



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

---

# **RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ARGENTINA**

**TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL  
SITUACION ACTUAL Y ALTERNATIVAS FUTURAS**

Ing. Gisela Laura González

Área de Pensamiento Estratégico  
Diciembre 2010



## INDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo del informe	1
1.2. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Argentina	1
2. MARCO LEGAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN ARGENTINA	3
3. ACTUALIDAD DE LA GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN ARGENTINA	11
3.1. Generalidades	11
3.2. Demografía	11
3.3. Generación de Residuos Sólidos Urbanos en Argentina	12
3.3.1. Generación Per Cápita y Total	12
3.3.2. Composición Física de los RSU Generados	19
3.4. Recolección y Transporte de los RSU	22
3.5. Estaciones de Transferencia	24
3.6. Tratamiento: Compostaje y Reciclado	24
3.7. Disposición Final de los RSU	25
3.8. Proyectos en Ejecución	27
3.8.1. Proyecto Nacional de Gestión Integral de RSU	27
3.8.2. Programa de Gestión Integral de RSU en Municipios Turísticos	29
4. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL	31
4.1. Estaciones de Transferencia	31
4.2. Plantas de Separación y Clasificación	32
4.3. Compostaje	35
4.4. Incineración	38
4.5. Relleno Sanitario	45
4.6. Estimación de Costos	54
5. CONCLUSIONES	56
ANEXO. EXPERIENCIAS EN EL EXTERIOR.	
AMSTERDAM, HOLANDA. PLANTA DE VALORIZACION ENERGETICA.	59
FUENTES Y BIBLIOGRAFÍAS	61



## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. OBJETIVO DEL INFORME**

El presente informe tiene como objetivo principal es efectuar un diagnóstico del estado de situación actual de la República Argentina en lo que respecta a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos con énfasis en las etapas de tratamiento y disposición final así como presentar alternativas para dichas etapas teniendo en cuenta las condiciones del entorno existentes en la actualidad y previendo las necesidades futuras de acuerdo a las proyecciones de generación en función del crecimiento poblacional.

Por otro lado para que el encuadre sea el apropiado se describe el marco legislativo vigente a nivel nacional, provincial y municipal, para encarar las actividades de acuerdo a las condiciones que actualmente las regulan.

Asimismo se presentan alternativas de generación de energía asociadas a la disposición final en relleno sanitario y a través de instalaciones de valorización energética mediante métodos de incineración.

Se menciona como tema de actualidad la necesidad de implementar políticas de reducción de generación en origen y disposición diferenciada de los residuos en pos de efectuar el reciclado de los mismos y de esta forma lograr una reducción significativa de la cantidad de residuos derivados a disposición final.

Asociado a la necesidad de implementar políticas de reciclaje se presentan los resultados de los últimos estudios de calidad de los residuos sólidos urbanos, siendo de vital utilidad al diseñar dichos planes así como también a la hora de determinar los tratamientos factibles de acuerdo a las características particulares de los residuos generados en el país.

Finalmente se busca brindar información sobre sistemas de tratamiento y disposición final desarrollados en el exterior que sirvan como referencia para futuras implementaciones en nuestro país, más allá de las indispensables adaptaciones que ellos puedan requerir para tener éxito en Argentina.

### **1.2. GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN ARGENTINA**

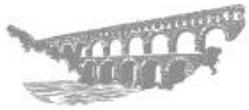
La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) debe considerarse una disciplina asociada a la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y/o transporte y disposición final de los residuos sólidos, para su correcto control, y en armonía con principios económicos, de higiene y salud pública, de ingeniería y de las correspondientes consideraciones ambientales para responder adecuadamente a las expectativas públicas.

La GIRS comprende un conjunto de acciones normativas, operacionales, financieras y de planificación, que una administración debe desarrollar basándose en criterios sanitarios, ambientales, sociales y económicos para recolectar, tratar y disponer los residuos generados en su territorio.

Por lo tanto gestionar los residuos sólidos urbanos (RSU) de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición, utilizando las tecnologías más compatibles con la realidad local, dándoles un destino final ambientalmente seguro, tanto en el presente como en el futuro.

Cada municipio debe buscar su propio modelo de gestión, y tener presente que la cantidad y la calidad de los residuos sólidos generados por cada municipio es principalmente en función de su población, economía y grado de urbanización.

