudad. Resulta importante efectuar una previa parquización, elegir un lugar sin cuestionamientos ambientales ni urbanísticos, o incluso incorporar en el sitio actividades educativas. Como ejemplo cabe citar la Planta de tratamiento de la **Ciudad de Armstrong** (Prov. de Santa Fe) donde se cuenta con una Huerta Orgánica atendida por alumnos de escuelas de diferentes edades.

Habrà que reforzar la campaña de difusión en los casos donde el residuo llegue mezclado a la PR y no haya participación de los vecinos en una separación previa. Deberà esclarecerse a la opinión pública sobre las ventajas del nuevo sistema y dárseles garantías sobre que se actuarà con conocimiento técnico para controlar los factores de riesgo –ejemplos: análisis periódicos del agua en las napas, control de roedores, voladuras de bolsas de polietileno, etc.-. Debe tenerse presente que la resistencia a aceptar cualquier instalación de tipo industrial importante en la vecindad es una reacción habitual en las personas. Esta suele potenciarse cuando se tratan residuos de algún tipo.

Por todo lo antes dicho deben preverse las situaciones negativas, y tener presencia en los medios de difusión con suficiente antelación, sosteniéndola en la etapa de comienzo de actividades.

Esto puede reforzarse con algún material escrito y esclareciendo a grupos escolares sobre la nueva instalación.

Siempre resulta atractivo ofrecer como obsequio algún material recuperado y proponer visitas guiadas. Como ya se dijo antes, es fundamental no contradecir la propuesta con errores en la instalación de la operación de la PR. Una imagen pública adversa puede derivar en inconvenientes imprevistos que podrían arruinar todo el esfuerzo hecho en la inversión en la planta.

## CAPITULO V

---

### *Del compostaje*

*Denominamos compostaje al proceso controlado que, a partir de la natural descomposición biológica que sufren los materiales orgánicos en un medio húmedo y aireado, termina produciendo un producto estable similar al humus.*

*Este proceso, que en esencia es el mismo proceso de biodegradación que se produciría espontáneamente en un medio natural, debe ser considerado, cuando se realiza a partir de los RSU, como una forma de reciclaje dado que recupera material que de otra manera estaría destinado a disposición final (en nuestro país, por lo general, al enterramiento).*

*En este capítulo se describen métodos y técnicas de compostaje de los recortes verdes (hojas, césped, ramas, etc.) y de la porción compostable de los RSU, incluidos restos de alimentos, papel y otros residuos orgánicos.*

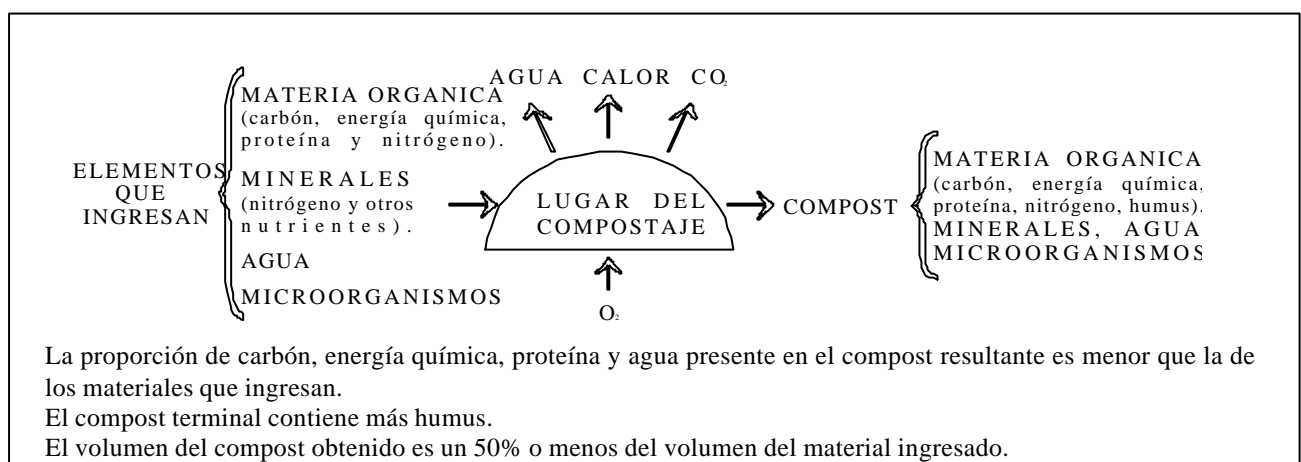
## 1. EL COMPOSTAJE: UN PROCESO BIOLÓGICO

Se denomina compostaje al proceso de descomposición biológica que, en presencia de aire, sufren los materiales orgánicos, y que termina produciendo un producto estable de constitución similar al humus (ver Gráfico 1).

Esta biodegradación es un proceso natural, de trámite lento que puede llevarse a cabo tanto en un medio natural como en una instalación artificial.

En este último caso su eficiencia radica en la posibilidad de control de las condiciones ambientales durante la operación. Este control jugará un rol preponderante en acelerar el grado de descomposición y mejorar la calidad del producto final.

**GRAFICO 1**  
El Proceso de Compostaje



Fuente: EPA 530 – R – 9 – 023 /Rynk.

El proceso de compostaje (que producirá, además, dióxido de carbono y agua) generará un producto de color oscuro, de consistencia liviana y cuya apariencia y olor terroso, no guarda ninguna similitud con los materiales que lo originaron.

El producto de buena calidad estará libre de semillas u *organismos para las plantas* y, una vez curado, es estable y resistente a posterior descomposición causada por microorganismos.

En términos generales, cualquier material orgánico sujeto a descomposición biológica es “*compostable*” y en ese sentido es importante verlo como materia prima antes que como residuo y en consecuencia considerar el compostaje como un beneficioso proceso de reciclar materiales orgánicos y no como un método de disposición.

**CUADRO 1**

Para los usos prácticos, se consideran dos grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje:

- Bioestabilizado (\*): El compost puede ser utilizado como fertilizante sin causar daños a las plantas.
- Curado (\*<sup>1</sup>): El compost ya completamente degradado, ha estabilizado las características de conformación y composición que lo harán adecuado a usos generales o específicos.

c)

(\* En el proceso de compostaje normal esta condición es alcanzada en 60/90 días (y generalmente se monitorea a través de la relación de carbono y nitrógeno –C/N– contenidos en el material que en este estado no debe superar 18/1).

(\*<sup>1</sup>) En las mismas condiciones de compostaje, se requiere un período adicional de 90/120 días para alcanzar ese estado (C/N inferior a 12/1).

### 1.1. LOMBRICULTURA

Como fue dicho, se denomina compostaje al proceso de descomposición de la materia orgánica o materia verde por un sin número de microorganismos en un medio húmedo y aireado.

Los microorganismos encuentran el aire y la humedad que ellos requieren en el medio ambiente aireado y su alimento proviene de la materia orgánica. Pueden así multiplicarse y crecer, liberando CO<sub>2</sub> y agua y produciendo energía en forma de calor.

Una vez que los desechos orgánicos son dispuestos en capas y que el grado de humedad sea el correcto (alrededor de 60%) la descomposición se iniciará espontáneamente por acción de los microorganismos presentes en el montículo de compostaje. Al principio de este proceso, la intensa actividad microbiana provoca en el lugar de compostaje una importante elevación de la temperatura. En el transcurso de la transformación progresiva de la materia orgánica en compost la cantidad de alimento disponible para los microorganismos disminuye lo que provoca una disminución de la temperatura *en la fase de post-maduración*. Aquí es necesario hacer una distinción entre los distintos organismos que realizan la descomposición: por una parte están los que constituyen la microflora (bacterias, actinomices, mohos y levaduras), la macroflora (hongos), la microfauna (protozoarias) y la macrofauna.

La macrofauna está constituida por colembolos, hormigas, cien pies, ácaros y gusanos, y en la Argentina se ha difundido mucho el recurso de aportar estos últimos –en particular los gusanos rojos de estiércol, es decir la *Eisenia Foetida*- al proceso (ver Cuadro 2). Ellos sin embargo no pueden jugar un rol en la descomposición si no es en colaboración con los otros organismos citados ya que la macrofauna no interviene en el compostaje sino una vez que la materia orgánica a sufrido una “predigestión” por la microflora durante la *primera termófila*, en el curso de la cual la temperatura sube entre 55 y 60° C (es así que por encima de los 30° C solo los microorganismos son implicados –bacterias, mohos y actinomicetes-. Por debajo de los 30° C son los gusanos, principalmente los mencionados gusanos del compost o *Eisenia Foetida*, y los pequeños invertebrados los que colonizan las pilas y transforman su contenido en esa materia oscura y granulosa que llamamos compost).

#### CUADRO 2

##### Lombricultura en **General Pico** (Prov. de La Pampa)

Como consecuencia de la difusión de la modalidad del aporte de lombrices, en un momento determinado del proceso, la cría de lombrices se ha hecho una práctica común en la mayor parte de los proyectos de compostaje en rigor y su desarrollo es descrito así por el responsable del Proyecto de Compostaje de la Planta de **General Pico** (Prov. de La Pampa).

“A fines de Diciembre de 1995 se construyó en terrenos de la Huerta Municipal un criadero de lombrices en una superficie cubierta de 20m<sup>2</sup>, contando con 10.000 ejemplares de *eisenia* spp iniciales, siendo su objeto realizar experiencias tendientes a conocer el manejo de los anélidos para la obtención de lombricompost y las condiciones óptimas de reproducción a los fines de lograr la población adecuada para el tratamiento por lombricultura del componente orgánico del residuo urbano. Los ejemplares se colocaron inicialmente en compost de residuo domiciliario bioestabilizado, y luego se los alimentó con compost de estiércol vacuno y residuos orgánicos de distintas características.

Se obtuvieron diversas fluctuaciones en el crecimiento de población y en consecuencia en la producción de lombricompost. Se observó, que la cantidad de población esta relacionada con la calidad de la alimentación, las condiciones del ambiente, y la humedad del sustrato.

Luego de varias pruebas se encontraron las condiciones óptimas para la reproducción de lombrices con compost de residuos domiciliarios siendo los parámetros más importantes los siguientes: temperatura ambiente de 18 a 30° C con el mayor grado de oscuridad posible y una humedad de sustrato entre 55 y 70%. A principios de 1998, determinado el lugar de funcionamiento definitivo del proyecto RRU, se construye un local de aproximadamente 120m<sup>2</sup> con el para ser destinado a criadero de lombrices californianas y se disponen una serie de ensayos y análisis con vistas al diseño final del proyecto de tratamiento de residuos orgánicos mediante compostado aeróbico y lombricultura.

## 1.2. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

Los RSU promedio en nuestro país contienen entre 55% y 75% de materia orgánica (en peso). Adicionalmente, los subproductos de ciertos procesos industriales –alimentación, agricultura y papel- están compuestos, en gran proporción, por materiales orgánicos. Es evidente, entonces, que el compostaje podría reducir substancialmente el volumen de residuos que ingresa actualmente a los basurales y rellenos controlados. Lo que explica su creciente aceptación como parte de los proyectos de tratamiento de residuos municipales.

Si bien el compostaje es considerado una opción viable solo cuando puede ser comercializado, habrá casos donde la sola conveniencia de reducir la cantidad de residuos a disponer (y su costo asociado) justificará su elaboración, aun cuando luego se destine únicamente a atender necesidades municipales o comunitarias.

Más allá de la creciente popularidad del compostaje, son varios los desafíos que plantean a un proyecto que lo incluya. Entre ellos.

- El desarrollo de mercados y nuevos usos.
- La falta de estándares y especificaciones para el producto terminado.
- La insuficiente información sobre el proceso mismo (sobre todo de procesos eficientes de pequeña y mediana envergadura).
- La escasez de técnicas experimentadas en procesos de escala comercial.
- La solución de potenciales problemas de olor.
- El control de la composición del producto.
- La adecuada composición de los procesos biológicos involucrados.
- El planeamiento financiero de la operación.

Muchas instalaciones existentes, son de un diseño simplista enfocado en los procesos primarios de la elaboración y descuidan el crucial requerimiento de producir un producto de alta calidad y condiciones de comercialización.

Eso se manifiesta, por ejemplo, en su limitada capacidad de separar los materiales compostables de los que no lo son antes del comienzo del proceso. Dado que la calidad del producto final viene determinada por el tipo de materiales compostados, una inadecuada separación la afectará negativamente.

También es frecuente la falta de instalaciones que permitan un período de cura suficiente como para permitir al compost alcanzar su madurez.

La baja calidad del producto así obtenido afectará directamente sus posibilidades de comercialización y, como resultado, la generación de mercados no acompañará el ritmo de la producción tendiendo a descapitalizar al proyecto.

## 1.3. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Uno de los aspectos importantes a considerar cuando se considere la implementación de un proyecto de compostaje es la posible ubicación de la planta de compostaje.

Una de las características más problemáticas de una planta de compostaje es su potencial capacidad de generar olores.

Estos olores pueden ser lo suficientemente molestos como para provocar protestas de los vecinos por lo que es conveniente, en primer lugar, evitar los *lugares cercanos a áreas pobladas*.

También será útil realizar una consideración de las condiciones climáticas del lugar (como ser la dirección de los vientos predominantes).

Una localización cercana o inmediata al emplazamiento de un relleno sanitario puede ser conveniente en términos de ahorro de costos de transporte de las fracciones no reciclables u no compostables.

Otros aspectos de la ubicación a considerar son:

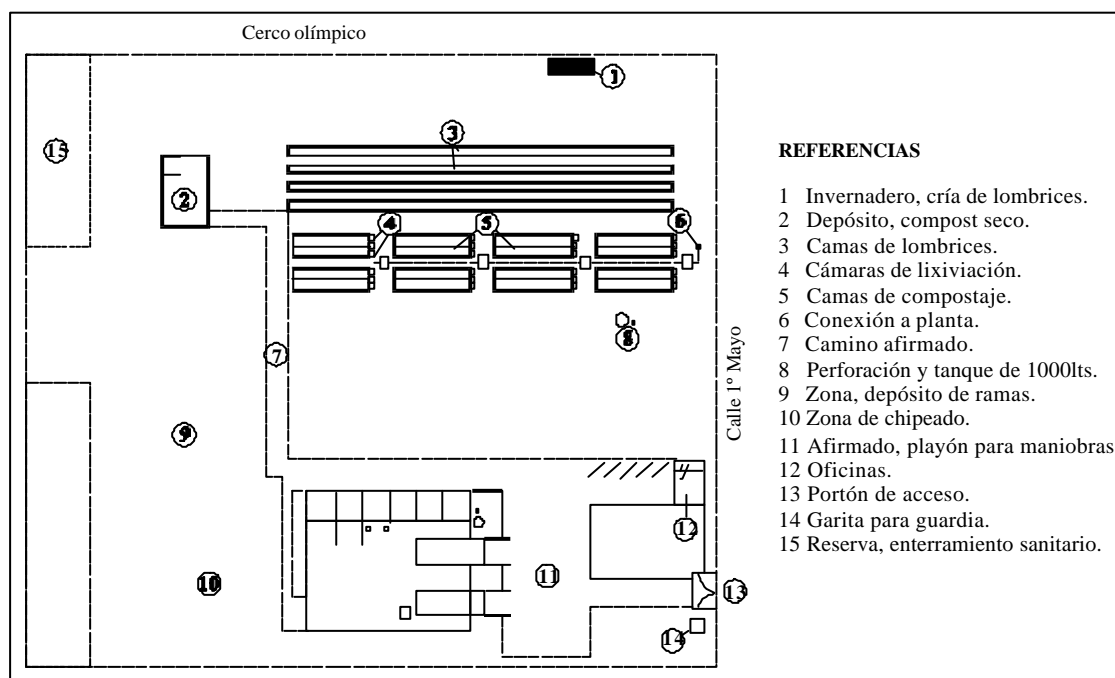
- Potencial efecto de contaminantes de su superficie y sustrato.
- Efecto de la posible contaminación de aire (polvo, basura, esperas, etc.).
- Distancia a los puntos de generación de los RSU.
- Distancia al relleno sanitario.
- Acceso vial.
- Espacios adyacentes donde se dispersen olores y contaminación visual o sonora.
- Disposición de infraestructura de servicios.
- Tipo de suelo apropiado.
- Condición de inundabilidad o mal drenaje de la zona.
- Limitaciones de zonificación urbanística.
- Espacio para la operación actual y el futuro crecimiento.

El tamaño del predio deberá considerarse en función del espacio requerido por el método de compostaje elegido y por la estimación de la necesidad de almacenamiento (cuatro meses de producción es una previsión razonable).

