



AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE

# NÚCLEO SOCIO-PRODUCTIVO ESTRATÉGICO RECICLADO DE DISTINTAS CORRIENTES DE RESIDUOS



DOCUMENTO DE REFERENCIA



ARGENTINA  
INNOVADORA 2020

PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN PRODUCTIVA



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Reciclado de Distintas Corrientes de Residuos  
Documento de referencia<sup>1</sup>  
Dra. Leila Devia  
Agosto de 2013

---

<sup>1</sup> Este documento fue elaborado por la Dra. Leila Devia. Se trata de un material técnico para facilitar el trabajo de la Mesa de Implementación. Las opiniones expresadas en este documento pueden no coincidir con la posición que finalmente asuma el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

## **CONTENIDO**

1. Introducción .....	1
2. Panorama nacional en GIRSU .....	3
2.1 Generación per cápita y total por provincia y país de RSU .....	4
2.2 Tipo de residuos generados .....	6
3. Tecnologías, desarrollos y métodos en la GIRSU .....	7
3.1. Reciclado de RSU .....	8
3.2. Valorización energética .....	12
4. Delimitación de las corrientes de residuos a tratar .....	14
5. Posibles ámbitos de intervención .....	15
6. Marco normativo .....	17
7. Bibliografía consultada .....	19



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

## 1. Introducción

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es el conjunto de actividades interdependientes y complementarias que conforman un proceso para el manejo de los residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. Sus etapas comprenden: generación, higiene urbana, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final<sup>1</sup>.

En Argentina, la responsabilidad por el manejo de los RSU recae, en general, en los gobiernos municipales. Ello suele reducirse a la realización de la recolección domiciliaria e higiene urbana -barrido de calles y limpieza de otros sectores públicos-, y a la disposición final de los residuos efectuada, en muchos casos, en basurales a cielo abierto (BCA) con escasos controles ambientales y técnicos, y con los consiguientes riesgos derivados para la salud y el ambiente. En estos basurales se producen potenciales contaminaciones sobre el suelo, en las aguas subterráneas y superficiales y en el aire, por los humos nocivos derivados de la quema incontrolada de basura o por gases generados por la propia descomposición de los residuos. Asimismo, promueven la proliferación de vectores -potenciales transmisores de enfermedades-, el deterioro del paisaje y formas de vida no sostenible para quienes habitan en sus inmediaciones o manipulan los residuos allí depositados.<sup>2</sup>

Por su parte, las provincias argentinas, donde se reparten los más de 2.200 municipios del país, en su carácter de titulares de los recursos naturales existentes en sus jurisdicciones<sup>3</sup> así como son las beneficiarias de los réditos por su explotación, quedan también obligadas a su cuidado y preservación. Por esta razón, deben evitar los potenciales impactos negativos para el ambiente y la salud de su población, que puedan surgir por un manejo inadecuado de los RSU<sup>4</sup>

Desde el punto de vista institucional, se han implementado en el país a través de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) diversas políticas conducentes a la formulación de planes de GIRSU, basadas en el establecimiento de directrices generales impartidas desde la administración nacional. Ejemplos de ello han sido el Plan Nacional de Valorización de Residuos (PNVR) desarrollado en 1998, la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, ENGIRSU impulsada desde 2005 y el actual Proyecto Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, PNGIRSU iniciado en 2010 acompañado por el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en

---

1 Lic. Marcela Gregori, Coordinadora Institucional, MINCYT e Ing. Gabriel Blanco, Coordinador General de "Evaluación de Necesidades Tecnológicas -ENT.", Informe Final sobre Tecnologías en Mitigación. Reporte III, Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. CABA, 2012.

2 Ibid.

3 A partir de la reforma constitucional de 1994.

4 Lic. Marcela Gregori, Coordinadora Institucional, MINCYT e Ing. Gabriel Blanco, Coordinador General de "Evaluación de Necesidades Tecnológicas -ENT.", Informe Final sobre Tecnologías en Mitigación. Reporte III, Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. CABA, 2012.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Municipios Turísticos (2011) y los Programas Municipales para la Gestión Integral de RSU, lanzados también en 2011.

Las políticas y programas han focalizado su accionar en alcanzar el cierre de los BCA, priorizando la construcción de centros de disposición final regionales, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y la construcción de rellenos sanitarios o la ampliación de los existentes. A la par, se ha promovido la gestión consensuada con los agentes involucrados en todo el ciclo de vida de los residuos y la inclusión social de los recuperadores informales de residuos, tratando de fomentar emprendimientos sostenibles bajo una perspectiva federal, apoyándose en los siguientes pilares fundamentales: 5

1.-Preservación de la salud pública

2.- Preservación ambiental

3.- Disminución significativa de residuos a generar y disponer, con aplicación de procesos de minimización y valorización a través de las 4R's, es decir:

- a) Reducción de los RSU generados en origen, asociada a la producción limpia, envases, ciclo de vida y consumo sustentable de productos y servicios.
- b) Reuso,
- c) Reciclado, y
- d) Recompra de los materiales procesados para su reuso y el reciclado. Disposición final de los RSU en forma sostenible, a través la puesta en marcha de rellenos sanitarios apropiados y de la erradicación y posterior clausura de los basurales a cielo abierto.

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), considera el ciclo completo de producción, consumo, descarte y disposición final de residuos, siempre teniendo en consideración que esta definición está en permanente construcción, dado los veloces y constantes avances en la disciplina, establece como principio rector priorizar la reducción o minimización de los residuos y evitar al máximo posible la disposición final.

La recuperación de la energía aparece como una alternativa de reducción de residuos para disposición final. A esta idea se la relaciona con el concepto de "revalorizar".