La gestión de los residuos sólidos conlleva a diversas problemáticas, tanto sea a nivel global como lo son la tendencia demográfica creciente, aumento en la generación per cápita, requerimientos de



espacio físico, tecnológicos y presupuestarios para una correcta gestión como en lo que respecta a la realidad latinoamericana y puntualmente de Argentina.

En los países latinoamericanos se identifica un desarrollo reciente de marcos normativos exigentes desde un punto de vista ambiental, en lo que respecta a la gestión de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos, los cuales muchas veces no coinciden con la realidad socioeconómica o presupuestaria de muchos sitios. Ejemplo de ello son los basurales a cielo abierto donde se efectúa la disposición final de los residuos en la mayoría de las ciudades y municipios de Argentina y de toda Latinoamérica, siendo escasos los rellenos sanitarios en que se efectúa una disposición correcta y controlada, tanto desde el punto de vista ambiental como del bienestar social.

La GIRS presenta actuales problemáticas que, proyectadas al futuro, requieren la toma de acciones en el corto plazo. En este sentido, se requiere un conocimiento cabal del estado de situación relativo a la gestión de RSU en todo el país, principalmente en las grandes urbes, sobre el cual desarrollar programas que contemplen desde cambios normativos, análisis de factibilidad y desarrollo de proyectos.

Dichos cambios requieren una planificación y un nivel de confianza tales de ir cumpliendo metas puntuales en el marco de una serie de objetivos globales.

En esa línea de acción la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, ha diseñado en el año 2005 la *Estrategia Nacional de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)*.

Esta estrategia es considerada como el inicio del desarrollo en Argentina de la Gestión Integral de RSU, que, según lo expresado por la propia secretaría deberá ser actualizada y perfeccionada periódicamente, en intervalos de tiempo no mayores de cinco años, dentro del marco de mejora continua, con la intervención de los actores involucrados y de acuerdo con los distintos escenarios que proporciona el amplio territorio nacional.

La SAyDS considera que dicha estrategia en el conjunto de medidas que tienden a implementar un Sistema de Gestión Integral de RSU en el territorio nacional. El fin es contribuir al mejoramiento de la salud de la población y la preservación del ambiente.

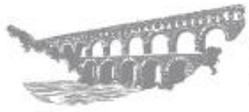
En el desarrollo del presente documento se citará en diversas oportunidades la ENGIRSU como fuente de datos estadísticos y proyectos en ejecución.



## 2. MARCO LEGAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN ARGENTINA

A continuación se presenta una matriz integrada a nivel nacional, provincial y municipal de la legislación vigente en materia de residuos sólidos urbanos.

AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Nación	Constitución Nacional	Art. 41	Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las actividades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.
Nación	Ley 25.675/02	General del Ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de política ambiental. Ley marco que debe ajustarse a normas específicas.
Nación	Ley 25.916/04	Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias.
CABA	Dec. 2.225/03	Recuperación de Basurales a Cielo Abierto	Tramita el proyecto de contrato a suscribirse entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Coordinación Ecológica Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), para la Recuperación y Erradicación de los Basurales a Cielo Abierto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
CABA	Res 56/03	Módulos Villa Domínico CEAMSE	Se convalida el depósito de residuos sólidos provenientes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, realizado por el CEAMSE, en los módulos de relleno sanitario de Villa Domínico.
CABA	Ley 992/03 Dec. Reg. 622/03 Dec. Mod. 422/04 Res 71/06	Formalización de Actividad de Recuperadores Urbanos	Se declaran "servicios públicos" a los servicios de higiene urbana de la CABA, incorporándose, en esta categoría, a los recuperadores de residuos reciclables. Se crea el registro de recuperadores, y de cooperativas y