A continuación se muestra la disposición de las instalaciones de cuatro plantas de compostaje locales (Gráficos 2 a 5):

## GRAFICO 2

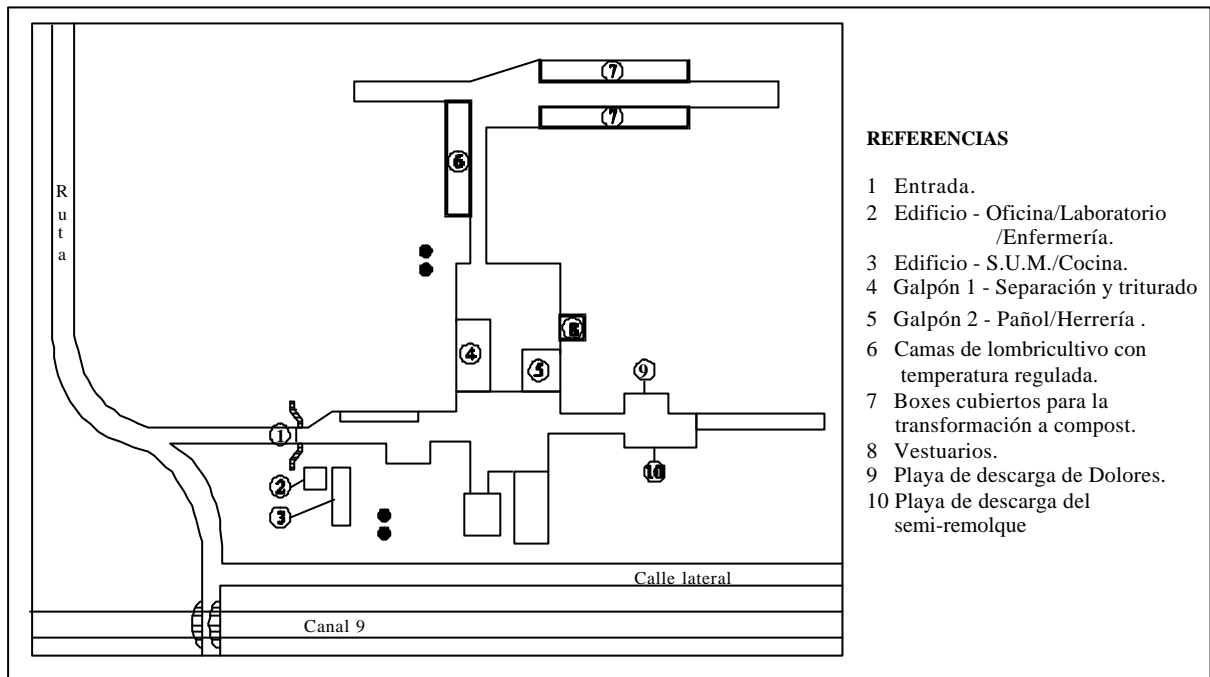
Esquema Planta de Compostaje - Ciudad de Esperanza – Prov. de Santa Fe



Fuente: Fundación Senda.

**GRAFICO 3**

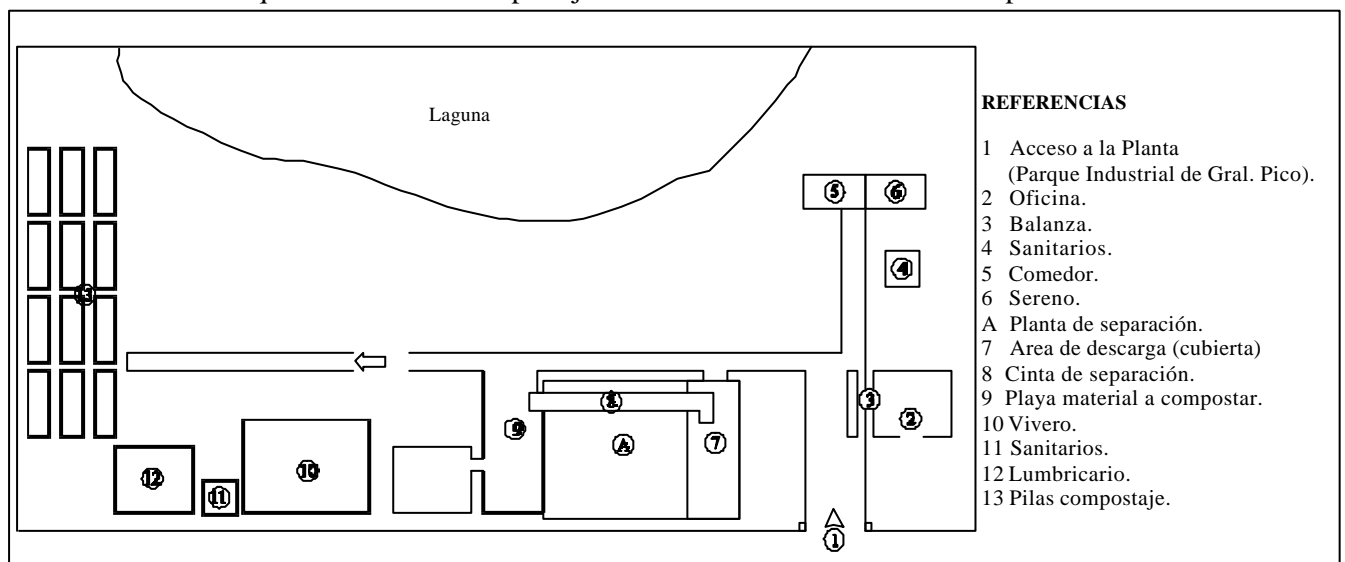
Esquema Planta de Compostaje - Ciudad de Dolores – Prov. de Buenos Aires



Fuente: Fundación Senda.

**GRAFICO 4**

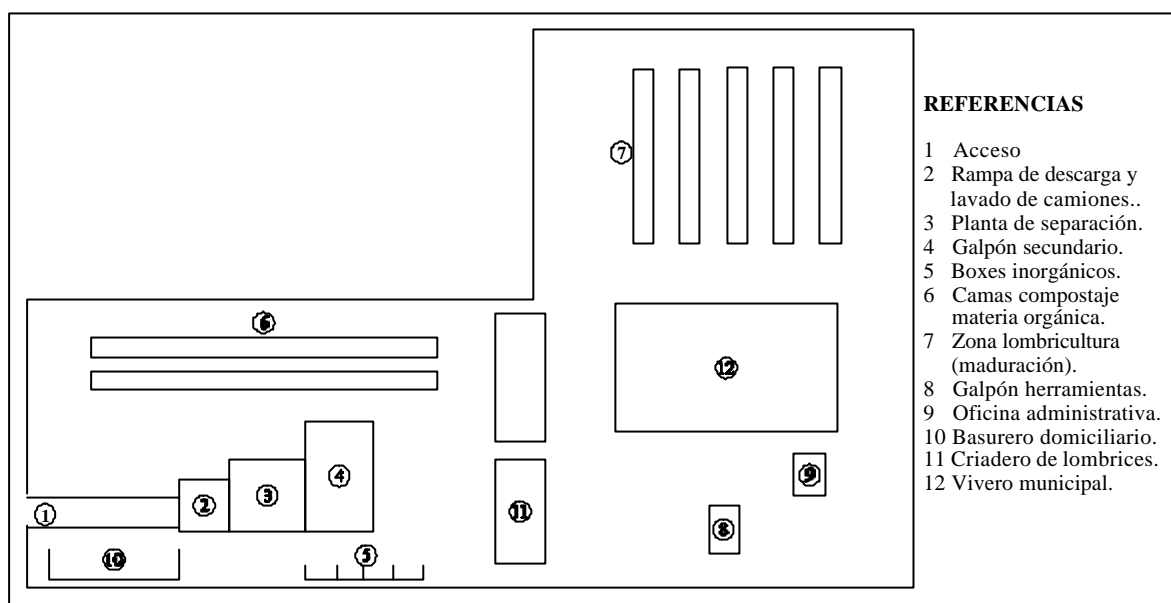
Esquema Planta de Compostaje - General Pico – Prov. de La Pampa



Fuente: Fundación Senda.

## GRAFICO 5

Esquema Planta de Compostaje – Trenque Lauquen – Prov. Buenos Aires



Fuente: Fundación Senda.

## 1.4. EL COMPOSTAJE EN RELACION A LOS METODOS DE RECOLECCION

## 1.4.1. Compostaje de RSU separados en origen

Estos proyectos dependen de la participación de residentes, comercios e instituciones en cuanto a separar en origen todos o algunos tipos de residuos orgánicos (ver punto 5) los que luego serán recolectados, también separadamente del resto de los residuos inorgánicos.

El compostaje de estos materiales separados en origen tienen ventajas sobre el proceso hecho a partir de residuos mezclados ya que minimiza el tiempo de selección del material y el espacio destinado a descargas y almacenamiento del material ingresante.

A esto se suma una calidad más alta y uniforme del compost obtenido dada la menor presencia de materiales no compostables o contaminantes. El Cuadro 1 suministra los pro y los contra del compostaje de orgánicos separados en origen.

En cuanto a los residuos orgánicos a separar para el compost, en general esta constituido por una mezcla de los siguientes materiales:

- Recortes verdes (pueden incluir césped, hojas y ramas pero no el barrido de calles).
- Restos de comida (generados por residencias, industrias o instituciones).
- Papel mezcla (que requerirá ser primero triturado y mezclado con otros materiales).
- Restos de madera (triturada)

## 1.4.2. Compostaje de RSU mezclados

En este proyecto se procesa el conjunto de residuos mezclados, del que son separados los materiales peligrosos o no compostables.

Aunque este método puede ofrecer algunas ventajas (ver Cuadro 3) su difusión es menor que la del método que parte de orgánicos seleccionados y separados en origen.

## CUADRO 3

Compostaje: Orgánicos separados en origen vs. Orgánicos mezclados

SEPARADOS EN ORIGEN	MEZCLADOS
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor posibilidad de contaminación.</li> <li>• Mayor calidad final del producto.</li> <li>• Menor costo de procesamiento del material.</li> <li>• Promueve la participación de los residentes.</li> </ul>	<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No modifica la tarea de recolección.</li> <li>• No implica para los residentes ningún trabajo adicional.</li> </ul>
<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere tarea (de separación) a realizar por los residentes.</li> <li>• Puede requerir mayor trabajo de recolección y nuevos recipientes o bolsas.</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor potencial de contaminación (que puede derivar en menor calidad del producto).</li> <li>• Mayor costo de procesamiento.</li> </ul>

Fuente: USEPA 94.

## 2. DESARROLLO DE UN PROYECTO DE COMPOSTAJE

### 2.1. FORMULACIÓN

Una vez que un municipio ha decidido que el compostaje es una alternativa deseada –y viable- deberán darse una serie de pasos relacionados con el planeamiento de la operación.

Un proyecto bien formulado y adecuadamente equipado redundará en menores dificultades operativas, podrá producir compost de buena calidad dentro de costos previstos y permitirá identificar y mantener mercados adecuados al tipo y cantidad de compost producido.

Estos logros mantendrán, a su vez, el apoyo permanente de la comunidad.

A continuación se enuncian una serie de acciones que deberán ser cumplidas para desarrollar e implementar un proyecto de compostaje exitoso:

- 1) Puntualizar las metas que perseguirá el proyecto de compostaje.
- 2) Establecer fuentes y características del material a ser compostado (recortes verdes y podas, RSU orgánicos separados en origen, RSU mezclados o una combinación).
- 3) Generar consenso político para los cambios que deberán hacerse en el manejo de los residuos por parte de la población.
- 4) Analizar los sitios donde se podría llevar a cabo la operación y su impacto sobre el ambiente.
- 5) Determinar los usos y mercados posibles para el compost producido.
- 6) Iniciar un proyecto de información pública.
- 7) Determinar las cantidades y características del material disponible para compostar.
- 8) Recoger información de proyectos similares en actividad.
- 9) Analizar técnicas de compostaje alternativas y operaciones de recuperación que puedan adicionarse al compostaje.
- 10) Adelantar acuerdos con potenciales consumidores.
- 11) Obtener las autorizaciones o aprobaciones necesarias para el producto y la operación.
- 12) Confeccionar el presupuesto y determinar la financiación.

### **2.1.1. Metas que perseguirá el proyecto de Compostaje**

Los objetivos de un proyecto de compostaje deben ser claramente establecidos en las primeras etapas del plan y, siendo como son la razón de ser del proyecto, deben luego sostenerse a lo largo de los sucesivos pasos del desarrollo y la implementación.

El proyecto puede tener varios objetivos:

- Reducir la cantidad de material enviado a rellenos.
- Reducir los costos de recolección.
- Aumentar la cantidad de material reciclado.
- Impedir que vayan a los rellenos o basurales residuos orgánicos con altos contenidos de humedad.
- Generar material para utilizar como control de erosión en mantenimiento vial u otras aplicaciones.

Dentro de los objetivos se encuentra el de producir compost para generar utilidades vía su comercialización. En este caso, el proyecto debe ser concebido como un proceso de producción industrial dado que, la venta comercial de compost, requerirá que el producto cumpla con estándares elevados y posea una calidad constante y solo debería encararse luego de una exhaustiva evaluación del mercado.

Independientemente de cuales sean los objetivos de un proyecto, su definición precisa ayudará a generar su apoyo político y público y evitará dispersar esfuerzos en actividades que no contribuyan a alcanzar las metas fijadas.

### **2.1.2. Identificación del material a compostar**

El planeamiento del proyecto debe basarse en una determinación precisa de la cantidad, calidad y fuente de origen del material a procesar ya que esto determinará equipos y áreas requeridas lo que, a su vez, conducirá a la estimación de la mano de obra necesaria y finalmente al cálculo de la inversión inicial y los costos operativos.

Aunque la cantidad y composición del material disponible puede estimarse a partir de datos de la recolección o de valores tabulados, es preferible realizar todas las determinaciones posibles a fin de obtener valores reales y confiables.

Estas determinaciones deberían ser realizadas por lo menos durante un año para reflejar las fluctuaciones estacionales en la composición de los RSU.

Aunque la proyección de esa composición para un cierto número de años en el futuro puede ser compleja, es esencial poder estimar la magnitud de la porción compostable y cuanto de ese material puede ser separado del total para ser procesado. Este conocimiento puede llevar a modificaciones en el sistema de recolección.

Tanto si se incluyen residuos industriales o se dispone solo de residuos sólidos urbanos, se puede considerar el fijar algunas normas, para los generadores, que ayuden a mantener el material compostable libre de contaminación y aun cuando solo sea simplificar la tarea de limpieza que necesariamente se hará antes de comenzar el proceso de compostaje.

También en este sentido, será necesario establecer un proceso de comunicación entre los responsables del proyecto y el público aun en las etapas iniciales del proyecto.

Dado que cualquier iniciativa en el terreno del manejo de residuos es particularmente susceptible de despertar opiniones controversiales la difusión de sus ventajas será importante para generar el apoyo público.

Este apoyo será especialmente necesario cuando la implementación del proyecto requiera cambios en las modalidades con que los residentes usualmente sacan sus residuos para la recolección; como ser la implementación de la separación en origen de

orgánicos e inorgánicos o la eliminación de ciertos contaminantes de la porción orgánica.

El proyecto de comunicación deberá proveer información objetiva acerca del proceso de compostaje y los potenciales problemas asociados a la operación de una planta de compostaje que muchas asocian con lugares de disposición.

Se debe proveer información acerca de la naturaleza del compostaje al mismo tiempo que discutir abiertamente los potenciales problemas de generación de olores y las técnicas para neutralizarlos.

### **2.1.3. Compatibilización con operaciones existentes**

Para su implementación, un proyecto de compostaje requerirá, en muchos casos, ser compatibilizado con operaciones referidas al manejo de los RSU ya existentes de recolección, procesamiento o disposición.

Cualquier proceso de compostaje requerirá de algún grado de separación previa. Esta podrá llevarse a cabo en origen o en la planta de separación.

Donde se realice separación en origen, los generadores que ya estarán separando materiales reciclables de los no reciclables pueden llegar a separar en tres grupos: la fracción de compostables, otra de no compostables pero reciclables y una tercera fracción no reciclable. Cuando se recolecten todos los RSU mezclados esa misma separación se realiza en la planta.

El costo de estas opciones deberá ser cuidadosamente evaluado al igual que el esfuerzo que cada una de ellas demanda de los generadores (residentes) involucrados.

Así un proyecto de compostaje que parta de recibir residuos mezclados puede ser más económico, durante la recolección, en comparación con la separación en origen que además requiera de un proyecto de educación de los participantes y, posiblemente, recolección diferenciada.

Sin embargo los residuos mezclados requieren mayores gastos en instalaciones y menos mano de obra, esta última por falta de la primera la primera separación en origen.