Debe entenderse que la revalorización es el cuarto estadio en el tratamiento de los residuos y que la gestión integral y sustentable de los mismos requiere de la combinación de diferentes opciones complementarias entre ellas.

Asimismo es importante incluir que la generación y manejo de los RSU produce gases de efecto invernadero (GEI) principalmente constituidos por dióxido de carbono y metano. La estrategia de GIRSU promueve la minimización de este efecto adverso adhiriendo a la mitigación del cambio climático y promoviendo el mecanismo para un desarrollo limpio

---

5 <http://medioambiente.gov.ar/?idarticulo=11796>



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

(MDL) en el sector de los residuos sólidos y en el marco del recientemente creado Fondo Argentino de Carbono.

El rol de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico resulta esencial para la atención del problema complejo en el que se ha convertido en la actualidad la generación y tratamiento de RSU. Las múltiples aristas de esta problemática y sus soluciones desafían los abordajes de la puesta en práctica de las soluciones tecnológicas más tradicionales en la medida en que las variables culturales y sociales y los modelos de gestión asociada en el marco de espacios multiactorales y comunitarios son los formatos más adecuados para de concepción, formulación y ejecución de las mismas.

De esta manera, el desafío y el propósito para la Mesa de Implementación en este tema -y con ello el esfuerzo- se duplican: por un lado, estudiar, relevar el estado del arte de las tecnologías existentes y al mismo tiempo realizar el esfuerzo de prospección y ampliar la mirada para los nuevos hallazgos y generación de nuevos conocimientos y desarrollo tecnológico en busca de las soluciones transferibles, adaptables a los contextos y escalas locales; y, al mismo tiempo, generar capacidades de vinculación y articulación entre actores diversos para la implementación de proyectos viables y efectivos en términos de la adopción de sus resultados por parte de sus beneficiarios.

## 2. Panorama nacional en GIRSU

Las características y el volumen de los residuos sólidos urbanos se configuran a partir de variados factores de incidencia específica de distintas áreas de estudio, tales como el tamaño y la densidad de la población, los niveles socioeconómicos que la componen, además de la localización geográfica, el clima y las distintas actividades económicas existentes. De este modo, la tarea de establecer una línea de base de las variables e indicadores asociados a los RSU demanda indagar en diversas fuentes y vincular distintos tipos de información.<sup>6</sup>

Según los datos del censo de población de 2010, la población en Argentina alcanzó los 40 millones de habitantes con una tasa de urbanización que supera el 90%, y con casi la mitad de la población nacional distribuida en los cinco conglomerados más grandes del país: área Metropolitana de Buenos Aires, Gran Córdoba, Gran Rosario, Gran Mendoza y Gran La Plata.<sup>7</sup>

Según SAyDS <sup>8</sup> la generación de RSU *per cápita* media del país se encuentra entre 0,91 y 0,95 kg/hab.día, dependiendo de los distintos saltos de escala, encontrándose un máximo

<sup>6</sup> [http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/informacion\\_general/en\\_argentina.html](http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/informacion_general/en_argentina.html)

<sup>7</sup> Lic. Marcela Gregori, Coordinadora Institucional, MiNCyT e Ing. Gabriel Blanco, Coordinador General de "Evaluación de Necesidades Tecnológicas -ENT.", Informe Final sobre Tecnologías en Mitigación. Reporte III, Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. CABA, 2012.

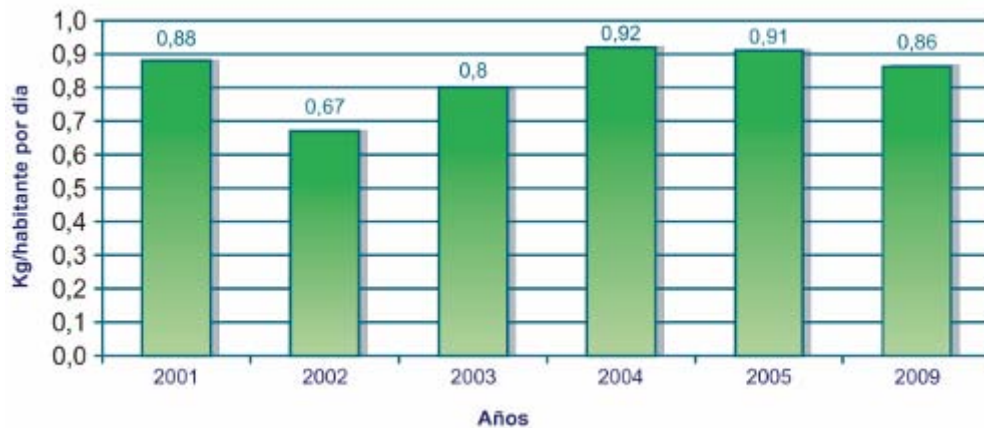
<sup>8</sup> ENGIRSU (2005). SAyDS [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)



Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva

de 1,52 kg/hab.día para la CABA y un mínimo de 0,44 kg/hab.día para la provincia de Misiones. Este indicador, que indica la cantidad de RSU generados por habitante por día en el transcurso de un año, se muestra en la Figura 1 como promedio anual para todo el país 9

**Figura 1. Generación de RSU**



**Fuente:** Sistema de Indicadores de Desarrollo Sustentable, SIDA, Generación de residuos sólidos urbanos de lo Económico a lo Ambiental, <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=6126>

En cuanto a la disposición final de RSU, según el mismo estudio de SAyDS en el marco de la ENGRSU, sobre un total de 130 municipios, se observa que el 71% de aquellos con poblaciones menores a 10.000 habitantes vierten sus residuos en Basurales a Cielo Abierto (BCA). 10

Los porcentajes siguen siendo sumamente elevados hasta poblaciones de 100.000 habitantes (56%) y la situación se revierte para poblaciones mayores a 200.000 habitantes donde los RSU se disponen en su mayoría en rellenos sanitarios controlados (RC) y en menor proporción en rellenos sanitarios semi controlados (DSC).11

## **2.1 Generación per cápita y total por provincia y país de RSU**

El indicador más representativo respecto a la cantidad de residuos producidos, está dado por la "generación *per cápita*" (GPC), el cual refiere a la cantidad de residuos en kilogramos que produce a diario cada habitante.