Por último, e inevitablemente, habrá una fracción de material residual, no recuperable ni compostable que deberá ser dispuesto en un relleno controlado, la existencia del cual por lo tanto deberá ser considerado como parte de cualquier proyecto de compostaje.

En consecuencia una comunidad deberá ponderar los siguientes factores en la consideración del proyecto de compostaje que mejor se ajuste a sus necesidades y objetivos:

- 1) Preferencias del público.
- 2) Costos de recolección y procesamiento.
- 3) Costo de disposición de la fracción residual.
- 4) Existencia de mercados para el tipo de material a producir.
- 5) Mercados de los reciclables no compostables.
- 6) Compatibilidad con las operaciones de manejo de RSU (recolección, procesamiento y disposición) existentes.

## **3. COMPOSTAJE – METODOS USUALES**

Los métodos más usuales utilizados en un proceso de compostaje aeróbico son tres: la de disposición en hileras, la pila estática aireada, y la realizada en un recinto cerrado; las que además incluyen en todos los casos operaciones de separación (de elementos no compostables y/o contaminantes), cribado y maduración (estabilización).

Estos métodos se diferencian en la forma de incorporación del aire, control de la temperatura, mezcla o volteado del material y tiempo de duración del proceso. También pueden diferenciarse en la inversión inicial requerida y en los costos operativos.

### **3.1. DISPOSICION EN HILERAS**

Entendemos por hilera a una pila de sección triangular cuyo largo es mayor que su ancho y alto (los que, están generalmente en relación 2:1) y donde el alto ideal está determinado por la capacidad de la hilera de producir y mantener la temperatura necesaria sin impedir que el oxígeno llegue al punto central de la masa. Para la mayor parte de las composiciones del material a compostar esta altura varía entre 1 y 2 metros con un ancho de hilera de aproximadamente 4 metros.

El volteado periódico de las hileras (generalmente una vez por semana) introduce aire en la masa, incrementa su porosidad y mueve el material de la superficie hacia la parte interna donde acelera su compostaje.

Las hileras, que se hacen sobre superficies firmes (pavimentadas o de arcilla compactada) a fin de facilitar su volteado y humectación, pueden estar ubicadas al aire libre en cuyo caso deberá preverse el efecto de las lluvias sobre el material en proceso.

Es necesario que en esta área esté prevista la captación de residuos líquidos, aguas de lluvia y una pileta de estabilización donde dirigirlas.

### **3.2. PILAS ESTATICAS AIREADAS**

Este método se basa en el aireado mecánico (forzado) de pilas de material que, por lo tanto, no deben ser volteadas a ese fin (estáticas).

Las pilas se arman sobre una trama de caños a través de los que se suministra el aire necesario para el compostaje y permanecen allí hasta la finalización del proceso que puede requerir entre 6 y 12 semanas después de lo cual pasa a la etapa de cribado y maduración.

El aire suministrado puede ser soplado (presión positiva) a través de la pila o aspirado (presión negativa) a través de ella y su ingreso estará controlado por un termostato de forma de proveer el oxígeno sin permitir un excesivo calentamiento de la pila a fin de mantener las condiciones y temperaturas óptimas para la actividad microbiana.

Esta provisión controlada de aire permite la construcción de pilas de mayor tamaño y disminuir en consecuencia la necesidad de área a utilizar.

Las temperaturas en el interior de las pilas son, normalmente, suficientes para destruir la mayor parte de los patógenos presentes, no así en la superficie a causa de que, en este sistema, las pilas no son volteadas.

Este problema puede solucionarse colocando una capa de compost terminado (entre 15 y 30 cm.) sobre la pila, la cual actuará como aislante y ayudará a mantener la temperatura necesaria para destruir los patógenos en toda la masa.

El método de pila estática resulta adecuado tanto para residuos verdes como para RSU mezclados con los mismos problemas que el sistema de disposición en hileras cuando se realice a cielo abierto.

### **3.3. COMPOSTAJE EN RECINTOS CERRADOS**

Estos sistemas confinan el material a procesar en una cámara o recinto donde se mantienen permanentes las condiciones adecuadas de humedad, aireación y mezclado.

Los recintos estancos son, frecuentemente, similares a contenedores, silos y túneles que pueden rotar o poseer algún mecanismo de agitación del material procesado.

En todos los casos el compostaje deberá completarse con un período de estabilización fuera de la cámara.

La mayor ventaja de estos sistemas radica en la aceleración del proceso como consecuencia de permitir el total control de las condiciones en que se realiza.

Dado que el material es frecuentemente volcado y mezclado para homogenizar el compost y promover la rápida transferencia de oxígeno, el proceso se completa en plazos que van de 1 a 4 semanas con mínima producción de olor y lixiviados.

### **3.4. CRIBADO Y ESTABILIZACION**

#### **3.4.1. Cribado**

Para ser comercializado, el compost es cernido a fin de separar los elementos no compostables remanentes. Este proceso puede llevarse a cabo antes o después del período de estabilización y suele complementarse con una operación adicional de molido.

La fracción no compostable es destinada a enterramiento.

Para obtener los mejores resultados en esta operación el compost a ser tamizado debe contener menos del 50% de humedad. Si para llegar a esta condición el material fue secado, deberá volvérselo a humectar para completar el período de estabilización.

#### **3.4.2. Estabilizacion**

Durante la primera, y más rápida, fase del compostaje –ya sea en pilas, hileras o recintos cerrados- se habrá producido la descomposición de la mayor y más fácilmente degradable parte del material orgánico con una significativa disminución de su peso.

El proceso de descomposición continuará, sin embargo, más lento, sin que el mantenimiento de las adecuadas condiciones ambientales pueda aumentar el ritmo de la menor actividad microbiana.

Esta segunda fase, que usualmente se lleva a cabo con la disposición en hileras, puede demandar de algunas semanas a varios meses, dependiendo de la temperatura ambiente y el grado de maduración que se desea alcanzar.

Durante este período, en que el compost alcanza su estabilidad biológica, las pilas del material son sometidas a volcados más esporádicos y se utiliza algún medio de ventilación pasiva.

A medida que el curado progresa, la actividad microbiana genera menos calor y las pilas se enfrían lo que, si las demás variables (humedad, oxigenación y nutrientes) fueron adecuadamente provistos, indicará el fin del proceso.

#### CUADRO 4 Compostaje en Almirante Alvear (Prov. de La Pampa)

El residuo orgánico que se procesa en la Planta de Compostaje de **Intendente Alvear** (La Pampa, aprox. 1500Kg/día) es separado en origen de las aproximadamente 3,5 Tn de RSU que el municipio recolecta diariamente.

La técnica de compostaje utilizada es la disposición en hileras con aireación natural y volteado manual, para la etapa de fermentación, más un curado con o sin aporte de lombrices en la estabilizadora del producto.

Este proceso viene perfeccionándose desde 1994 y en la práctica consiste en colocar el residuo orgánico en pilas de 5 metros de largo, 1 m. de ancho y 0,80 a 1 m. de alto separadas entre sí de 1 a 1,5 m. por pasillos desde donde los operarios realizan el trabajo de riego, aireado por volteo, desmalezado, etc. Estas pilas se cubren con pasto para mantener la temperatura, aislarlas del medio ambiente para que no atraigan insectos, preservar su humedad y absorber los vapores y olores emanados por la fermentación.

Las pilas se disponen en un área de aprox. ½ Ha., capaz de alojar hasta 120 pilas (de 1200 Kg. cada una) en diferentes estadios de la fase de fermentación y donde se riegan y airean día por medio alternadamente (con excepción de tiempos muy húmedos en que solo se airean).

Tanto el riego (con mangueras) como el aireado (con horquillas) se realiza en forma manual sin quitar la cobertura de protección de pasto.

En este estado permanecen durante 90 a 120 días, dependiendo de la época del año, cumpliendo la etapa de fermentación y alcanzando temperaturas de 50/60° C para luego estabilizarse en 28/30° C.

A partir de ese momento el compost está listo para pasar a la etapa final de estabilización y cada nueva pila ingresada diariamente reemplazará a otra que es trasladada al área de maduración (con o sin agregado de lombrices).

En la actualidad prácticamente todo el producto se obtiene a partir del proceso de lombricultura.

## 4. MERCADOS Y COMERCIALIZACION

El uso final a que se destinará el producto del compostaje y su mercado potencial son puntos cruciales cuyo desarrollo debe ser encarado en el mismo inicio de un proyecto de producción de compost el cual, si esta bien concebido, tenderá a asegurar la comercialización de todo el material producido, meta que, por otra parte solo podrá ser alcanzada si se dispone de un compost de alta calidad y a la medida de las necesidades del mercado.

### 4.1. ESTRATEGIAS DE MERCADO

En lo referente a la distribución y venta de compost y abonos obtenidos a partir de RSU no existen modalidades comerciales o canales de distribución establecidos y cada proyecto deberá identificar y ajustarse a su mercado particular, cuyas características propias deben ser cuidadosamente evaluadas.

La calidad y la composición del compost destinado a un mercado específico dependerán de varios factores como ser el uso que se propone dar al producto, las condiciones climáticas locales e incluso factores sociales y culturales.

Por ejemplo: si se intenta destinarlo a aplicaciones agrícolas, requerirá minimizar la presencia de restos de vidrio o plástico y el potencial contenido de metales u otros elementos inaceptables para la condición de producto alimenticio a que se destinarán esos cultivos.

Si el objetivo es, en cambio, atender mercados relacionados con la horticultura deberán enfatizarse el control de parámetros relacionados con la madurez del producto, su contenido de nutrientes y sales, tamaño de las partículas y capacidad de retención de humedad.

La comercialización requiere de una dedicación continua –antes, durante y después de la producción del compost- en pos de dos objetivos:

- 1) Distribuir y vender la totalidad del compost producido y
- 2) Optimizar las utilidades y reducir los costos.

Para alcanzar el primero de los objetivos deberán detectarse todos los potenciales usuarios de compost en gran escala en las áreas de comercialización consideradas. Entre estos potenciales compradores importantes habrá que considerar los siguientes:

- Granjas.
- Empresas de jardinería y paisajismo.
- Constructores de rutas y caminos.
- Instalaciones deportivas.
- Parquizaciones.
- Campos de golf.
- Edificios de oficinas (con jardines).
- Constructores y estudios de arquitectura.
- Cementerios.
- Viveros.
- Cultivos especiales (bajo cubierto o no).
- Fabricantes de abonos o tierras para jardinería.
- Empresas de mediación de suelos.
- Otros.

Los responsables de la comercialización deben conocer profundamente las ventajas y limitaciones de un determinado tipo de compost para un, también determinado, uso dado. En función de estas ventajas y limitaciones, el énfasis de la estrategia de venta deberá ponerse en las ventajas que la utilización del producto representara para el usuario,

A los potenciales clientes que han venido usando algún otro tipo de enmienda de suelos se deberá llamar la atención acerca de que se les está ofreciendo un producto pensado para atender sus necesidades específicas.

En general el plan de comercialización de compost deberán centrarse en hacer conocer que es lo que el producto puede hacer (y no hacer) enfatizando los ensayos y análisis realizados y los usos para los cuales se han verificado sus ventajas.

También deben suministrarse las especificaciones de uso ya que muchos no habrán utilizado nunca un producto similar.

Si el compost se comercializa en bolsas, estas deberán describir su composición, sus usos potenciales y cualquier precaución o advertencia con relación a su empleo o almacenamiento.

#### **4.2. USOS POTENCIALES DEL COMPOST**

Cuando se promueva el uso del compost entre los potenciales compradores/usuarios se deben puntualizar los roles que, como acondicionador de suelos, le son tradicionalmente reconocidos:

- Mejora de permeabilidad de los suelos.
- Aumenta su capacidad de retención de humedad.
- Mejora la retención de nutrientes.
- Actúa como agente moderador del PH.

- Ayuda a regular la temperatura.
- Colabora en el control de la erosión.
- Mejora la aireación.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en los terrenos.
- Previene enfermedades de los cultivos.
- Corrige deficiencias en la composición del suelo.
- Reduce la densidad.
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes en los suelos arenosos.

El compost es también una buena fuente de nutrientes para las plantas al punto de que, en algunas aplicaciones, tiene ventajas sobre los fertilizantes por su característica de incorporarles, a diferencia de estos, paulatina y gradualmente a lo largo de un cierto período de tiempo.

Adicionalmente, el compost suministra una cantidad importante de micronutrientes de que carecen los fertilizantes (sí bien los fertilizantes poseerán siempre mayor cantidad de macronutrientes que el compost).

Un segundo requisito en cuanto seleccionar mercados variables para la colocación del compost es el conocimiento de todos sus usos potenciales.

En el siguiente cuadro (Cuadro 5) se detallan los principales campos de aplicación, los usos del compost dentro de ellos y el tipo de producto generalmente requerido.

## CUADRO 5

Compost – Campos de aplicación, usos y tipos principales.

<b>Campo de aplicación</b>	<b>Usos principales</b>	<b>Tipo de producto</b>
<b>Usuarios Agrícolas y Residenciales</b> • Cultivos de granos y forraje.  • Frutales y hortalizas.  • Parques y jardines residenciales.  • Cultivos orgánicos.  • Césped.	Enmienda de suelos, suplemento fertilizante, agregado superficial para mantenimiento de pasturas.  Idem. Agregado superficial para árboles frutales.  Idem. Reemplazo de fertilizantes.  Reemplazo de fertilizantes. Enmienda de suelo.  Enmienda de suelo. Agregado sobre césped existente.	Compost tamizado no. A granel.  Idem.  Tamizado. Alto contenido de nutrientes, embolsado.  Tamizado o no. Alto contenido de nutrientes. A granel.  Tamizado. A granel.
<b>Usuarios comerciales</b> • Cementerios.  • Comercio minorista Supermercados.  • Florerías. Ferreterías. Negocios especializados en artículos de refacción y mantenimiento de residencias.  • Instalaciones deportivas.	Agregado sobre césped existente. Enmienda de suelos.  Reventa a consumidores de pequeños volúmenes.  Reventa a consumidores, pequeños volúmenes.  Agregado sobre césped existente. Enmienda de suelos. Parquización.	Tamizado. A granel.  Tamizado. Embolsado  Tamizado. Embolsado.  Tamizado. Calidad especial para agregado superficial. A granel.
<b>Viveros I</b>	Mezcla para macetas y plantines *. Substituto de la turba. Enmienda de suelos. Reventa a pequeños consumidores.	Tamizado. Seco. Alta calidad. A granel y embolsado.
<b>Empresas de remediación de suelos.</b>	Enmienda de suelos y agregado capa superior en grandes espacios. *	No tamizado. Mezcla para capa superior. A granel.
<b>Empresas urbanizadoras y parquizadoras/paisajistas.</b>	Enmienda de suelos. Suplemento fertilizante. Material para capa superior.	Tamizado. Mezcla para capa superior. A granel.
<b>Viveros II</b>	Enmienda y reemplazo de suelos. Reventa a minoristas y jardineros.	Tamizado y no tamizado. Embolsado y a granel.
<b>Usuarios municipales.</b>		
<b>Rellenos de residuos.</b>	Cubierta final de rellenos controlados.	No tamizado. Baja calidad. A granel.
<b>Departamentos o hectáreas públicas.</b>	Capa final en construcciones viales o civiles. Enmienda de suelos para forestación.	No tamizado y tamizado. Mezcla para capa superior.
<b>Escuelas, parques y jardines públicos.</b>	Capa superior para parquización o instalaciones deportivas.	Tamizado. Mezcla para capa superior.

- **Nota:** Actualmente la tendencia no solo es a limitar la utilización de la turba sino a prohibirla, bajo la presión ecologista que busca preservar las zonas pantanosas donde se da su explotación, la que compromete la nidificación de pájaros y la degradación de las reservas de agua dulce. El compost puede sustituir muy bien a la turba porque no solo contiene materia orgánica, sino también fertilizantes ausentes en esta.

• Fuente: Fundación senda / EPA 530 – R – 95 – 023 / Rynk.

#### 4.3. CALIDAD DEL COMPOST: SU INFLUENCIA EN LA COMERCIALIZACION

La calidad de un compost en particular y la consistencia con la cual esa calidad es mantenida impactará directamente en las posibilidades de comercialización del producto.

La calidad vendrá evaluada por el tamaño de las partículas, su PH, el contenido de sales solubles, la estabilidad del producto y la presencia en el de componentes indeseables como semillas que puedan germinar, metales pesados o contaminantes como plástico o vidrio.

Estas condiciones serán más importantes cuando el producto esté destinado al cultivo de plantas valiosas o de alimentos, cuando se aplique sobre plantas jóvenes y especialmente sensibles o cuando se utilice solo (sin mezcla con el suelo natural u otros aditivos) mientras que la tolerancia será mayor para usos como, por ejemplo, enmienda de suelos destinados a la agricultura.

Las variaciones en la calidad del compost obtenido pueden controlarse mediante selección o limitación de los materiales que forman la materia prima a partir de la que se realizará el proceso, y que determinan las propiedades físicas y químicas del producto final.

En ese sentido los materiales orgánicos separados en origen son preferibles al que resulta de recibir los residuos mezclados sobre todo si se intenta producir un compost destinado a la venta minorista.

Las plantas de procesamiento de RSU mezclados tienen poco control acerca del material que reciben y será conveniente que, además de extremar su inspección inicial para eliminar contaminantes, implemente alguna forma de informar al público generador sobre como eliminar de sus residuos a ser compostados, los contaminantes más peligrosos (ver Cuadro 6).

## CUADRO 6

### Contaminantes peligrosos más comunes en los RSU

• Baterías y pilas.	• Insecticidas.
• Componentes electrónicos o de iluminación.	• Herbicidas.
• Aceite de motores y máquinas.	• Repelentes.
• Solventes.	• Líquidos de freno y transmisión.
• Productos de limpieza y cosmética (pigmentos).	• Desmanchadores.
• Pinturas y barnices.	• Antisépticos.
• Tintas.	• Funguicidas.
• Pesticidas.	• Impermeabilizadores.
	• Anticorrosivos.

Fuente: Fundación Senda.

Junto con la calidad sostenida, otro elemento que facilitará la comercialización será la capacidad de ofrecer más de una variedad de compost.

Esta estrategia, a la par de sostener la venta, puede nivelar en alguna medida la estacionalidad de la demanda y mejorar la distribución.

Esto puede lograrse produciendo partidas de compost a partir de materia prima seleccionada de forma de obtener diferentes propiedades químicas, físicas o biológicas.

Por ejemplo: el compost podría adicionarse con nutrientes vegetales o el PH podría ser ajustado para adecuarlo a las necesidades de cultivos específicos. De la misma forma puede variarse el contenido de ciertos minerales o materiales orgánicos o modificarse el tamaño del grano.

#### **4.4. DISTRIBUCION DEL PRODUCTO**

Mientras que algunos municipios deciden comercializar ellos mismos su producto, otros deciden hacerlo a través de empresas privadas (en general especializadas en productos afines).

Esta última variante puede ser ventajosa en varios aspectos ya que esas empresas pueden contar con recursos publicitarios para promocionar el producto en exposiciones o muestras y, en general, ofrecer circuitos de distribución establecidos y obtener condiciones de pago comerciales.

Las mismas funciones llevadas a cabo por un municipio pueden agregarle significativos costos administrativos sobre todo si el producto se decide vender embolsado a través de comercios minoristas.

### **5. RELACION ENTRE ORIGEN DEL MATERIAL COMPOSTADO Y SU COMPOSICION FINAL**

La calidad final del compost está en función directa del tipo, calidad y grado de contaminación del material inicial que se procesa, y en ese sentido ya se mencionaron (ver punto 1.4.1.) las dos formas usuales de selección de dicho material: la separación en origen, por parte del generador y la selección en la planta de procesamiento.

En el presente es frecuente que, en la búsqueda de una selección más estricta, ambos métodos se repitan o superpongan: así, a los materiales orgánicos separados en origen por el generador se los someta a una segunda selección en la planta o en la operación de separación de orgánicos e inorgánicos que se realiza en la PR, se agregan operaciones para eliminar materiales que, aunque orgánicos, son indeseables para el compostaje.

#### **5.1. COMPOST A PARTIR DE ORGANICOS SEPARADOS EN ORIGEN**

Una alternativa relativamente nueva por medio de la cual se apunta a optimizar la selección de los materiales a compostar, es la separación en origen de los materiales orgánicos.

En estos proyectos dichos materiales orgánicos, además de ser separados de los inorgánicos, son diferenciados por el generador en los que son aceptables para compostar y aquellos que no lo son.

Este material compostable es recolectado separadamente de las otras dos fracciones: los materiales reciclables y los no reciclables/ni compostables para lo cual se conviene previamente alguna forma de identificación (color de bolsa, etiqueta, etc.).

Los generadores residenciales y comerciales (restaurantes, fábricas de alimentos preparados, etc.) son instruidos en la composición admitida de estos orgánicos compostables (que generalmente incluye a los restos de comida, los residuos verdes y algunos tipos de papel; dependiendo de ella, puede resultar necesario que el proceso de compostaje deba incluir una operación de molienda para reducir el tamaño de los materiales o, por el contrario, agregar elementos -como madera chipeada- para esponjar el conjunto).

La mayor ventaja de este método de compostar orgánicos separados en origen, reside en la posibilidad de fabricar un compost virtualmente libre de contaminación y su éxito depende tanto del esfuerzo de los generadores como de la eficiencia de la recolección.

Las experiencias realizadas indican que las concentraciones en que los metales pesados y otros contaminantes químicos están presentes en este tipo de compost son

substancialmente más bajos que los que se encuentran en compost obtenidos a partir de RSU mezclados (ver Cuadro 7).

## **5.2. COMPOST A PARTIR DE RSU MEZCLADOS**

Debido a que más de la mitad del residuo residencial y buena parte del residuo comercial es, en principio, compostable, los proyectos municipales evitan que una porción substancial de los residuos totales sean destinados al relleno sanitario.

El éxito de estos proyectos ha demostrado estar ligado al rigor y profundidad de las operaciones de descontaminación a que debe ser sometido el material procesado.

Cuando la materia prima para este proceso está constituida por residuos recolectados convencionalmente su calidad, y consecuentemente la del compost resultante, crecerá en la medida de que sea sometido a procesos de selección y eliminación de componentes peligrosos o no compostables.

En una primera operación deben abrirse las bolsas de residuos, ya sea manual o mecánicamente. Luego las bolsas abiertas se hacen pasar frente a los seleccionadores, que separarán los materiales reciclables por un lado y los indeseables o peligrosos por otro. (Ver Gráfico 6)

El material restante puede luego ser molido, e incluso cernido o sometido a operaciones de eliminación de restos metálicos (mediante dispositivos magnéticos).

Para compostar RSU mezclados es empleado el método usual de dos etapas: fermentación y maduración y, en nuestro país, es frecuente el agregado de lombrices durante la segunda.

En general se utiliza el método de disposición en hileras con volteado periódico, en el cual la masa de orgánicos, desprovistos ya de la mayor parte de los materiales contaminantes (y eventualmente molido y cernido) son colocados en hileras de aproximadamente 1 m. de alto, con un ancho que generalmente no excede los 2 metros y un largo que, si el volteo es manual, estará interrumpido cada 5 o 6 metros para facilitar esta operación.

En el caso de aireado de pilas estáticas, estas guardarán una relación similar a lo antes mencionado entre su alto y ancho, pero un factor crítico a lograr será la distribución uniforme del aire a todo lo largo de la pila. En general las pilas se cubren con una capa de 15 a 20 cm. de pasto o compost ya curado para controlar los olores y mantener la temperatura.

Si se absorbe aire a través de la pila, este puede hacerse pasar a través de un compost curado que actuará como filtro para el olor.

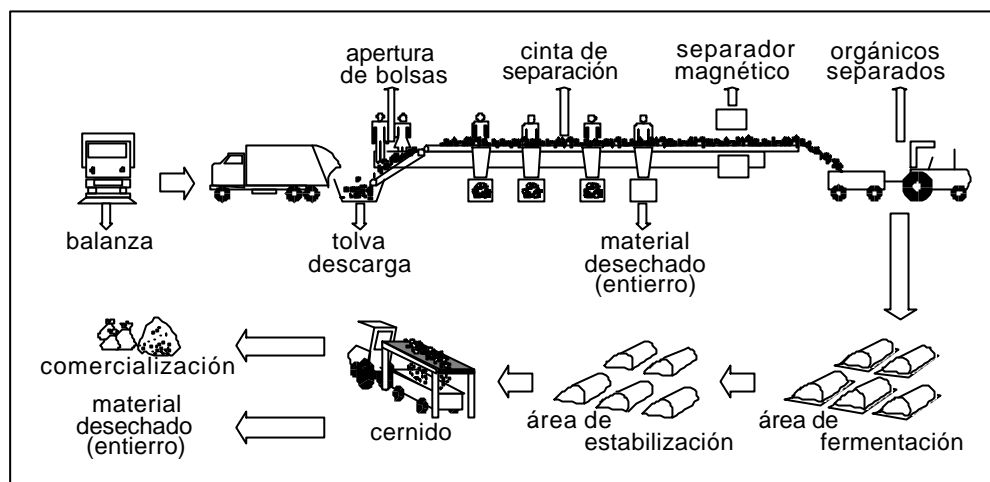
Si, en cambio, se sopla aire a través del material, hay más posibilidades de generar problemas de olor.

El método de pilas aireadas estáticamente permite disponer de material listo para la etapa de estabilización en el término de 6 a 12 semanas y en su configuración y operación pueden considerarse variantes como las de armar las pilas entre divisiones que la limiten, generalizar el ingreso de aire a todo el piso o uniformar la producción del compost mediante mezclados periódicos del material.

Cuando se completa la etapa de estabilización el compost entra en el tramo del proceso donde se lo somete a uno o dos operaciones de cernido y, eventualmente, a una nueva molienda.

GRAFICO 6

Esquema de Planta de compostaje para un Municipio Pequeño/Mediano



Fuente: Fundación Senda / Basura Municipal – ADAN.

### 5.3. CARACTERISTICAS DE LOS COMPOST SEGÚN SU ORIGEN

Cuando se consideren los usos a que puedan ser destinados tanto el compost producido a partir de residuos orgánicos separados en origen (residencial o comercial) como el obtenido a partir de los materiales orgánicos contenidos en los RSU mezclados deberán tenerse en cuenta sus potenciales efectos sobre plantas, ganado, fauna silvestre y seres humanos.

En primer lugar deberá determinarse la presencia en los productos a comercializar, de compuestos de metales pesados (particularmente plomo, ver Cuadro 7)) y otros compuestos orgánicos tóxicos.

CUADRO 7

Determinaciones (varias fuentes\*) de metales pesados en el compost según el origen de los materiales orgánicos utilizados (mg/Kg)

Metales pesados	Compost a partir de orgánicos seleccionados y separados en origen.	Compost a partir de la separación en origen según los criterios de húm/secos u org./inorg.	Compost a partir de los orgánicos contenidos en los RSU mezclados y separados en planta.
Cadmio	0,8	2-20,0	7-13,0
Cromo	29,0	20,0	180,0
Cobre	43,0	173,0	600,0
Mercurio	0,2	0,7-3,0	1,6
Plomo	76,0	42,0-158,0	64-800,0
Níquel	7,0	17,0	110,0
Zinc	235,0	395,0	1700,0

\* Los valores o rangos de valores mostrados en este cuadro incluyen mediciones citadas por la EPA (EPA 530-R-95-023) y determinaciones locales (cadmio, plomo y mercurio) realizadas por los proyectos de compostaje de los Municipios de Arata, Intendente Alvear, E. Castex y Gral. Guido, todos de la Provincia de La Pampa).

El cuadro precedente muestra valores crecientes de concentración de metales pesados cuando se comparan los compost obtenidos a partir de materia orgánica separada en

*Del compostaje*

origen (según normas que se indican al generador) con aquellos producidos a partir de los orgánicos separados en origen según el simple criterio de húmedo/seco (ver Capítulo IV) u orgánico/inorgánico y especialmente, respecto de los obtenidos a partir de RSU mezclados.

Estos valores crecientes deben ser considerados, sin embargo, más como reveladores de una tendencia que como característicos de todos los productos obtenidos según estos diferentes métodos de compostaje.

Esto se debe a que los ensayos realizados pueden mostrar grandes variaciones de concentración de metales pesados dentro de una misma partida (e incluso dentro de una misma pila) de compost.

El muestreo y el procedimiento de ensayo, sobre todo de los compost procedentes de RSU mezclados, deben en consecuencia, ser planeados y ejecutados muy cuidadosamente a fin de que sus conclusiones conduzcan a determinar que cambios deberán hacerse, ya sea en la clasificación del material o en las etapas del compostaje, para evitar estos problemas de contaminación y poder obtener un compost de alta calidad y amplias posibilidades de uso.

# CAPITULO VI

---

## *Costos & beneficios de un proyecto de valorización*

*Independientemente de que un programa de reciclaje/compostaje sea operado municipal o privadamente el mismo deberá ser conducido como un negocio.*

*Si bien los programas comunales pueden contar con algún grado de colaboración voluntaria por parte de los residentes, deben básicamente asentarse sobre mano de obra entrenada y desarrollar una estructura institucionalizada dentro de la comunidad, ya sea que se trate o no de una operación con fines de lucro.*

**1. PRESUPUESTO Y FINANCIACION DEL PROYECTO**

El funcionamiento de una Planta de Recuperación de Residuos (PR) es similar a cualquier Planta Industrial, y por tanto la estimación de variables económicas puede hacerse de la misma manera aunque deberán tenerse en cuenta; algunas características particulares que presentan estos emprendimientos.

Se cuenta con diferentes herramientas para hacer esta estimación, encontrándose particularmente útiles aquellos diseños hechos para evaluar la viabilidad de Proyectos de Inversión. En el Cuadro 1 se citan algunas Guías de Formulación de Proyectos publicadas por Organismos Oficiales. Se encontrará que estos trabajos presentan diferente grado de sofisticación en el análisis, y también diferencias en la cantidad de información requerida.

**CUADRO 1**

Guías para formulación de Proyectos

- Guía para Microempresas Industriales. Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.).
- Guía línea Promecom I Industrial. Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.).
- Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Residuos Sólidos. Subsecretaría de Vivienda – Secretaría de desarrollo Social – Presidencia de la Nación

Fuente: Fundación Senda.

**1.1. PRESUPUESTO**

La información desarrollada en los capítulos anteriores, servirá para preparar un presupuesto detallado del proyecto.

En este presupuesto se deberán estimar, tan ajustadamente como sea posible, el personal, equipamiento, edificios y demás gastos previstos.

De él surgirá el capital inicial de que deberá disponerse, el costo de operación previsto para la Planta de recuperación o compostaje y contendrá la estimación de los ingresos por ventas u otras fuentes.

En cuanto a este último punto, y considerando la volatilidad de los mercados de reciclables, será aconsejable realizar una estimación conservadora.

El presupuesto incluirá también los gastos asociados a la operación básica, tales como costos de publicidad o promoción, seguros, equipamiento de oficina, utensilios y trabajos de mantenimiento.

Si se considera más de una alternativa deberán prepararse presupuestos separados para cada una de ellas: por ejemplo una comunidad (o un grupo de ellas actuando cooperativamente) puede comparar el disponer de un edificio único o dos o tres más pequeños. Para el mismo caso podría considerarse la creación de puntos de transferencia para enviar cantidades pequeñas a una Planta de Recuperación central.

De la misma forma la compra de un equipo mecánico determinado podrá compararse contra una alternativa de mayor utilización de mano de obra.

Así, aun en los casos en que el costo no fuese la principal razón que origina la adopción del proyecto, su comparación y disposición puede ayudar a elegir entre dos opciones.

**1.2. FINANCIAMIENTO**

Los ingresos por venta de los materiales recuperados suelen ser insuficientes para cubrir los costos de un proyecto.

De esta manera muchos municipios requerirán de otras alternativas de financiamiento, algunas de las cuales podrán utilizarse también como incentivo para el reciclaje como ser el cobrar a los residentes por el servicio de recolección sobre la base de la cantidad de basura generada.

Estos sistemas evidencian a cada generador el costo de generar residuos motivándolo a reducirlos mediante la modificación de sus hábitos de consumo y la práctica del reuso y la separación de los materiales reciclables cuya recolección, por otra parte, deberá suministrarse gratuitamente o a bajo costo, transfiriendo este costo al de la recolección de los residuos no reciclables.

## 2. CALCULO DE INVERSION INICIAL, COSTO OPERATIVO, INGRESOS Y BENEFICIOS

Las comunidades enfrentarán dos tipos de costos en la implementación de un proyecto de valorización de RSU: la *inversión inicial* (o costo de capital) y los *costos de operación y mantenimiento*.

El *costo de capital* está constituido por gastos puntuales que incluyen el equipamiento (por ejemplo: vehículos, cintas transportadoras, molinos y prensas), el predio y la construcción o mejoras de los edificios a utilizar.

Estas inversiones pueden ser tomadas como gastos a ser realizados por única vez o ser amortizados durante el período de vida útil del equipo.

Los *costos de operación* son los gastos regulares que incluyen ítems tales como el alquiler de equipos o su mantenimiento, mano de obra, gastos administrativos, etc. Y pueden separarse en cuatro categorías básicas: gastos de recolección, de procesamiento y comercialización, de administración y de educación/difusión.