9 Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. 5ta ed. SAyDS. 2010

10 Lic. Marcela Gregori, Coordinadora Institucional, MiNCyT e Ing. Gabriel Blanco, Coordinador General de "Evaluación de Necesidades Tecnológicas -ENT.", Informe Final sobre Tecnologías en Mitigación. Reporte III, Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. CABA, 2012.

11 Ibid.



Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva

Como podemos apreciar en la figura 2, la GPC media del país se encuentra entre 0,91 y 0,95 kg/hab. día; con un máximo de 1,25 kg/hab. día para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y un mínimo de 0,641 kg/hab. día para la Provincia de Misiones.

En Argentina se genera un total de 14.094.110 Tn/año; el mayor generador es la Provincia de Buenos Aires con 6.196.240Tn/año, y el menor Tierra del Fuego con 28.835 Tn/año.<sup>12</sup>

**Tabla 1. Datos Generales de Generación de RSU**

Provincia	Población Servida Año 2010 (hab)	Generación Per cápita (Kg./hab x día)	Generación Total (Tn/día)	Generación Total anual (Tn/año)
Buenos Aires	15.317.428	1,108	16.976	6.196.240
Catamarca	347.615	0,735	255	93.075
Ciudad de Buenos Aires	3.117.801	1,25	5.000	1.825.000
Córdoba	3.227.603	1,011	3264	1.191.360
Corrientes	865.100	0,814	704	256.960
Chaco	403.845	0,777	314	114.610
Chubut	442.103	0,903	399	145.635
Entre Ríos	1.138.506	0,79	899	328.135
Formosa	443.509	0,651	289	105.485
Jujuy	625.616	0,74	463	168.995
La Pampa	312.140	0,85	265	96.725
La Rioja	304.796	0,738	225	82.125
Mendoza	1.471.771	1,003	1477	539.105
Misiones	812.613	0,641	521	190.165
Neuquén	491.994	0,898	442	161.330
Río Negro	565.729	0,862	488	178.120
Salta	1.086.017	0,82	890	324.850
San Juan	637.454	0,891	568	207.320
San Luis	388.881	0,813	316	115.340
Santa Cruz	215.972	0,823	178	64.970
Santa Fe	3.177.295	1,006	3.043	1.110.695
Santiago Del Estero	672.354	0,829	557	203.305
Tierra Del Fuego	111.614	0,705	79	28.835
Tucumán	1.243.540	0,761	1002	365.730
<b>TOTAL</b>	<b>37.421.296</b>	<b>1,003</b>	<b>38.614</b>	<b>14.094.110</b>

Fuente: Observatorio Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Jefatura de Gabinete de Ministros, Agosto 2013, <http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/grupo.asp?Grupo=8075&Subgrupo=8214>

<sup>12</sup> [http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/informacion\\_general/en\\_arg\\_generacion.html](http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/informacion_general/en_arg_generacion.html)





*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

En términos generales, más de la mitad de los RSU generados en Argentina se disponen con condiciones de mediano a bajo control sanitario. Sin embargo, cabe destacar que en esta información no se reflejan los basurales clandestinos que pueden existir, situación que es de particular relevancia para el caso de las ciudades más grandes. Como ejemplo de esto se puede mencionar al Área Metropolitana de Buenos Aires, donde aun contando con el sistema de rellenos sanitarios controlados (RC) para la disposición final de los RSU, se han detectado 139 BCA clandestinos de variados tamaño y antigüedad (algunos de hasta 13 años, estimándose que en ellos se encuentran vertidas unas 453.719 toneladas de residuos<sup>13</sup>.

## 2.2 Tipo de residuos generados

Considerando la composición de los RSU que se indican en la tabla 2, pueden distinguirse en esta clasificación las corrientes de papel y cartón, plásticos, vidrios y metales. Los papeles y plásticos concentran normalmente más del 30% del volumen de los materiales recuperables, mientras que el vidrio y los metales alcanzan entre un 5 y 7% del total generado, correspondiendo a los residuos orgánicos un 50% del total.

**Tabla 2. Composición típica de los RSU en Argentina**

<b>COMPOSICION TIPICA DE LOS RSU EN ARGENTINA</b>	
<b>Fracciones de materiales</b>	<b>%</b>
Papel y Cartón	17
Plásticos	14
Vidrio	5
Metales	2
Orgánicos (principalmente restos de alimentos y verdes)	50
Otros *	12
<b>Total</b>	<b>100</b>
Fuente: ENGIRSU y ORSU	
En la fracción Otros se incluyen los residuos peligrosos existentes en la generación domiciliar de los RSU.	

Fuente: Observatorio Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Jefatura de Gabinete de Ministros, Agosto 2013, <http://www.ambiente.gov.ar/observatoriorsu/grupo.asp?Grupo=8075&Subgrupo=8214>

<sup>13</sup> ENGIRSU (2005). SAyDS [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Asimismo, tomando como referencia la composición de los RSU relevada, se ha estimado el volumen de los residuos reciclables, proyectando la población nacional de acuerdo con el Censo 2010 de 40 millones de habitantes, con una generación anual de 13,1 millones de toneladas de RSU, tal como se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3. Generación de RSU Reciclables en Argentina**

<b>GENERACION DE RSU RECICLABLES</b>	
<b>Material</b>	<b>RSU [millones Ton/año]</b>
Papel y cartón	2.227
Plásticos	1.834
Vidrio	655
Metales	262
<b>Total</b>	<b>4.978</b>
<b>Fuente: Grupo Arrayanes</b>	

Fuente: Observatorio Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Jefatura de Gabinete de Ministros , Agosto 2013, <http://www.ambiente.gov.ar/observatoriosu/grupo.asp?Grupo=8075&Subgrupo=8214>.

### 3. Tecnologías, desarrollos y métodos en la GIRSU

Como se ha descripto con anterioridad, la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los RSU (ENGIRSU) es una propuesta desarrollada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación a ser implementada en cada Municipio. Es una política de Estado que pretende adecuar los criterios y modalidades de la gestión de los residuos con una concepción que supera lo meramente económico, buscando una solución sustentable, incorporando lo social y lo ambiental. Este nuevo abordaje requiere tener en cuenta variables y la ponderación adecuada de costos que hasta hoy no se consideraban. Los pasivos ambientales provocados por basurales no controlados, el incremento de costos en los presupuestos de salud, por enfermedades surgidas a partir de los vectores que el desmanejo de los residuos provoca, conflictos sociales, se encuentran hoy entre los aspectos centrales del abordaje de la problemática de la cuestión.

A partir de este nuevo enfoque se incluyen 1) la producción y el consumo anticipando la minimización de los descartes; 2) los aspectos operativos de la recolección, transferencia, almacenamiento, reutilización, reciclaje, y disposición final; 3) la creación y fomento de mercados de valorización; 4) la participación ciudadana en la planificación y control de la



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

gestión; 5) la prevención de impactos sobre la salud de la población y sobre los ecosistemas. <sup>14</sup>

El enfoque GIRSU presenta una serie de ventajas y desafíos para avanzar hacia una concepción multidimensional en las problemáticas de los RSU en este sentido:

Atender el problema de la proliferación de basurales clandestinos requiere entender a la gestión de residuos como parte de la economía ecológica, donde quizás un componente de reciclado pueda no ser rentable si no se incluye los costos de disposición final del mismo y lo ahorro energético de no tener que recurrir a la materia prima virgen, la necesidad de emprender un cambio en las prácticas actuales del manejo de residuos, disminuyendo el incremento de la generación de RSU.<sup>15</sup>

La contribución desde el ámbito de la ciencia y la tecnología a la estrategia y sus objetivos es múltiple: desde la oferta de conocimientos ya existentes y su adaptación a necesidades y escala local hasta la generación, desarrollo e implementación de nuevos conocimientos y tecnologías nacionales que brinden soluciones a los temas anteriormente presentados teniendo en cuenta el desarrollo y las particularidades locales.

La gestión integral de los residuos sólidos urbanos contempla las cuatro R anteriormente nombradas: reducir, reciclar, reutilizar y revalorizar. La reducción consiste en la disminución del volumen mediante acciones (de todos los actores sociales) destinadas a generar una menor cantidad de residuos.

El reciclado y la reutilización, como se explicará más abajo, son acciones que permiten la circularidad del sistema. En otras palabras, son acciones que reintroducen los residuos como nuevos insumos en los circuitos productivos. Finalmente, existen diversas opciones tecnológicas de valorización de los residuos, como las utilizadas para la generación de energía.

### **3.1. Reciclado de RSU**

El reciclaje se refiere al proceso (ya sea físico o químico o mecánico o trabajo, o combinaciones de los mismos), mediante el cual se somete a una materia o un producto ya utilizado (residuo), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar prejuicios en el medio ambiente. También podría definirse como la obtención de materias primas a partir de desechos o residuos mediante su introducción en un nuevo ciclo de vida para ser reincorporados a un ciclo de producción o de consumo.

Debe subrayarse que la actividad recicladora en Argentina está siendo desarrollada a través de emprendimientos que responden a necesidades de la sociedad, el mercado y la promoción del reciclado por parte de la normativa internacional, nacional y provincial y

<sup>14</sup> [http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio\\_doc/Introduccion\\_a\\_la\\_gestion\\_de\\_los\\_residuos.pdf](http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/Introduccion_a_la_gestion_de_los_residuos.pdf)

<sup>15</sup> [http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio\\_doc/Introduccion\\_a\\_la\\_gestion\\_de\\_los\\_residuos.pdf](http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/Introduccion_a_la_gestion_de_los_residuos.pdf)





*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

algunos otros por reacción química con determinados aditivos. El procedimiento requiere fuertes inversiones debido a las sofisticadas técnicas que emplea. Con relación a los residuos orgánicos, una variante del proceso de reciclaje es el compostaje, proceso de descomposición biológica de la materia en condiciones aeróbicas (en contacto con el aire) el cual requiere un adecuado control.

- *Recolección selectiva*: en este caso se requiere necesariamente de la colaboración ciudadana, mediante una adecuada separación de los residuos en origen. Si bien, esta separación puede ser efectuada posteriormente a su disposición inicial en plantas de separación, los resultados no siempre son los deseados y, por otra parte, se pierde la instancia esencial de concientización e involucramiento ciudadano respecto de los residuos que se generan. Los residuos son separados según su composición y depositados en contenedores específicos y diferenciados; generalmente en dos grandes rubros: orgánicos e inorgánicos (vidrio, papel, metal, plástico, etc.) o secos y húmedos, por ejemplo.