En las páginas siguientes se presenta un esquema de cuantificación de los ítems que intervienen en la instalación y operación de una planta de valorización de RSU (reciclaje y compostaje). El abordaje pretende ser abarcativo de todas las situaciones posibles por lo que, para algunos casos concretos habrá ítems que deberán obviarse.

### 2.1. INVERSIÓN INICIAL (II)

Las opciones a elegir en instalaciones y equipamientos pueden ser muy variadas. Anteriormente se han descrito diferentes alternativas, y quien deba adoptarlas podrá seleccionar las más adecuadas para su proyecto.

Algunos municipios dispondrán de terrenos aptos y otros deberán adquirirlos. Podrá aprovecharse la maquinaria vial disponible para el acondicionamiento del terreno. Los caminos internos y otras áreas de hormigón pueden hacerse con personal, materiales y equipos municipales.

Esto puede extenderse al diseño general de la planta y a las distintas dependencias de la misma. Conviene destinar una parte del gasto inicial a una adecuada parquización, disponiéndose también de personal y elementos del municipio para este fin.

En el caso de equipos específicos existen proveedores nacionales (ver Cuadro 1) que los han desarrollado mientras que otras máquinas pueden hacerse en los talleres municipales, (por ejemplo una prensa hidráulica multipropósito construida con el cilindro de un camión volcador en desuso, **Esperanza**, Prov. de Santa Fe).

Estos ítems (ver Cuadro 2) constituirán el *activo fijo*, siendo conveniente cuantificarlos en detalle. Incluso cuando no constituya un desembolso de dinero en efectivo por haberse utilizado materiales o servicios municipales.

## CUADRO 2

Items que conforman el Activo Fijo:

<b>Obra civil:</b> Compra de terrenos. Nivelación de terrenos y acondicionamiento. Construcción de caminos internos y playas de descarga. Construcción de edificios. Parquización.	
<b>Instalaciones auxiliares:</b> Subestación transformadora 380V. Instalación eléctrica interna hasta tablero general. Tablero general. Iluminación exterior e interior (incluyendo luminarias). Instalación eléctrica hasta equipos. Instalación de provisión de agua (captación, tanque, bombas, cañerías para limpieza y riego). Cámara séptica y sumidero de líquidos cloacales. Instalación de captación y tratamiento de lixiviados. Previsión y distribución de combustibles.	
<b>Equipamiento:</b> Prensa. Balanza fija. Báscula móvil. Vehículos y movilidad interna: Camión volcador. Tractor. Motoelevador. Pala mecánica. Molino para plásticos. Triturador. Chipeadora. Cintas transportadoras. Separador magnético. Carro remolque con lateral volcable. Contenedores metálicos. Pallets. Carritos de empuje. Equipo de oficina.	
<b>Honorarios profesionales:</b> Por las tareas de diseño, construcción y puesta en marcha de la Planta.	

Fuente: Fundación Senda.

Por otra parte deberá hacerse una previsión para aquellos desembolsos que sean necesarios para asegurar la puesta en marcha de la planta de modo adecuado -por ejemplo: combustible, vestimenta del personal, etc.-. Llamaremos a esto *capital de trabajo*. Si además es necesario efectuar una *capacitación* previa del personal involucrado en la operación de la PR, esto debe cuantificarse en términos de dinero.

Puede ser conveniente hacer un cronograma de estas inversiones, distribuyendo estas por períodos de tiempo (meses, trimestres, años, etc.).

En el caso de adquirirse equipamiento más sofisticado esto redundará en una disminución del costo de mano de obra. Sin embargo debe considerarse con detalle los costos de mantenimiento y de consumo de energía eléctrica. Por tanto será conveniente analizar en forma conjunta la *inversión inicial* con los *beneficios*.

En consecuencia la **inversión inicial** estará integrada como sigue:

Rubro	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre
Activo fijo				
Capital de trabajo				
Capacitación				
<b>Total Inversión inicial</b>				

## 2.2. COSTO OPERATIVO (CO)

Del mismo modo que en la inversión inicial, deberían cuantificarse todos *los costos operativos*, aun cuando se empleen, para algunas labores, medios municipales (personal, vehículo, etc.)de los siguientes:

**CUADRO 3**  
Items que conforman el Costo Operativo

<b>Mano de obra:</b> <b>Producción:</b> Personal de diferentes categorías, incluyendo cargas sociales, S.A.C., etc.	
<b>Mano de obra - administración:</b> Personal de diferentes categorías, incluyendo cargas sociales, S.A.C., etc.	
<b>Mano de obra – comercialización:</b> Si hubiera labores específicas.	
<b>Insumos:</b> Hilos, lubricantes, elementos de protección personal, provisión de lombrices, etc.	
<b>Energía eléctrica.</b>	
<b>Combustible:</b> Gasoil o GNC para vehículos, otros combustibles usados.	
<b>Mantenimiento:</b> Previsión de mano de obra y repuestos para este fin.	
<b>Seguros:</b> Por incendio, vendaval o contra terceros en edificios, equipos, vehículos y accidentes de trabajo.	
<b>Habilitaciones - costo anual:</b> Municipales, Provinciales y/o Nacionales.	
<b>Impuestos:</b> Si corresponde a los Ingresos brutos, Ganancias, Automotores, Inmobiliario, Activos, Otros.	
<b>Alquileres:</b> De instalaciones o vehículos.	
<b>Servicios:</b> Provisos por terceros.	
<b>Capacitación:</b> Del personal existente o a incorporar.	
<b>Relaciones Institucionales:</b> Campañas de difusión, atención de visitas, colaboraciones, etc.	
<b>Gastos administrativos:</b> Papelería, teléfono, correo, insumos de oficina, etc..	
<b>Gastos de comercialización:</b> Fletes, comisiones, embalaje, trabajos de carga de vehículos, etc.	
<b>Gastos financieros:</b> Intereses y cuotas de capital por créditos solicitados.	
<b>Amortizaciones:</b> Previsión anual acorde con el desgaste esperable de equipos, rodados e instalaciones.	
<b>Otros gastos.</b>	
<b>TOTAL COSTO OPERATIVO MENSUAL/ANUAL</b>	

Fuente: Fundación Senda.

### 2.3. INGRESOS DE LA PR (IG)

Los ingresos por ventas de una PR estarán dados en parte por la venta de aquellos materiales incorporados por el programa de trabajo previsto. Aun cuando todos los materiales se reciclen desde el momento inicial, debe preverse la estacionalidad de la demanda.

Además puede haber ingresos por el cobro de un canon por el servicio de tratamiento prestado. En el caso de un operador particular, el desembolso lo haría el municipio contratante. También puede haber ingresos provenientes por el tratamiento de descargas de otros municipios o de particulares.

#### CUADRO 4

Items que constituyen los Ingresos de la PR:

<b>Canon por servicios de tratamiento de residuos sólidos urbanos.</b>		
<b>Tasas por tratamiento de residuos de otros orígenes.</b>		
<b>Ventas de:</b>	materia orgánica (compost/abono)	
	chatarra	
	aluminio/hojalata/otros metales	
	vidrio (roto, botellas, frascos)	
	papel/cartón	
	PET	
	PE (Polietileno)	
	Otros plásticos	
	Trapos/Otros materiales	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		

Fuente: Fundación Senda.

### 2.4. BENEFICIOS (BF)

Una importante diferencia que presentan las PR frente a una industria convencional, es que el hecho de que el beneficio –calculado a partir de la confrontación directa de costo operativo e ingresos- sea negativo, no implica que la planta sea inviable. En primer lugar por el sentido amplio con que debiera evaluarse el beneficio ambiental y social, no siempre fácil de cuantificar en términos de dinero.

Luego porque ese resultado, frecuentemente negativo, debe ser balanceado con el costo operativo que implicaba el procedimiento de disposición de residuos que se está reemplazando (basural, relleno controlado o quema).

De esta forma puede llegarse a diferencias negativas, nulas o positivas por esta razón, mientras que mucho se ha avanzado en el conocimiento de la ecuación económica del reciclado, la pregunta ¿cuál es el punto de equilibrio a partir del cual un proyecto de reciclaje rinde beneficios?, aún debe responderse haciendo varias consideraciones previas.

En primer lugar el beneficio financiero de cualquier proyecto de reciclaje dependerá en gran medida del impredecible precio de los materiales reciclables.

Un proyecto de reciclaje promedio debería haber resultado levemente negativo con los precios deprimidos del año '93 y hubiera dejado una pequeña utilidad con los altos precios del año '95 para volver a los números rojos en 1998.

Si, por otro lado, ese proyecto está especialmente bien manejado o compitiera con altos costos de disposición final podrá conducir más probablemente a saldos favorables para el reciclaje. Aceptado que el reciclaje es deseable desde el punto de vista del medio

ambiente resulta que los proyectos municipales son un medio valioso para llevarlo a cabo económicamente (esto es, sin aumento de los costos corrientes o aún teniendo que soportar un moderado aumento del mismo ya que, en una comunidad progresista, la decisión de hacer hoy un pequeño gasto para preparar un futuro mejor es lógica y comprensible).

La consideración exclusiva de que el reciclado es deseable porque deja utilidades nos hace correr el riesgo de perder de vista las razones relacionadas con el cuidado del ambiente y, por otro lado, una visión demasiado estrecha sobre los beneficios hace depender al futuro del proyecto del volátil mercado de los materiales reciclables.

En otras palabras: *es importante persistir en el esfuerzo de hacer del reciclado una operación tan económica como sea posible sin perder de vista las demás razones que hacen de la recuperación en método preferible a cualquier otra forma de disposición final de RSU:*

### 3. EJEMPLO DE APLICACIÓN LOCAL

Las variables económicas antes descriptas se muestran calculadas para el caso de la localidad de **Intendente Alvear** (Prov. de La Pampa) que con una población de 7000 habitantes genera aproximadamente 95 Tn/mes (3-3,5 Tn/día) de RSU que llegan a la planta de recuperación ya separados en origen.

La inversión inicial se realizó en los años 1994/95 y su detalle es el siguiente.

#### Ejecución del Proyecto - Costo Planta de Clasificación

<b>Movimiento de suelo</b> Nivelación y acondicionamiento del terreno.	
<b>Forestación</b> Cercos perimetrales de cipreses.	\$ 1.200.-
<b>Infraestructura básica</b> Red de agua: torre, tanque elevado y cañerías. Red eléctrica: energía trifásica.	\$ 3.000.- \$ 2.500.-
<b>Obra civil</b> Galpón de selección con plataforma de descarga. Galpón para almacenaje y veredas perimetrales (ambos galpones 10 x 20 mts.) Boxes de acopio para residuos inorgánicos. Office p/refrigerio y sanitarios p/higiene del personal. Plataforma H° A p/descarga residuos transp. Por vecinos.	\$ 30.000.- \$ 30.000.- \$ 5.000.- \$ 6.000.- \$ 3.000.-
<b>Equipamiento de la planta</b> Prensa hidráulica (30 Tns. – Motor 5 HP). Trituradora de plásticos (Motor 25 HP): Saranda de compost y abono. Volqueta p/traslado orgánico a cunas de compostaje. Acopiador p/3.000 Kgs. P/traslado residuos a incinerar. Pick-Up Ford modelo 1982 Diesel. Camión Ford 7000 Mod. 1982 volcador (recolección). Motorrociadora (Fumigación del predio). Carretillas y herramientas menores.	\$ 10.527.- \$ 4.462.- \$ 4.521.- \$ 3.500.- \$ 2.500.- \$ 11.000.- \$ 17.000.- \$ 2.800.- \$ 1.200.-
<b>TOTAL II</b>	\$ 138.210.-

Mientras que los costos operativos mensuales reportados son:

<b>Costo Operativo</b>	<b>Pesos</b>
Mano de obra – Producción (9 operarios)	\$ 4.146,00
Mano de obra – Administración.*	
Mano de obra – Comercialización.*	
Insumos.	\$ 568,00
Energía eléctrica.	\$ 203,20
Combustible.	\$ 188,61
Mantenimiento.	\$ 120,00
Impuestos.	\$ 107,00
Capacitación.	\$ 80,00
Gastos de comercialización.	\$ 350,00
<b>Total Costo Operativo (mensual)</b>	<b>\$ 5.762,81</b>

\* Tareas adicionales a funcionarios del plantel regular del municipio.

Los ingresos están limitados al producto por la venta de los materiales recuperados, orgánicos e inorgánicos, ya que se trata de una operación municipal que trata únicamente sus propios residuos (aunque el lo sucesivo se estará articulando con un plan provincial –CO.PRO.BA.-, ver páginas 35/36).

<b>Canon por servicios de tratamiento de residuos:</b>	0,00
<b>Tasas por tratamientos de residuos de otros orígenes:</b>	0,00
<b>Ingresos por venta reciclables :</b>	
Vidrio (botellas)	\$ 327,18
Vidrio molido	\$ 234,96
Frascos (tomates)	\$ 38,47
Hojalata	\$ 95,15
Aluminio	\$ 250,83
Trapos	\$ 39,87
Papel-cartón liso	\$ 216,61
Cartón corrugado	\$ 391,33
Chatarra	\$1.042,54
Mat. Org. /compost)	\$ 844,58
Mat. Org. (abono)	\$ 833,33
<b>Total ingresos (I)</b>	<b>\$4.314,85</b>

En base a estos valores de costo operativo e ingresos, se desprende un resultado negativo de la operación.

Costo operativo mensual planta de recuperación (CO)	\$ 5.462,83 (-)
Ingreso mensual promedio (IG)	\$ 4.314,85 (+)
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.447,96 (-)</b>

Sin embargo si consideramos que el costo operativo del basural a cielo abierto que servía a **Intendente Alvear** antes de implementarse el proyecto de valorización era el que se detalla a continuación.

<b>Costo operativo</b>	<b>Pesos</b>
Combustibles	
Nafta (45l- x mes)	\$ 40,50
Gasoil (120l. X mes)	\$ 33,60
Ropa	
Equipos	\$ 20,52
Botas	\$ 15,35
Guantes	\$ 24,00
Sueldo	
Personal (4 operarios)	\$ 1.600,00
Otros	
Arreglo cubiertas	\$ 100,00
Horas palas (8)	\$ 240,00
Motoniveladora (4)	\$ 180,00
<b>Total Costo Operativo</b>	<b>\$ 2.253,97</b>

Se concluye que el costo del sistema actual (\$ 1.447,96) es menor al de sostener la operación anterior (\$ 2.253,97) sin hacer mención de los beneficios que se han obtenido en términos de eliminación de contaminación ambiental y visual, generación de nuevos empleos (ver Cuadro 5), satisfacción pública y aprobación y participación de la comunidad.



## CUADRO 5

Cantidad de RSU tratados y procesos realizados en relación con el personal ocupado - Algunos casos locales\*

Planta	Operación	Cantidad de material (1)	Recibe el material:	La Planta clasifica y procesa						Recibe residuos patológicos y opera horno pirolítico	Personas ocupadas (2)	Relación Tns/pers. (3)	Relación pers./Tns (3)
				Orgánicos	Papel Cartón	Plástico	Aluminio	Vidrio	Otros				
Intendente Alvear (La Pampa)	M	3/3,5 Tn	Separado en origen	x	x	x	x	x	x	Si	9	0,38 Tn/p	2,5 p/Tn
General Pico (La Pampa)	M	22/26,5 Tn	Mezclado	x	x	x	x (*3)	x	x	Si (*4)	57 (*5)	0,46 Tn/p	2,1 p/Tn
Dolores (Buenos Aires)	P	35/40 Tn (*1)	Mezclado	x	x	x	x	x	—	No	20	1,75 Tn/p	0,6 p/Tn
Caleta Olivia (Santa Cruz)	P	25/30 Tn	Mezclado	—	x	—	x	x	x	No	20	1,25 Tn/p	0,8 p/Tn
Laprida (Buenos Aires)	M	6 Tn	Separado en origen (*2)	x	x	x	x	x	x	Si	13	0,46 Tn/p	2,1 p/Tn
Esperanza (Santa Fe)	M	8 Tn	Separado en origen (*2)	x	x	x	x	x	x	Si	18 (*5)	0,45 Tn/p	2,25 p/Tn
Trenque Lauquen (Buenos Aires)	M	24 Tn	Separado en origen	x	x	x	x	x	x	Si	65 (*5)	0,36 Tn/p	2,7 p/Tn

### Notas:

\* Los valores que aparecen en esta tabla deben ser considerados cuidadosamente para que no conduzcan a conclusiones equivocadas. Todos ellos han sido obtenidos de los responsables de las operaciones pero no reflejan necesariamente la misma calidad de procesamiento, similares instalaciones o condiciones de trabajo ni permiten, a priori, inferir directamente el costo de la tonelada procesada.

**M:** Municipal - **P:** Privada

(1) Total que ingresa diariamente a la planta para ser clasificado, procesado o compostado.

(2) En total: clasificación + procesamientos + administración.

(3) Toneladas clasificadas y procesadas (incluido compostaje) o dispuestas (incinerada o enterrada) y personas ocupadas (consideradas todas las funciones: oper.

(\*1) Al 7/99 (la planta deberá operar 90/100 Tn.).

(\*2) Aproximadamente 80 % separado, 20 % mezclado.

(\*3) Lo funde en lingotes.

(\*4) Próximamente.

(\*5) Parte con una jornada reducida en base a un plan especial de ocupación.

Fuente: Fundación Senda.

# CAPITULO VII

---

## *Del relleno sanitario*

*Si bien el relleno sanitario –la disposición de RSU bajo tierra a través de su confinamiento, estanco, en capas cubiertas con material inerte o tierra según criterios de ingeniería de modo de minimizar el deterioro ambiental y la salud pública- a perdido la condición de solución optima y universal que ostentó durante las décadas del '70 y '80, sigue siendo un recurso necesario como componente de un sistema integrado de manejo de RSU.*

*El mismo proveerá una forma adecuada **de disposición para aquella fracción de los residuos que no pueda ser reducida, reciclada o compostada o que ha quedado como resto irreducible de esos procesos.***

*Obrará además, como pulmón de emergencia en el caso en que, alguno de los otros procesos sufra una interrupción temporal por lo que el dimensionamiento del relleno deberá preverse atendiendo a esta doble función.*

*Independientemente de las normas, constructivas o referentes a su localización, a nivel de localidades o provincias, este capítulo provee información sobre aspectos básicos de rellenos sanitarios nuevos o la adaptación de los basurales existentes.*

## 1. CANTIDAD Y TIPO DE MATERIAL DESTINADO AL RELLENO SANITARIO (RS)

El relleno sanitario jugará, dentro de la estrategia integral del manejo de los RSU un primer papel en cuanto a receptor de aquella fracción de residuos para los que aun no se dispone de un método viable de valorización.

Esta falta puede deberse a la inexistencia –o el costo- de la tecnología necesaria (por ejemplo cubiertas de neumáticos, algunos plásticos) o a la falta de mercados donde ubicar el material recuperado en condiciones que justifiquen la operación.

En la práctica se verifica, además, que muchos de estos materiales vienen formando parte de productos complejos o combinados con otros de naturaleza peligrosa.

- Interruptores y aparatos de medición (mercurio).
- Termómetros (mercurio).
- Pilas y baterías (mercurio, plomo, cadmio).
- Algunos papeles y cartones (contaminación orgánica/cadmio).
- Aerosoles (por su contenido remanente).
- Envoltorios y embalajes (plomo).
- Cerámica (plomo).
- Lámparas de neón, fluorescentes, de arco de mercurio (mercurio).
- Productos farmacéuticos (mercurio.).

La segunda categoría de materiales que tendrá destino en el relleno sanitario está constituida por los residuos de los procesos de valorización de aquellos otros materiales que si han podido ser recuperados (por ejemplo, en algunos compostajes: pañales y el residuo de los tamizados del compost).

Las fracciones de materiales cuyo origen se describió arriba –más aquellos que circunstancialmente deban derivarse al relleno por problemas en las operaciones de recuperación o por otros motivos- compondrán el conjunto de los materiales para los cuales debe ser previsto el relleno sanitario.

En la Argentina, con las presentes condiciones del mercado y las características de las actuales instalaciones de recuperación, el material que debe ser dispuesto vía relleno sanitario alcanza aproximadamente un tercio del total de los residuos que ingresan a las Plantas.

Si bien, en la redacción de este Manual, se ha tratado, en cuanto a lo que porcentajes y rendimientos se refiere, de evitar la comparación con los valores internacionales, es evidente que la proporción de residuos que, en las operaciones locales, se envía al relleno (en algunos casos se incinera) es alta respecto de las reportadas en otros países (15 %) aunque se alinee con las de algunas economías de nuestra región (Brasil y Venezuela informan un 30-35 % de material descartado).

La disminución de esta porción desechada se logrará, precisamente, mediante el aumento de la difusión y eficiencia de las operaciones de valorización en todas sus etapas (separación, recolección, selección, procesamiento y utilización del material recuperado).

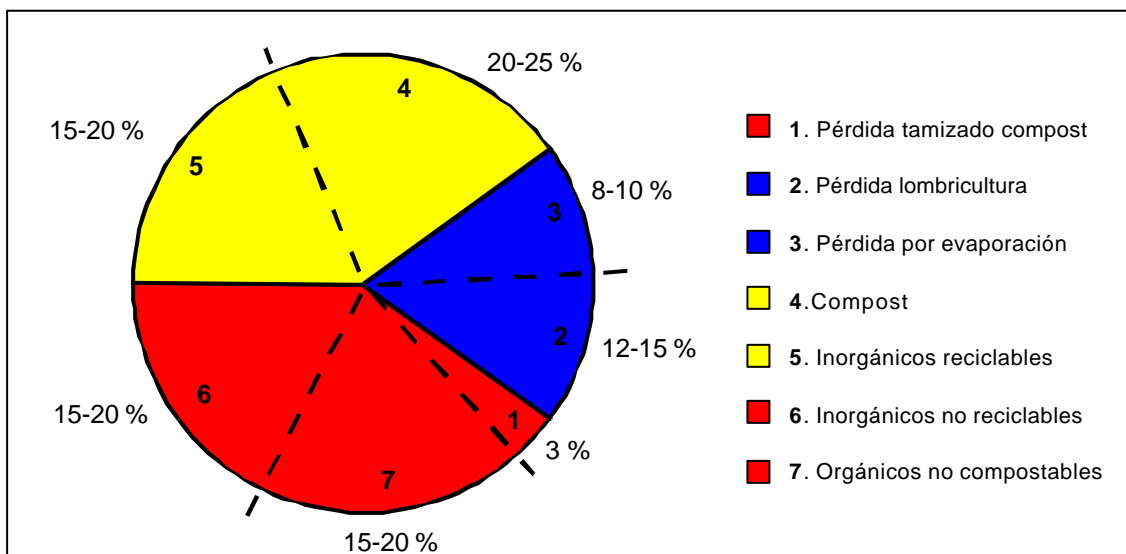
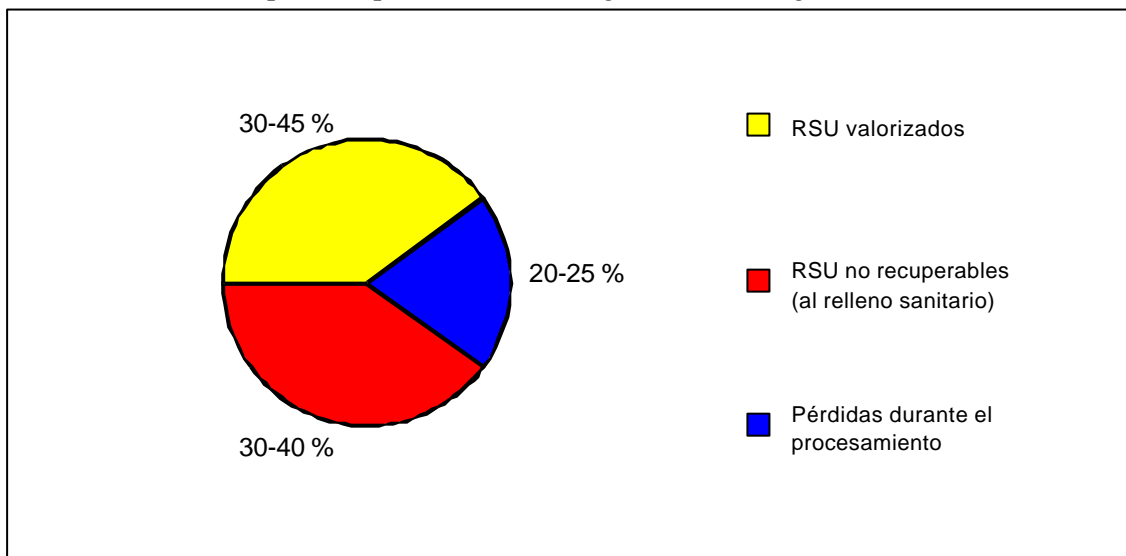
Pasos concretos en este sentido deberán, por lo tanto, ser dados en:

- Divulgar las operaciones de separación a partir del generador (en origen, residencial o comercial, en puntos fijos de recolección, etc.).

- Optimizar el rendimiento de las operaciones de recolección de los residuos y su posterior separación en Planta (en términos de material recuperado).
- Encontrar procesos, de recuperación económicamente viables, para algunos materiales que hoy se desechan.
- Desarrollar mercados que quieran utilizar los materiales recuperados ya sea por tener un precio conveniente o por ser alternativas aceptables de materiales vírgenes tradicionales.

**CUADRO 1**

Fracciones típicas generadas en una Planta de Recuperación de RSU en la Argentina  
(composición promedio 60% inorgánicos, 40% orgánicos)



Fuente: Fundación Senda.

## **2. ELEMENTOS CARACTERISTICOS DE UN RELLENO SANITARIO**

Los rellenos sanitario difieren mucho del simple enterramiento de residuos y sus actuales características reducen significativamente el riesgo de impactos adversos al medio ambiente.

En un relleno sanitario moderno los residuos quedan encapsulados entre los materiales de la cubierta superior y un sistema de membranas en fondos laterales lo que permite implementar sistemas de recolección y control de las emisiones líquidas y gaseosas.

### **2.1. CUBIERTA SUPERIOR Y MEMBRANAS LATERALES Y DE FONDO**

Esta cubierta deberá impedir la filtración de agua hacia el interior del relleno y controlar las emisiones de gas hacia la atmósfera.

También evitará el contacto de algún sector de los residuos con el exterior producto de la emisión de la cubierta final.

El sistema de membranas arcillosas y geosintéticas deberá permitir la recolección de los líquidos lixiviados y evitar la contaminación del suelo y agua bajo la superficie.

### **2.2. LIXIVIADOS**

Son los líquidos que, pasando a través del relleno o originados en él, contienen –en solución, suspendidos o mezclados con ellos- sustancias pertenecientes a los residuos. Los lixiviados generalmente fluyen hacia el fondo del relleno pero pueden también hacerlo lateralmente.

En el primero de los casos son recogidos por conductos colocados en el fondo a ese fin y luego recolectados por bombeo y tratados para neutralizarlos.

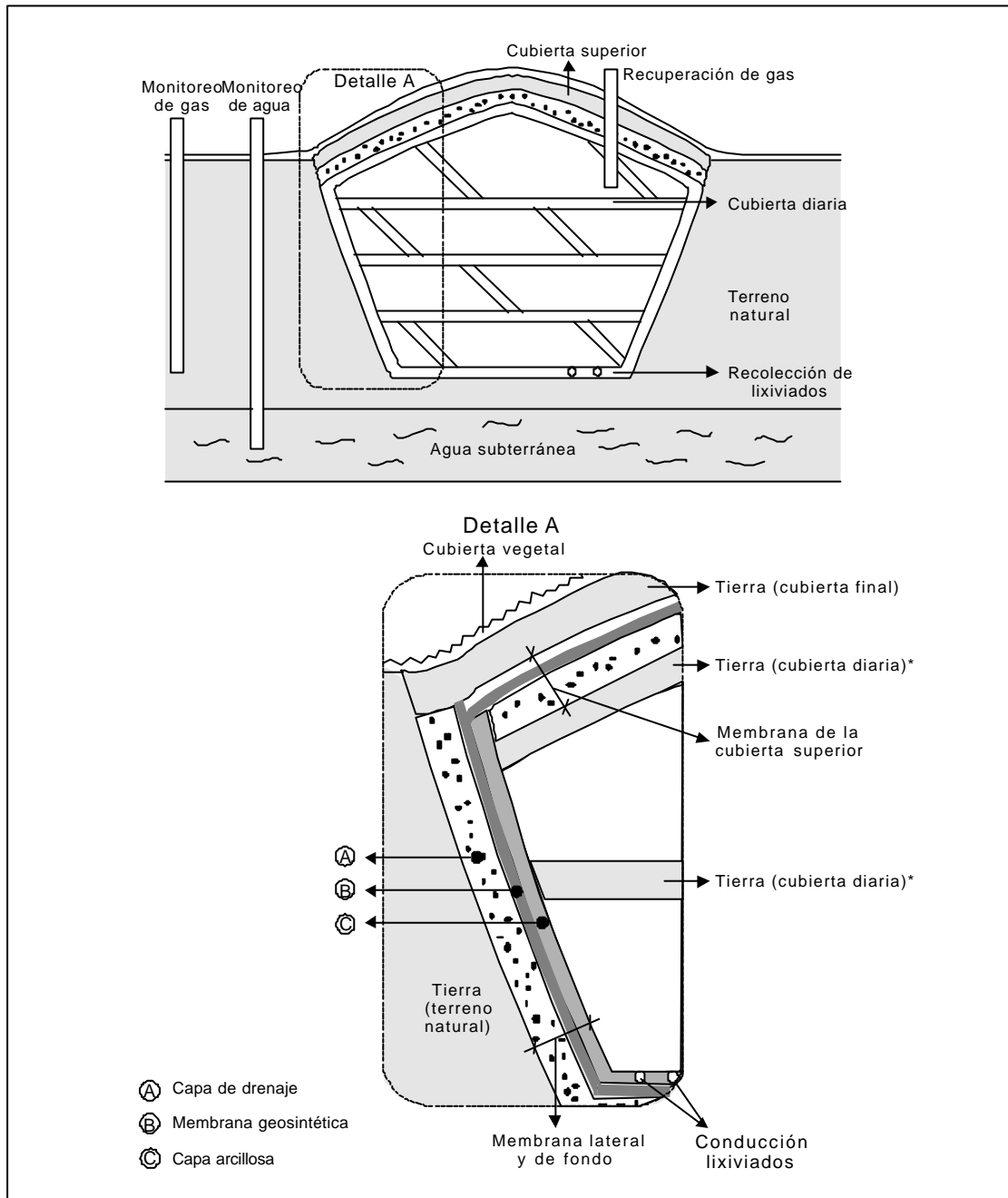
Aun así debe vigilarse su aparición en aguas subterráneas y terrenos próximos adonde llegan filtrándose a través de roturas e imperfecciones de la membrana.

### **2.3. GAS DEL RELLENO SANITARIO**

Generado por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos este gas es básicamente una mezcla de metano y dióxido de carbono. Puede ser recogido mediante conductos de material permeable o caños perforados para su posterior tratamiento o transformación en energía.

Debe monitorearse el terreno circundante al relleno para detectar la migración de estos gases fuera de los límites del relleno.

**GRAFICO 1**  
Elementos típicos de un Relleno Sanitario



FUENTE: O'Leary / Walsh – Universidad de Wisconsin

**\*Cubierta diaria:**

En general se recomienda cubrir las sucesivas descargas de residuos en un RS, con 15 cm. de tierra al final de cada día de trabajo. Este espesor es suficiente para evitar la exposición de la basura a las aves, insectos y roedores que representan las principales vías de transmisión de enfermedades a los humanos. Esta cubierta también reduce la exposición de materiales combustibles a fuentes de ignición, elimina olores y controla la voladura de residuos. Quitar de la vista la basura reduce también el cirujeo.

### **3. IMPLEMENTACION DEL RELLENO SANITARIO**

#### **3.1. ELECCION DEL SITIO**

Tomada la decisión de contar con un relleno sanitario para disponer la fracción no recuperable de los RSU generados en un municipio, este podrá considerar:

- 1) Si la ubicación, área disponible y estado de utilización del predio que actualmente está ocupando su basural serán, en principio, adecuados para alojar al nuevo sistema de disposición (ver Cuadro 2).
- 2) Si deben proponerse otros sitios.

En cualquiera de los dos casos existe una serie de prerequisites que la localización elegida deberá satisfacer para posibilitar el funcionamiento del RS.

##### **3.1.1. Selección de los sitios propuestos**

Al evaluar un sitio, los factores a considerar están relacionados con la salud, seguridad, accesibilidad, tipo de suelo que posee y capacidad de drenaje, proximidad a aguas subterráneas y superficiales, zonificación catastral, distancia de las áreas generadoras de residuos y uso de los terrenos adyacentes.

En términos generales, deben ser cumplidas las siguientes condiciones:

- El funcionamiento de un RS no deberá estar en conflicto con los demás usos de la zona.
- El sitio deberá estar bien comunicado y ser accesible en cualquier condición climática.
- Será posible disponer en él de una adecuada cantidad de tierra para cobertura de las descargas diarias.
- Su elección se habrá hecho con el consenso de la comunidad.
- La operación del RS en ese lugar no afectará recursos naturales que se desean preservar.
- Será lo suficientemente grande como para recibir los RSU previstos por un tiempo razonable (10 a 30 años).
- El costo de la fracción elegida no atentará contra el desarrollo de los demás aspectos, como ser: desarrollo y operación de la Planta, su cierre y posibles costos de remediación.
- La elección del sitio se hará considerando la conexión entre su funcionamiento y el de las operaciones de reciclaje/compostaje.