Continuando lo anteriormente descrito, es necesario reafirmar que, según el tipo de residuo y la complejidad de las operaciones de separación, se deben diferenciar dos tipos básicos de esquemas de reciclado:

*Basados en operaciones de reciclado manuales*: clasificación de productos simples de consumo masivo tipo envases, o desmantelado y clasificación de partes (aparatos complejos tipo Vehículos Fuera de Uso (VFU) y Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Este tipo de operaciones rinden corrientes de materiales recuperados muy puras a la par que requieren un esfuerzo en mano de obra muy importante.

*Basados en operaciones de reciclado mecánicas*: molienda, separación y concentración de fracciones de residuos. Se utilizan equipos sofisticados para la identificación, separación y acondicionamiento de las muestras. Este tipo de operaciones reducen las necesidades de personal (tienen gran capacidad), y generan mezclas complejas de materiales que se deben tratar.

### **3.1.1. Corriente de residuos plásticos**

A modo de ejemplo, dentro de las corrientes de residuos, la fracción plástica es una de las que mayor cantidad de residuos ha generado en los últimos años. Cada vez son más los tipos de plásticos, los cuales pueden presentar unas propiedades muy diversas dependiendo de su estructura química, aditivos, cargas, siendo infinitas las combinaciones posibles. Su versatilidad en infinidad de aplicaciones y la capacidad de cubrir un amplio abanico de propiedades los hacen materiales muy apreciados para su recuperación. Para la gestión y tratamiento de esta corriente de residuos se emplean las siguientes tecnologías:

- *Reciclado mecánico*: Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido como se muestra a continuación.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Los plásticos escogidos y gruesamente limpiados (etiquetas, papeles, residuos de material biodegradable) pasan por un molino o una trituradora. Este proceso se puede realizar en diferentes órdenes de sucesión, dependiendo del grado de contaminación de los plásticos y de la calidad del producto reciclado. La preparación final del producto empieza con el lavado y la separación de sustancias contaminantes, proceso que se puede repetir si es necesario. Después el material pasa por una centrifuga y secadora y se almacena en un silo intermedio. En el caso ideal, este silo sirve también para homogeneizar más el material, al fin de obtener una calidad constante.

El producto triturado, limpio, seco y homogéneo alimenta a una extrusora y, tras el proceso de granceado, se obtiene la granza lista para ser procesada por diferentes técnicas. La granza de plásticos reciclados se puede utilizar de diferentes maneras reprocesado del residuo plástico por medios físicos para obtención de nuevos productos.

Esta tecnología está limitada por:

- Contaminación de los polímeros (en RSU).
- Falta de homogeneidad dentro del mismo tipo de polímero (en envase y embalaje, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)).
- Valor del plástico recuperado es bajo y mercados limitados (en RSU)
- Presencia de aditivos ignifugantes (en RAEE).

A su vez, se ve favorecida por:

- Incremento de la recogida selectiva (implantado en RSU y VFU, piloto e implantado en RAEE).
- Avances en las tecnologías de identificación y separación (RSU, RAEE).
- Diseño para reciclado y fin de vida (sectores automoción y eléctrico y electrónico).
- **Reciclado químico:** obtención de los monómeros a partir de un polímero mediante procesos de despolimerización u otros productos petroquímicos mediante procesos como gasificación o pirólisis. Es una tecnología compleja, poco extendida pero con mucho potencial e impulso para su desarrollo.
- **Macro selección de componentes:** Se trata de la labor primaria que permite seleccionar y agrupar manual o automáticamente los artículos desechados de acuerdo con su naturaleza y destino. Un ejemplo de esto es la separación de las botellas PET que se utilizan en los refrescos de las PE-HD que se emplean en el envasado de leche. La selección de los polímeros con fines de reutilizarlos se realiza, en parte, empleando la codificación y recomendaciones dadas por la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI), que clasifica a los polímeros en siete categorías. La identificación y agrupación de los polímeros mencionados se efectúa identificando al código que se encuentra moldeado o impreso, en el producto respectivo, dentro de un triángulo visible asimismo moldeado o impreso tal como se aprecia en los envases plásticos de gaseosas y en los envases Tetrapak.



Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva

- *Microelección de componentes:* implica separar los polímeros en función de sus tipos, después de haber sido cortados y triturados en pequeños trozos. Actualmente, la microseparación comercial se aplica a las botellas PET de refrescos ya que es posible triturar la botella y separar los trozos de PET y de PE-HD y PP para obtener un producto de alta calidad. Este procedimiento implica utilizar una tecnología de flotación extraída de la industria minera en la que los materiales se separan por flotación aprovechando las diferencias de densidad. La tecnología de hidrociclones, empleando la fuerza centrífuga para acelerar la separación gravitacional, puede aplicarse con bastante eficacia para separar polímeros en base a su densidad dentro de un medio acuoso. También la trituración criogénica en la que polímeros se fracturan de forma distinta a temperaturas diferentes mediante su inmersión en nitrógeno líquido.
- *Selección molecular:* este método de reciclaje consiste en separar los polímeros, por ejemplo algunos embalajes modernos que tienen uno o más de ellos, mediante sus disoluciones en una solución. El procedimiento se basa en la temperatura de disolución que tiene cada polímero que al final permite recuperarlos en capas.<sup>16</sup> Otro tipo de separación molecular consiste en despolimerizar el polímero en su monómero original.
- *Modificación y procesamiento reactivo de polímeros:* se destaca entre otras tecnologías como un desarrollo de alto impacto innovativo.
- *Placas de polietileno boradas.* Estas placas fueron utilizadas como blindaje (tapa) del reactor nuclear ET-RR-2 exportado a Egipto, y para el reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche (CAB).
- *Placas de termoplástico reforzadas con fibras naturales;* se trata de materiales compuestos basados en modificación y procesamiento reactivo de polímeros sintéticos y naturales.