Un paso importante en la elección de la localización del RS será llevar a cabo una caracterización de los sitios propuestos, la cual se compone de dos etapas:

- La primera consiste en reunir toda la información disponible acerca del sitio en cuestión.
- La segunda corresponde a la investigación de campo, geológica e hidrológica.

Esta información permitirá determinar la profundidad de los acuíferos, formación geológica, drenajes, ubicación, calidad y dirección de flujo de las aguas subterráneas y características constitutivas del suelo.

**CUADRO 2**

## Adaptación del antiguo basural

Si finalmente se ha decidido utilizar el antiguo basural como sitio de implantación del RS, pueden darse dos situaciones en relación con la condición actual del área:

- 1) Área con zonas con basura antigua ya dispuesta (como relleno y en superficie) y otras zonas libres, todavía no utilizadas.
- 2) Área totalmente ocupada por la basura (en relleno y en superficie).

La norma que se debe adoptar, en cualquiera de los casos es la de continuar recibiendo residuos en una zona donde ya haya basura y preparar otra, libre o con basura antigua, para recibir basura nueva con criterios de relleno sanitario.

Luego de preparar un espacio suficiente para dar inicio a la operación del relleno sanitario, el área con basura antigua deberá ser tratada según los criterios técnicos que corresponden al relleno sanitario.

Al tiempo que se define la manera de operación en esta área se debe planificar la mejora de las vías de acceso de modo que los vehículos puedan transitar con cualquier condición climática.

Fuente: Basura Municipal – ADAN.

**3.2. PASOS A CONSIDERAR PARA LA IMPLANTACION DE UN RS**

En general, tanto en la elección del sitio como en la definición de las características del RS, deberán ser considerados los aspectos que se detallan a continuación:

- 1) Estimar el volumen requerido por el RS.
- 2) Considerar lo adecuado de los sitios propuestos (ver punto 3.1.1.).
- 3) Ajustarse a normas existentes de zonificación y uso de la tierra a nivel municipal y provincial.
- 4) Considerar el probable destino del sitio cuando se produzca su desafectación como relleno.
- 5) Establecer como será el sistema de monitoreo y manejo de lixiviados y gas.
- 6) Fundamentar el sistema de membranas y cubiertas a utilizar.
- 7) Prever los pasos a dar cuando se deba cerrar el RS y estimar el costo y financiamiento de esa operación.

**3.2.1. Estimación del volumen requerido por el RS**

Para poder determinar las dimensiones del RS proyectado, se requerirá la estimación de la cantidad y composición de los residuos a enviarse a él durante el período de vida previsto (ver Cuadro 2).

Dado que ese período de vida será usualmente de varios años (o aun décadas) deberá tenerse en cuenta el crecimiento probable de la población y de la actividad comercial/industrial asociada.

La capacidad del RS requerida para alojar las cantidades así estimadas, estará determinada por la densidad de la basura dispuesta.

Esta densidad del material en un RS (usualmente 600/700 Kg./m<sup>3</sup>) es muy variable, dependiendo de su composición, del contenido de humedad y del grado de compactación puede oscilar de 130 Kg./m<sup>3</sup> a 1800 Kg./m<sup>3</sup> (como referencia: en los rellenos ubicados en el conurbano bonaerense donde se disponen tanto los residuos de esas localidades como los de la Ciudad de Buenos Aires la densidad promedio es 900/1000 Kg./m<sup>3</sup>. En general solo los rellenos de pequeña escala y que carecen de elementos de compactación suficientes trabajan con valores de compactación inferiores a 500 Kg./m<sup>3</sup>).

Los rellenos más altos logran mayores densidades dado que el propio peso del material depositado compacta las capas inferiores.

Cuando la basura es volcada en el RS pierde la compactación que podía tener en el camión por lo que debe ser recompactada por la máquina destinada a amontonarla y emparejarla sobre la fracción del RS en que se está trabajando.

Las cantidades de tierra necesarias para cubrir las descargas diarias y para hacer la cobertura final deben ser agregadas en el cálculo del volumen final considerando que, en general, la proporción residuo cubierta de tierra será de 2:1 a 5:1 en términos de volumen.

Un último factor a considerar en el estimado del volumen del RS es el asentamiento de la masa, producido por el peso de las capas superficiales y a medida que se va produciendo la descomposición de los residuos.

Para residuos con un grado de compactación bueno (700/800 Kg./m<sup>3</sup>) puede estimarse que la superficie se retraerá hasta alcanzar un valor igual al 80/85 % del perfil original.

### **3.3. USO FINAL DEL SITIO**

El destino del sitio, posterior a su uso como relleno, debe también ser considerado durante la fase de planeamiento y toma de decisiones a fin de atender al mejor aprovechamiento de esos terrenos en el futuro. Aunque la mayoría de los rellenos son destinados a su uso posterior como parques naturales o recreacionales, podrán considerarse otros usos si se han mantenido eficientes condiciones de monitoreo de las aguas subterráneas, migración de gases y magnitud y localización de los asentamientos del terreno relleno.

La mejor estrategia es planear el eventual uso del lugar antes que el relleno sea operado, principalmente si se anticipa que se podrán ubicar construcciones dentro o en las inmediaciones del predio relleno.

En ese caso pueden anticiparse la ubicación de futuras estructuras (tendrán requisitos especiales para sus fundaciones), o instalaciones recreativas (pueden requerir de una topografía específica) o la instalación de sistemas de control de gas para la protección de futuros edificios.

Otras previsiones posibles de ser implementadas en función del uso planeado del sitio son:

- Espesor de la cubierta final del relleno.
- Pendiente del perfil del relleno que emerge del nivel del terreno circundante.
- Modificación de la relación residuo/material de cubierta (ver punto 1).
- Grado de compactación de los residuos.
- Uso de aditivos y cementos.
- Disposición selectiva de residuos.
- Reserva de determinadas áreas.
- No inclusión de determinadas áreas de composición geológica diferente.

Es importante, si algunas de estas previsiones deben ser realizadas, cuidar que las mismas sean compatibles con el plan de mantenimiento post-cierre del relleno, con los usos de los predios vecinos y con la limitada capacidad de los rellenos para soportar estructuras.

### 3.3.1. Lixiviados

Los residuos contienen en si materiales orgánicos susceptibles de descomponerse, a la par que nutrientes y organismos que promueven esta descomposición. El factor que condiciona esta capacidad de descomposición, que se lleva a cabo en los RSU, es usualmente la disponibilidad de humedad. El proceso de descomposición que se lleva a cabo en un RS es en general complejo, al igual que la composición del lixiviado y el gas productos de ese proceso.

El lixiviado es el líquido que ha pasado a través o ha emergido de la masa del material que constituye un RS y que, en consecuencia, contiene en solución, suspensión o mezclado con él, materiales provenientes de los residuos.

El ritmo de generación de este lixiviado depende de la cantidad de líquido contenido originalmente en los residuos (lixiviado primario) y de la cantidad que, por precipitaciones, entra al relleno a través de su cubierta o cae directamente sobre la masa de basura (lixiviado secundario).

Varios factores influyen en la generación de lixiviado de un RS:

- **Clima:** régimen de lluvias.
- **Topografía:** determina en buena medida la cantidad de agua que entra y sale del RS. El relleno debe constituirse en forma de favorecer la evacuación del agua caída fuera del relleno para reducir las infiltraciones en él. En general se recomiendan, para los rellenos ya cubiertos, pendientes de entre 2° y 7° (según el tipo de suelo que forma la cubierta) para evitar estancamientos.
- **Cubierta superior:** de su composición depende la cantidad de agua que penetre al RS para originar el lixiviado. En la actualidad se utilizan, para su construcción, suelos arcillosos de baja permeabilidad o membranas geosintéticas.
- **Vegetación:** la vegetación limita la infiltración de agua, interceptándola directamente y acelerando su evaporación. Una cubierta con una capa vegetal pobre esta más expuesta a la erosión que permitirá el ingreso directo de las precipitaciones en el RS.
- **Tipo de residuo:** residuos más húmedos generarán mayores lixiviados.

### 3.3.2. Lixiviado y contaminación de aguas subterráneas

El propósito de colocar una membrana que envuelva la masa de residuos del RS es evitar que el lixiviado migre del sitio y penetre en un acuífero.

Una membrana será, en consecuencia, una barrera hidráulica que impide (o restringe en alto grado) el paso de los líquidos dando así la posibilidad de que sean recogidos y tratados.

En la práctica, sin embargo, las membranas se dividen en:

- 1) Las que impiden el paso del lixiviado.
- 2) Las que absorben o atenúan los contaminantes presentes en el lixiviado, retardando así su migración a tierra u agua subyacentes.

Esta última capacidad de absorción o atenuación depende fundamentalmente de la composición química de la membrana y de su masa.

Algunos materiales actúan según ambos mecanismos, aunque en grados diferentes y dependiendo de la naturaleza del líquido a ser contenido.

Por otro lado las membranas pueden ser agrupadas en dos tipos:

- **Sintéticas** (membranas flexibles).
- **Naturales** (tierra o arcilla compactada, mezcla de tierra y bentonita, etc.)

Las membranas flexibles son las menos permeables pero tienen poca capacidad de atenuar los contaminantes disueltos en el lixiviado.

Las membranas naturales, por su parte, pueden tener buena capacidad de atenuar materiales de diferentes tipos pero son considerablemente más permeables que las sintéticas. Una combinación de ambas constituye las denominadas **membranas compuestas**.

Las membranas compuestas son siempre más efectivas que las de tipo único y brindarán mayor seguridad en el control de la migración del lixiviado ya que mientras la membrana flexible provee una efectiva barrera hidráulica, la natural actuará como soporte de la barrera sintética (y eventualmente de los elementos de algún sistema de recolección del lixiviado) previniendo roturas en la misma.

Estas membranas compuestas, entonces, estarán integradas por dos componentes: el superior constituido por una membrana flexible en contacto directo y uniforme con el suelo compactado que constituye el componente inferior.

Si la membrana flexible es de PEAD su espesor no debe ser inferior a 1,5 mm. Mientras que la membrana de suelo compactado no debe bajar de 60cm. de espesor y tener un valor de conductividad hidráulica inferior a  $1 \times 10^{-7}$  centímetros por segundo (ver Cuadro 3).

La recolección de lixiviado, por su parte, debe realizarse por un sistema que no permita una altura superior a 30 cm. del líquido acumulado en el fondo del relleno.

### CUADRO 3

#### Tipos de Membranas

- **Membranas arcillosas:**

Para lograr que la membrana de suelo arcilloso posea valores de permeabilidad inferiores a  $10^{-7}$  centímetros por segundo deberán realizarse previamente ensayos para determinar el contenido de humedad y el grado de compactación necesarios a alcanzar durante su construcción (algunas especificaciones constructivas típicas son: pendiente del fondo 4 %, pendiente de los laterales 3:1, compactación 95 %).

- **Membranas flexibles:**

La utilización de membranas flexibles puede obedecer a diferentes razones: evitar previsible filtraciones a través de la membrana arcillosa, minimizar la ocupación por las membranas del volumen de relleno disponible o reducir costos en aquellos casos en que el material adecuado para la construcción de membranas arcillosas no exista en la zona.

Al considerar la instalación de una membrana flexible debe verificarse su resistencia y compatibilidad con los residuos y su capacidad de permitir un buen sellado entre sus paños.

Por otra parte su instalación deberá hacerse sobre una superficie firme y uniforme para evitar cortes y roturas. El espesor típico de una membrana flexible es de 1 a 2 mm.

#### 3.3.3. Alternativa

Las normas argentinas tenderán, sin duda, a solicitar alguna combinación de membrana compuesta y tratamiento de lixiviados para los futuros rellenos sanitarios que se implementen el país.

Si, además, se siguen algunas tendencias internacionales podrán, como alternativas, permitir otros tipos de membranas a condición del monitoreo constante del terreno subyacente y, sobre todo, de las aguas subterráneas.

Esta alternativa especificaría que la concentración de contaminantes en las corrientes subterráneas, aguas abajo del RS no pueden exceder valores prefijados (ver Cuadro 4) en puntos ubicados hasta 150 m del límite del relleno. Esto deberá ser demostrado a priori de comenzar la operación del relleno mediante modelos de cálculo que, a partir de la prevista composición de los residuos a disponer, de la caracterización hidrológica del sitio, etc., pueden simular la disposición probable de contaminantes, tanto en concentración como en extensión.

Esta forma de determinación, sin embargo, tendrá, un amplio margen de incertidumbre al punto que los resultados que se obtengan durante la operación del RS podrán diferir ampliamente de las previsiones entre otras causas por un efecto que se describe a continuación.

La mayor parte de los rellenos existentes no poseen membranas de ningún tipo o poseen algunas que no pueden contener totalmente el lixiviado. Las sustancias que, contenidas en esos lixiviados, escapan por el fondo del relleno pueden sufrir una serie de reacciones, que las neutralicen o modifiquen, a medida que atraviesan el terreno subyacente en busca de las capas inferiores del suelo y de las aguas subterráneas.

Este proceso se denomina atenuación.

Por ejemplo, un lixiviado atravesando un suelo arcilloso puede dejar, en él, gran parte de los metales pesados que transportaba (tales como plomo, arsénico, cadmio y mercurio).

La capacidad de atenuación de cada suelo es diferente y además no todos los elementos o componentes de un lixiviado son igualmente proclives a ser separados total o parcialmente del mismo.

#### CUADRO 4

Contaminación de aguas subterráneas  
(concentraciones máximas)

Material	Límite máximo de concentración (mg/l)
Arsénico	0,05
Bario	1,00
Bencina	0,005
Cadmio	0,01
Carbón tetracloruro	0,005
Cromo (hexavalente)	0,05
2,4 Acido diclorofenolacético	0,1
1,4 Diclorobencina	0,075
1,2 Dicloroetano	0,005
1,1 Dicloroetileno	0,007
Endrina	0,0002
Fluor	4,0
Lindano	0,004
Plomo	0,05
Mercurio	0,002
Methoxy cloro	0,1
Nitrato	10,0
Selenio	0,01
Plata	0,05
Toxaphene	0,005
1,1,1 Tri cloro metano	0,2
Tri cloro etilico	0,005
2,4,5 Acido di cloro fenol acético	0,01
Cloruro de vinilo	0,002

Fuente: Fundación Senda / EPA 530 – R – 95 – 023.

Los impredecibles grados de contaminación de los componentes de un lixiviado agregado a la influencia de las condiciones climáticas y a la variable composición geológica del subsuelo harán extremadamente dificultoso predecir el grado de protección que proporcionará esta atenuación natural.

Resultado de estas limitaciones en los métodos de predicción de contaminación de suelos y aguas subterráneas, es que los nuevos RS prefieren incorporar medios para contener y controlar (extraer y neutralizar) el lixiviado dentro del emplazamiento del relleno.

### 3.3.4. Recolección y tratamiento de los Lixiviados

La efectividad de un sistema de recolección de lixiviados depende del diseño de la membrana y de los conductos de recolección, cuya disposición depende a su vez de las pendientes y topografía general del área.

La inclinación de la membrana de fondo deberá ser del 4 % o más, para promover el flujo del lixiviado hacia los conductos apoyados en el fondo del relleno (ver Gráfico 2). Estos conductos tendrán a su vez una inclinación mínima del 1 % para asegurar el movimiento de los líquidos.

Los conductos pueden estar simplemente apoyados sobre la membrana y deben ser accesibles desde sus extremos para poder mantenerlos libres de obturaciones.

Los lixiviados recolectados son, en términos generales, tratados según las siguientes opciones:

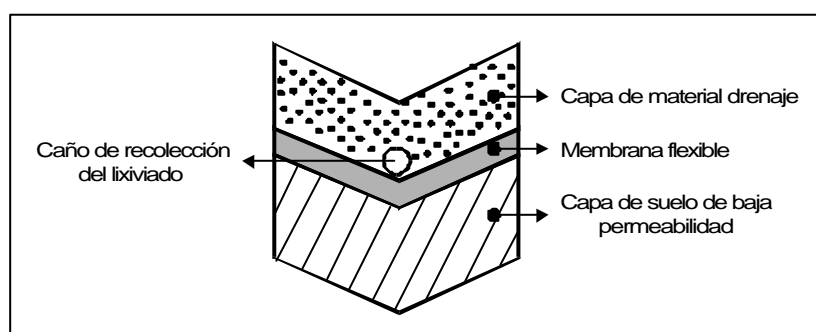
1) **Tratamientos in-situ:**

- **TANQUES DE ESTABILIZACIÓN** (biodegradación de la materia orgánica contenida en el residuo líquido por acción de bacterias aeróbicas y anaeróbicas).
- **PROCESOS QUÍMICOS** (hidrólisis enzimática o ácida).