### 3.2. Valorización energética

La valorización energética se produce al aprovechar los residuos mediante el proceso de incineración para la recuperación de energía. Una tendencia actual en este tema son las plantas de valorización energética a partir de los RSU. Dichas plantas han logrado superar algunas de las barreras impuestas a la incineración como método de tratamiento que hacen más factible la implementación de esta tecnología. Las mismas requieren elevadas inversiones e innovaciones tecnológicas.

A continuación se detallan algunas de las características de las alternativas tecnológicas que se promocionan para obtener energía a partir de los residuos:

- *Biodigestión:* Es una opción ambientalmente segura. Se obtiene a través del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos, por medio de un proceso de digestión anaeróbico (sin presencia de oxígeno) mediante el cual diferentes grupos

<sup>16</sup> <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/286/6/T-ESPE-017671-2.pdf>



Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva

bacterianos utilizan la materia orgánica para alimentarse. Este proceso de descomposición de la materia genera una cantidad importante de gas metano, dióxido de carbono, algo de nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. Por otro lado, el residuo digerido puede también ser de mucha importancia como enmienda orgánica de suelos, dado que no tiene olor y presenta características similares al humus. El gas generado, biogás, puede ser utilizado para calefacción o bien en generadores eléctricos.<sup>17</sup>

- *Incineración Convencional*: es el tratamiento térmico de los RSU mediante la utilización de altas temperaturas por oxidación completa, generalmente con exceso de oxígeno, reduciendo el volumen de los residuos. Los productos finales son gases de combustión, efluentes líquidos y cenizas. Las plantas que recuperan energía, conocidas como "wastetoenergy" o "energía de los residuos", utilizan el calor producido en las calderas para generar vapor y así mover una turbina generadora de electricidad.<sup>18</sup>
- *Co-incineración* (plantas térmicas o cementeras). En algunos países, plantas de fabricación que tienen procesos de combustión, por ejemplo, las plantas térmicas y cementeras, han comenzado a sustituir combustibles como el carbón por residuos urbanos, denominado co-incineración. Para ello, se realiza la separación mecánica de los residuos para obtener un subproducto más homogéneo, denominado CSR (Combustible Sólido Recuperado) o RDF (RefuseDerived Fuel). Las ventajas son el reemplazo de combustibles fósiles para reducir gases efecto invernadero y la disminución de la emisión de sustancias tóxicas, debido a las altas temperaturas alcanzadas en el interior de los hornos.<sup>19</sup>
- *Gasificación y Pirólisis*: A diferencia de las plantas de incineración convencionales, las tecnologías de incineración por etapas o ATT (Tratamientos Térmicos Avanzados, por sus siglas en inglés) como la pirólisis, la gasificación y el arco de plasma, calientan los residuos a altas temperaturas en ambientes con baja presencia de oxígeno, creando residuos gaseosos, sólidos y líquidos que luego se someten a combustión.<sup>20</sup>
- *Despolimerización catalítica*. El proceso de despolimerización catalítica para obtener diesel sintético de los RSU ha tenido gran promoción en Argentina en el último año y diversos gobiernos han evaluado su incorporación como opción de gestión de residuos, especialmente en la Provincia de Buenos Aires (partido de La Matanza, Región Capital-La Plata). Sin embargo, esta tecnología está en etapa de experimentación a nivel internacional, sin antecedentes en las escalas propuestas y hasta la fecha, con escasos sustentos técnicos que confirmen su viabilidad ambiental, técnica y económica. La depolimerización catalítica es un proceso termoquímico a través del cual se obtendría un aceite o diesel a partir de diversos insumos como plásticos, PVC, neumáticos en

<sup>17</sup> <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/riesgos-tecnologias-residuos-urbanos.pdf>

<sup>18</sup> Ibid.

<sup>19</sup> Ibid.

<sup>20</sup> Ibid.





*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

desuso, residuos de refinerías, lodo de tratamiento de aguas residuales y cualquier residuo con alto contenidos de hidrocarburos. Opera a bajas temperaturas de reacción (entre 260º y 350º), baja presión y ausencia de oxígeno. El material de entrada es reducido a pequeñas fracciones y mezclado con un catalizador, que produce el corte controlado de las cadenas de hidrocarburos, y, según las firmas que promueven esta tecnología, logra la fijación en fase líquida de los metales pesados (plomo, cadmio, zinc, etc.) y halógenos presentes en las materias primas. Se ha insistido que, dependiendo del insumo, estas plantas alcanzarían un rendimiento energético de hasta 80/90%. El combustible diesel obtenido podría ser utilizado, por ejemplo, en automóviles.<sup>21</sup>

#### 4. Delimitación de las corrientes de residuos a tratar

Sin perjuicio de entender que existen numerosas corrientes de residuos e incluso bajo el riesgo de parcializar el debate, se presentan diferentes corrientes de residuos que se han seleccionado a fin de evaluar la viabilidad legal, tecnológica, económica, social y ambiental de su reciclado.

En un primer abordaje se proponen las siguientes corrientes de residuos:

- **Plásticos:** como ya se mencionara es una de las corrientes de residuos de mayor volumen, que cuenta con diversas alternativas para su reúso y valorización, sin dejar de tener en cuenta su alta persistencia en el ambiente.
- **Pilas y baterías:** se trata de elementos altamente contaminantes para la salud de los seres vivos para los cuales se necesita desarrollar tecnologías que permitan separar los diferentes metales pesados minimizando los riesgos ambientales.
- **Neumáticos:** su reciclado constituye una necesidad en la medida en que su acopio se traduce en la ocupación ociosa de grandes espacios y posee efectos negativos como favorecer la diseminación de insectos vectores de enfermedades infecciosas; y, a su vez, constituyen una oportunidad en la medida en que pueden ser reciclados para producir nuevos materiales como, por ejemplo, pavimentos y materiales de la construcción con propiedades especiales.
- **Electrónicos:** el alto consumo de productos electrónicos y la alta tasa de renovación dada por el acceso y las novedades tecnológicas sin una adecuada gestión de los equipos que son reemplazados generan un importante volumen de residuos traducidos en un importante impacto ambiental. Este volumen ofrece una oportunidad para la recuperación de metales (minería urbana) y para el reúso y valorización de los equipos. En este caso se consideran los equipos de línea blanca (electrodomésticos como heladeras y lavarropas) y línea marrón (computadoras personales, televisores y calculadoras, entre otros). No se incluyen pilas ni baterías.

---

<sup>21</sup>Ibid.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

- **Orgánicos para biomasa:** los residuos húmedos representan la mitad del volumen total de los RSU, sin mencionar los residuos provenientes de la agroindustria. Una de las principales estrategias consiste en su aprovechamiento para generar energía. Por otra parte, también constituyen una importante fuente de sustrato para el desarrollo de fertilizantes, como el compostaje y la lombricultura.

- **Envases tetra:** se trata de envases difíciles de revalorizar por cuanto constan de capas de varios materiales (aluminio, cartón, plástico) lo que requiere de tecnologías adecuadas para la separación y su posterior aprovechamiento en nuevas aplicaciones.

## 5. Posibles ámbitos de intervención

A continuación se mencionan ámbitos y líneas de intervención posibles:

- 1) **Nuevos productos y procesos:** A través de las acciones que se han llevado a cabo desde el año 2003 sobre neumáticos, su reciclado, por ejemplo, y la posibilidad de uso en diversas aplicaciones del producto reciclado, la Mesa podría enfocarse en :
  - a) I&D de nuevos productos
  - b) Desarrollo de nuevas tecnologías de reciclado
  
- 2) **Valorización energética de residuos:** los síntomas de agotamiento en el sistema energético conjugado con la necesidad de minimización en la generación de residuos confluye en la apuesta hacia las energías renovables y la I+D.

Dentro de este ítem la Mesa podría enfocarse en:

  - a) Desarrollo de plantas piloto para el tratamiento y valorización energética de RSU.
  - b) Desarrollo de tecnologías para la producción de energía a partir de RSU.
  
- 3) **Calidad, certificación y normas:** Argentina participa en la Convención de Basilea en diferentes partenariados de reciclaje y valorización de residuos. Entre ellos, encontramos el de certificación e incentivos para el reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos. Asimismo, el desarrollo del ecoetiquetado en productos reciclados puede llegar a transformarse en una barrera no arancelaria, pero también puede ser una herramienta para la competitividad y lograr que toda la cadena de productos reciclados provenientes de las corrientes seleccionadas respeten la calidad, seguridad y ambiente.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Dentro de este ítem la Mesa podría enfocarse:

- a) Optimización en los procesos de reciclado existentes.
- b) Desarrollo de normativa en el campo regulatorio.

**4) Desarrollo de la cadena de proveedores:**

- a) Promoción de nuevas tecnologías de producción en base al reciclado de residuos
- b) Trazabilidad en el proceso de reciclado

**5) Formación de RRHH:**

- a) Vinculación de agentes del sector científico y tecnológico nacional con organizaciones sociales y cooperativas para la capacitación y entrenamiento en nuevas tecnologías y métodos de reciclado.
- b) Formación de recursos humanos en las disciplinas específicas que requiere el desarrollo tecnológico, la generación de conocimiento y el tratamiento integral de la gestión de RSU.

6) **Información, difusión y estrategias de comunicación.** El conocimiento de las buenas prácticas de gestión sustentable en el ciclo de vida del producto que incluye la etapa post-consumo es fundamental para lograr un reciclado y valorización sostenible. Dentro de este ítem, la Mesa podría enfocarse en:

- a) Incorporación de TICs como nuevas herramientas para la sensibilización y concientización de la población

En cuanto a las **Tecnologías de Propósito General**, en el campo de los nanomateriales a mediano plazo se requerirán nuevos procesos de producción que permitan la obtención de los mismos a partir de residuos y fuentes renovables que contribuyan a la reducción del uso de materias primas y en especial a aquéllas consideradas "críticas". Las tecnologías deberán primar los procesos limpios evitando al máximo el desperdicio o uso indiscriminado de materias primas no renovables, así como el empleo de materiales peligrosos o contaminantes que atenten contra la salud y el reciclaje de los desechos producidos.

En lo que respecta al proceso de valorización es muy importante tener en cuenta los aspectos socio-económicos de la sostenibilidad, incorporar tecnologías que permitan reducir la cantidad de residuos que derivan en basurales y que posibiliten que el costo de estos residuos sea inferior para la segunda empresa de la cadena que el costo de las materias primas tradicionales.

Entre las ventajas a analizar, y punto saliente de intervención, se destaca que la valorización y el reciclado además de reducir costos, puede representar una solución



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

sostenible a la carencia de materias primas y que permita alargar la vida útil de los materiales (criterio de sostenibilidad) y podría apoyar la sustitución de importaciones.

En cuanto a los residuos electrónicos, la recuperación de los metales utilizados en la fabricación de éstos, requerirán nuevas soluciones biotecnológicas que permitan disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> y el riesgo sanitario por parte de quienes manipulan estos residuos y faciliten la reutilización de los productos revalorizados.