2) **Recirculación:** reinfiltración de los líquidos a través de la masa de basura.

3) **Derivación a una planta de tratamiento de efluentes cloacales.**

**GRAFICO 2**  
Recolección de Lixiviados



Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023.

## 4. GASES GENERADOS EN UN RS

### 4.1. COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

La composición del gas que se genera en un RS está determinada por los procesos microbianos y reacciones que se verifican en la masa del residuo.

Usualmente la mitad de él está constituida por metano siendo el dióxido de carbono su otro componente principal.

La migración incontrolada de gases producidos por un RS puede convertirse en un serio problema en términos de provocar explosiones o daños en la vegetación de la cubierta del relleno o de áreas próximas a él.

El gas generado se difunde en la atmósfera o migra a los terrenos adyacentes por lo que será necesario un monitoreo de contaminación del aire y de los edificios y vegetación vecinas ya que, además de ser una fuente de hidrocarburo y gas invernadero, contendrá trazas de un gran número de compuestos orgánicos volátiles, algunos de ellos de conocidos efectos tóxicos.

El metano es explosivo aun en concentraciones bajas (5 %) y en un edificio puede desplazar al oxígeno causando peligros de asfixia. En terreno abierto daña la vegetación desarrollada sobre la cubierta del relleno o en los terrenos circundantes.

Este gas penetra en una construcción a través de rajaduras, uniones o aberturas en subsuelos o pisos y, dado que es más liviano que el aire, tenderá a acumularse cerca de los cielorrasos.

Si no se implementa algún sistema de control, el gas generado tenderá a migrar del relleno siguiendo el camino que le ofrezca menos resistencia a través de la masa de residuos y los suelos circundantes.

Así, el gas migrará más lejos a través de suelos arenosos o de grava que de otros menos permeables como los arcillosos.

La facilidad de migración también estará influenciada por las condiciones climáticas: cuando la presión barométrica baja, el gas será forzada a salir del relleno hacia los terrenos adyacentes de la misma forma que condiciones de suelo con superficies muy húmedas o congeladas impedirán que el gas escape a la atmósfera por el borde del RS obligándolo a migrar más lejos del relleno en su búsqueda de salidas.

Se han observado migraciones del orden de los 300/400 mts.

## **4.2. SISTEMAS DE CONTROL**

### **4.2.1. Sistemas pasivos de control de gases**

Los sistemas pasivos utilizan las presiones y mecanismos de conducción provocados naturalmente por los gases generados en el relleno sanitario para ventear a los mismos en la atmósfera.

En el Gráfico 3 se muestran dos configuraciones típicas para venteado del gas.

Las experiencias y observaciones realizadas indican, sin embargo, que estos sistemas ofrecen una protección limitada debido a los impredecibles desplazamientos del gas dentro del RS.

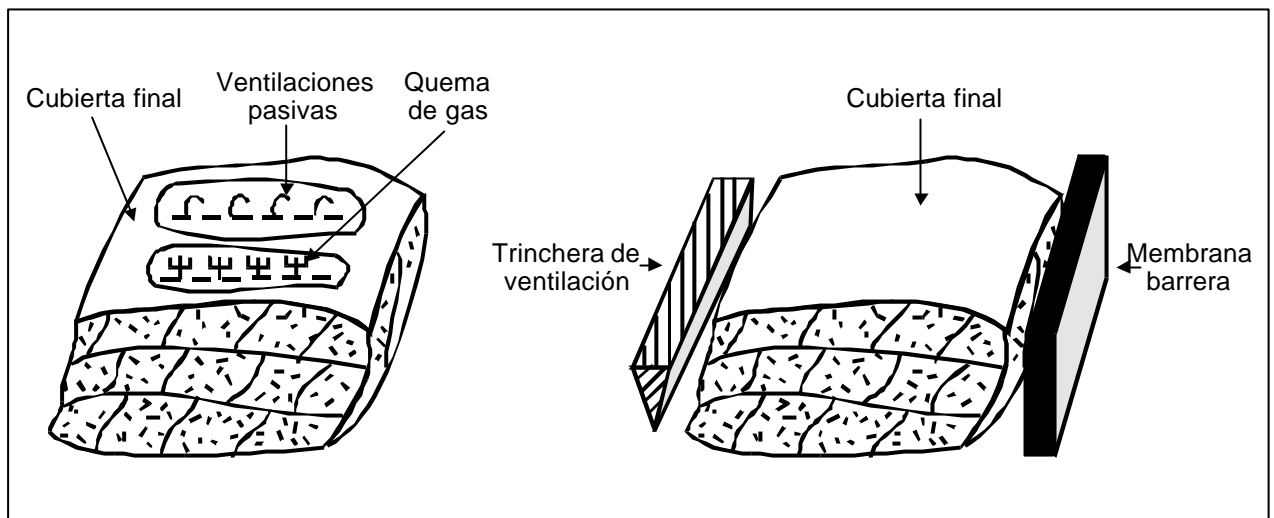
Los gases pueden, como se dijo, ser venteados directamente a la atmósfera, quemados o –dependiendo de su calidad y cantidad- recuperados.

El venteo se hará a través de varios caños/chimenea para facilitar su dispersión en la atmósfera y minimizar potenciales problemas de olor.

Si el olor o la presencia de partículas contaminantes en suspensión excedieran el límite tolerable, el gas podrá quemarse a la salida de los conductos o ser dirigido a un quemador para su combustión (si la concentración de metano no alcanza el 15 % y no soporta la llama será necesario suplementarlo con otro combustible, como el gas natural).

## GRAFICO 3

Configuraciones típicas de control pasivo de gas



Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023.

#### 4.2.2. Sistemas activos de control de gases

En los sistemas activos el gas es bombeado del relleno o de los terrenos circundantes. Con estos sistemas pueden llevarse a cabo –si se determina que la cantidad y calidad del gas generado lo justifica– no solo el control de la migración sino la recuperación del metano para ser usado como combustible (el gas generado en un RS, conteniendo un 47% de metano, posee aproximadamente la mitad del valor calórico del gas natural). Al igual que en los sistemas pasivos se utilizan sistemas de pozos o trincheras desde donde el gas es bombeado a la superficie. Cuando el objetivo primario sea el control de la migración, los pozos se ubicarán cerca del perímetro del relleno (o en los terrenos circundantes si el suelo es razonablemente permeable y existe espacio suficiente entre el límite del relleno y los terrenos vecinos). Las perforaciones para un sistema activo tienen generalmente entre 30 y 90 cm. de diámetro dependiendo de la cantidad de gas que se espera extraer a través de él.

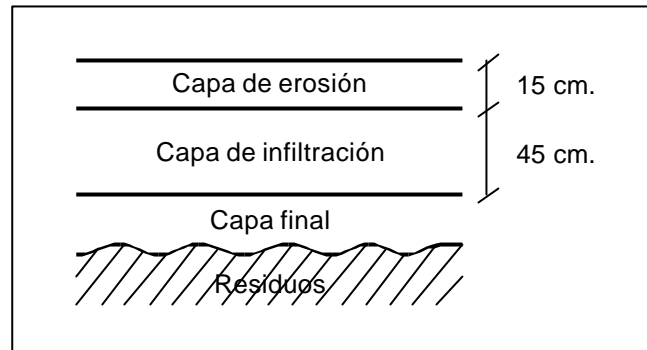
#### 4.2.3. Cubierta final

Al cerrar un RS, o una sección independiente de él, se requerirá la instalación de una cubierta final.

El criterio de elección de la mencionada cubierta debe perseguir los siguientes objetivos:

- Minimizar la infiltración de las precipitaciones pluviales en la masa de residuos.
- Promover un eficaz drenaje de la superficie.
- Resistir la erosión.
- Facilitar el mantenimiento del perfil del relleno (pendientes).
- Restringir la migración de gas (o favorecer su recuperación).
- Separar los residuos de los animales e insectos.
- Mejorar la apariencia del RS.
- Minimizar su mantenimiento en el largo plazo.
- En general, proteger la salud de las personas y el medio ambiente relacionados con el RS.

Una *conformación mínima* para esta cubiertas estará compuesta por una *capa de infiltración* y otra de *erosión*, colocadas en ese orden sobre una delgada *capa final* destinada a uniformar la superficie.



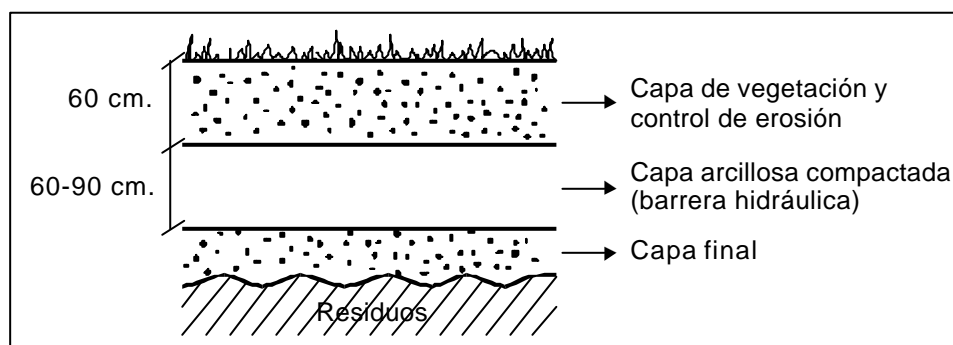
Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023.

En el largo plazo, la capa de infiltración minimizará el ingreso de líquidos al residuo. Esta capa deberá tener una conductividad hidráulica igual a la del fondo o las laterales y en ningún caso mayor a  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg.

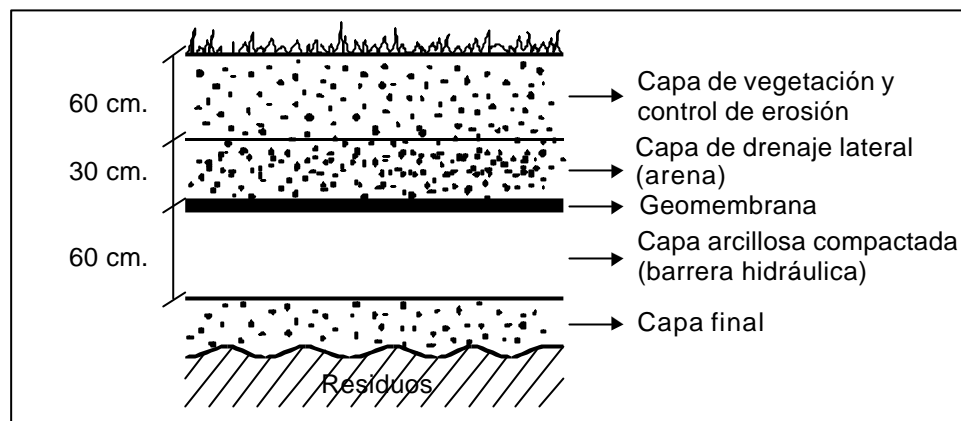
La reducción de la infiltración se mejora además con una buena superficie exterior de drenaje que haga mínima la erosión provocada por las precipitaciones.

La cubierta vegetal no debe contener especies de raíces profundas que puedan dañar la capa de infiltración (ver Cuadro 5), de esta capa de la cual, por otro lado, deben vigilarse deslizamientos diferenciales respecto de la capa de erosión.

Los gráficos siguientes muestran disposición de cubiertas con capas adicionales para promover el drenaje lateral y la incorporación de la cubierta vegetal.



Fuente: Fundación Senda / EPA 530 – R – 95 – 023.



Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023.

## CUADRO 5

### Secuencia para la implantación y mantenimiento vegetal en RS

**Paso 1: Determinar el uso a dar al terreno a rellenar**

**Paso 2: Determinar la profundidad de la capa final de la cubierta**

La capa de suelo final no debe ser inferior a 60 cm. para plantar césped, 90 cm. para arbustos y mayor si se prevee plantar árboles.

**Paso 3: Establecer un programa de control de erosión**

Ya que la cubierta del relleno se erosionará rápidamente sino se ha estabilizado.

**Paso 4: Determinar la composición de la cubierta en cuanto a nutrientes**

Durante las pruebas iniciales se harán ensayos de PH, presencia de nutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo), conductividad, densidad y materia orgánica.

**Paso 5: Determinar la densidad del suelo**

La cubierta final es frecuentemente compactada por los equipos que llevan a cabo su construcción hasta niveles que impiden el desarrollo de las raíces vegetales.

**Paso 6: Mejorar la calidad de la cubierta final**

El suelo a plantar deberá ser mejorado mediante la adición de limo, fertilizante o materia orgánica según resultado de los ensayos. Estos materiales deben ser incorporados en los 15 cm. de suelo finales.

**Paso 7: Seleccionar especies vegetales resistentes al RS**

Pastos y otras cubiertas vegetales deben ser seleccionadas a partir de pruebas realizadas previamente para determinar su resistencia a las condiciones propias del RS.

**Paso 8: Cubierta vegetal**

En general es preferible hacer penetrar semillas en el terreno en lugar de cubrirlas con material agregado a posteriori.

**Paso 9: Arbustos y árboles**

Los arbustos y árboles no deben ser plantados hasta 1 o 2 años después que el pasto se desarrolle. Si este no puede crecer a causa de los gases generados en el relleno, otras especies, con raíces más profundas, tampoco lo lograrán.

Fuente: EPA 530 – R – 95 – 023.

### **4.2.3. Control de erosión**

Durante la consideración de las características de la cubierta final deberán tenerse en cuenta aquellas que interrelacionan el tipo de vegetación a implantar, con otros factores como la inclinación del terreno relleno, el tipo de suelo utilizado para la cubierta y las condiciones climáticas.

Para minimizar la erosión y evitar problemas de mantenimiento posteriores al cierre del RS, la inclinación máxima es típicamente 4:1 (4 partes en horizontal y 1 en vertical) aunque 5:1 es todavía mejor sobre todo si no va a existir mantenimiento frecuente o si la pendiente es larga. Los canales de conducción de aguas pluviales se deben colocar aproximadamente cada 50 metros para evitar la acumulación de la misma.

### **4.3. CIERRE Y POSTERIOR MANTENIMIENTO DEL RS**

Un relleno sanitario debe ser cerrado de acuerdo a un procedimiento previsto. El objetivo de las operaciones de cierre y mantenimiento posterior será asegurar en el largo plazo la protección de la salud humana y del medio ambiente.

El mantenimiento deberá extenderse por un período acordado previamente (en base a la estimación del tiempo necesario para la estabilización definitiva de la masa de residuos) y durante el cual el responsable deberá proveer el cuidado general y mantener el monitoreo de contaminación en tierra, agua y aire y remediar los efectos que se produzcan.

### **4.4. CUIDADO GENERAL**

Luego de su cierre, el sitio relleno parecerá inactivo aun cuando la actividad biológica continúe. Como resultado de ella la cubierta del relleno seguirá asentándose hasta que los residuos se consoliden. Este asentamiento será mayor en aquellos RS donde la compactación de las sucesivas descargas fue pobre.

Los asentamientos causarán depresiones y roturas en la cubierta que deberán ser rellenados con tierra para evitar filtraciones. Cuando la cubierta está integrada por una membrana flexible puede ser necesario repararla. La cubierta vegetal del RS también requiere de mantenimiento, siembra y cuidados regulares para evitar su erosión.

Los asentamientos del relleno también pueden afectar los caminos internos, las instalaciones y conductos de drenaje y otras estructuras implantadas sobre el terreno (playas de estacionamiento, campos deportivos, etc.).

Los caminos de acceso, necesarios para llegar a los puntos de monitoreo también son afectados por la paulatina erosión del suelo por lo que requerirán de reparación y mantenimiento regular, de la misma manera, las previsiones implementadas para regular el drenaje de las aguas superficiales del área del RS pueden ser muy afectados por los asentamientos del relleno y deberán ser adaptadas al nuevo perfil del terreno.

Dado que, tanto lixiviados como gases, seguirán siendo generados por el relleno luego del cierre del mismo, la captación y disposición de los mismos deberá seguir realizándose durante todo el período post-cierre, por lo que bombas y demás dispositivos de recolección deberán mantenerse operables y reparados.

La composición química de ambos efluentes irá cambiando a medida que progresa la estabilización biológica del relleno mostrando la paulatina disminución de las concentraciones de contaminantes presentes en ellos, no obstante la cual el monitoreo de aguas y suelos subyacentes deberá continuar realizándose según un esquema regular para controlar la magnitud de su migración.