A fin de acortar la brecha tecnológica, desarrollar la cadena de proveedores e incorporar mano de obra al primer eslabón del reciclado, se requerirá analizar y conseguir procesos que permitan obtener, a partir de residuos materiales de alto valor añadido como bioproductos, nanomateriales y/o biopolímeros. Para ello es necesario poner a punto nuevas rutas de reciclado y valorización de residuos.

## **6. Marco normativo**

A nivel normativo se considera importante hacer referencia a dos normas que dan el marco legal que debe ser mínimamente considerado.

Por un lado, la Ley General del Ambiente (Nro. 25.675 - LGA) dio origen a la Ley 25.916 de presupuestos mínimos para la gestión de residuos domiciliarios, en los términos del art. 41 de la Constitución Nacional. (Se acompaña en Anexo I)

La Ley se encarga de la regulación de la gestión integral de los residuos domiciliarios, (sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional). Se exceptúan los residuos que se encuentren regulados por normas específicas.

Se entiende que un residuo domiciliario es aquel que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados. Asimismo, distingue entre los generadores especiales (producen residuos domiciliarios en calidad, cantidad y condiciones tales que, requieran de la implementación de programas particulares de gestión) y los generadores individuales (aquellos que no precisan de programas particulares de gestión). Se establece claramente que los parámetros para su determinación son establecidos por cada jurisdicción.

Por otra parte, también a nivel nacional (pero no es una norma de presupuestos mínimos de protección ambiental) debe tenerse en consideración los términos de la Ley 24.051 sobre residuos peligrosos en materia de generación, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos.

La Ley 24.051 de Residuos Peligrosos entiende por tales a todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

En particular, se considera residuos peligrosos a los residuos indicados en el Anexo I de la Ley o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II el que establece que *“La generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos quedarán sujetos a las disposiciones de la presente ley, cuando se tratare de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a jurisdicción nacional o, aunque ubicados en territorio de una provincia estuvieren destinados al transporte fuera de ella, o cuando, a criterio de la autoridad de aplicación, dichos residuos pudieren afectar a las personas o el ambiente más allá de la frontera de la provincia en que se hubiesen generado, o cuando las medidas higiénicas o de seguridad que a su respecto fuere conveniente disponer, tuvieren una repercusión económica sensible tal, que tornare aconsejable uniformarlas en todo el territorio de la Nación, a fin de garantizar la efectiva competencia de las empresas que debieran soportar la carga de dichas medidas”.*

Los residuos excluidos por la Ley son: los Residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, los que se regirán por leyes especiales y convenios internacionales vigentes en la materia.

La Ley 24.051 fue reglamentada por el Decreto 831/93 por el cual se precisa el ámbito de aplicación, las obligaciones de los generadores y transportistas como los requisitos de la incineración, entre otras disposiciones de carácter técnico.

Más allá de la distinción jurídica respecto de los residuos, también deben considerarse situaciones especiales. Por un lado, residuos no peligrosos pero generados en grandes cantidades como pueden ser los generados por el sector industrial o comercial. Por otro lado, los Residuos Especiales Domésticos (RED), que son residuos que la mayoría de la población tiene en sus casas, tales como pinturas, pesticidas, productos químicos utilizados en piletas, aceites no comestibles usados, limpiadores de uso hogareño, pilas, baterías, neumáticos usados. Estos residuos, pudiendo o no ser peligrosos, en general presentan un tratamiento como si fueran no peligrosos. Lo cierto es que si bien estos productos en su mayoría contienen productos de peligro, los mismos pueden ser utilizados sin riesgo siguiendo las instrucciones de su fabricante. Ellos se transforman en riesgosos cuando son empleados inadecuadamente o bien cuando se los guarda o dispone en forma inapropiada. También es importante considerarlos desde el punto de vista de su posibilidad y factibilidad de reciclado.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

## 7. Bibliografía consultada

Reciclado de Materiales: Perspectivas, Tecnologías y Oportunidades Realizado por Gaiker Diputación Foral Biskaia Departamento de Innovación y Promoción Tecnológica Abril 2007. <http://www.efn.uncor.edu/etc/reciclado/web/informacion/Inf10.pdf>

El reciclaje (Oportunidades Para Reducir la Generación de Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico Eva Röben Municipio de Loja/DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-{Técnica),Loja 2003

El libro del reciclaje' (Ed. RBA, 1997, 250 págs). Alfonso del Val 60 preguntas y respuestas básicas sobre residuos. CENTRO DEL PRODUCTO RECICLADO. Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente, Gedesma, 2002

Lic. Marcela Gregori, Coordinadora Institucional, MiNCyT e Ing. Gabriel Blanco, Coordinador General de "Evaluación de Necesidades Tecnológicas -ENT.", Informe Final sobre Tecnologías en Mitigación. Reporte III, Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. CABA, 2012.

<http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/ObservaRSU/file/Modulo%20I-%20Unidad%201.pdf>

<http://www.ambiente.gob.ar/observatoriorsu/grupo.asp?grupo=8077&subgrupo=9056&nota=9056>

<http://ars.org.ar/>

<http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/riesgos-tecnologias-residuos-urbanos.pdf>

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/286/6/T-ESPE-017671-2.pdf>

[http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio\\_doc/Introduccion\\_a\\_la\\_gestion\\_de\\_los\\_residuos.pdf](http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/Introduccion_a_la_gestion_de_los_residuos.pdf)

[http://www.ambiente.gob.ar/observatoriorsu/informacion\\_general/en\\_argentina.html](http://www.ambiente.gob.ar/observatoriorsu/informacion_general/en_argentina.html)