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
			pequeñas y medianas empresas.
CABA	Res 50/05 Res 640/07 Res 808/07	Separación de Residuos Domiciliarios	Establece la obligación, para los generadores denominados "Hoteles", de cuatro y cinco estrellas, edificios públicos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - administrativos-, Corporación Puerto Madero y edificios de propiedad horizontal que tengan una altura superior a 19 pisos radicados en el ejido de la Ciudad, de separar los residuos domiciliarios generados, y disponerlos en forma diferenciada, a partir del 20 de febrero de 2005.
CABA	Ley 1.854/05 Dec. Reg. 639/07	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes. En este sentido la Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero".
CABA	Res 191/06 Res 746/07	Manejo de Residuos Sólidos Urbanos	Crea el Programa Manejo Responsable de Residuos Sólidos Urbanos.
CABA	Res 753/07 Res 803/07	Registro Recuperadores Urbanos y Cooperativas	Se transfieren como subregistros el "Registro Único Obligatorio Permanente de Recuperadores Urbanos" y el "Registro Permanente de Cooperativas y Pequeñas y Medianas Empresas". Se aprueban el "Manual de Procedimiento para el Programa de Recuperadores Urbanos", las credenciales identificatorias y la reglamentación de inscripción en el "REPyME".
Buenos Aires	Decreto-Ley 9.111/78	Regulación de la disposición final de la basura en los partidos del Área Metropolitana	Comprende los partidos de Vicente López, San Isidro, San Fernando, Tigre, General Sarmiento, General San Martín, Tres de Febrero, Morón, Merlo, Moreno, La Matanza, Esteban Echeverría, Almirante Brown, Lomas de Zamora, Quilmes, Avellaneda, Lanús, Florencio Varela, Berazategui, Berisso, Ensenada y La Plata. La disposición final de los residuos se efectuará exclusivamente por el sistema de relleno sanitario y se efectuará únicamente por intermedio de CEAMSE.



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Buenos Aires	Ley 1.142/02	Municipios no incluídos en Decreto-Ley 9.111/78	Para aquellos municipios no incluídos en el Decreto-Ley 9.111 unificar un centro actualizado de información en la materia resulta necesario crear el Registro Provincial de Tecnologías de Recolección, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos, en función de lo cual deben establecerse pautas y normas de procedimiento para la inscripción de las tecnologías respectivas.
Buenos Aires	Ley 1.143/02	Plantas de Disposición Final no incluídos en Decreto-Ley 9.111/78	Recaudos mínimos a cumplimentar en las plantas de disposición de tales residuos, exceptuando las comprendidas por el Decreto-Ley N° 9.111/78, estableciendo un tratamiento diferencial en función de la carga diaria a disponer; Que deviene aconsejable establecer el punto diferencial de tratamiento normativo y operativo entre una carga diaria a disponer hasta 50 toneladas y una mayor a 50 toneladas.
Buenos Aires	Ley 13.592/06 Dec. Reg. 1.215/10	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene como objeto fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25.916 de "presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios".
Buenos Aires	Ley 13.657/07	Modificación del Art.8 de la Ley 13.592/06	Los Municipios comprendidos en el Decreto-Ley 9.111/78 tienen un plazo de tres (3) meses a partir de la entrada en vigor de la presente ley para manifestar su continuidad o no con lo estipulado en el artículo 3° de la norma precitada y notificar de ello al CEAMSE y a la Autoridad Ambiental Provincial. Transcurrido dicho plazo sin pronunciamiento alguno, se reputará que el Municipio continúa adherido al sistema del CEAMSE.
Catamarca	5.002/00	Régimen de Desechos y Residuos Sólidos en el Ámbito Provincial	Régimen que regirá el tratamiento de los desechos y residuos sólidos o semi sólidos, ya sean éstos de origen domiciliario, industrial, sanitario y comercial. Objetivos: Promover un manejo racional, reducir volumen de generación, conciencia ambiental y minimizar impactos negativos.
Chubut	Dec. 581/06	Creación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Se crea en el ámbito de la Dirección General de Protección Ambiental, dependiente de la Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente,



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
			del Ministerio de la Producción, la Unidad Técnica Provincial para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (UTPGIRSU), cuya tarea primordial será la articulación y coordinación de los municipios entre sí, para la concreción del Plan Estratégico Provincial en Gestión Integral de RSU, en el marco de la Estrategia Nacional.
Chubut	Ley 5.771/08	Aprobación del Acuerdo Marco Intermunicipal - Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Entre el Gobierno de Chubut y los municipios de Puerto Madryn, Trelew, Rawson, Gaiman y Dolavon, con el objeto de regular la gestión mancomunada de residuos sólidos urbanos generados en los municipios parte a fin de promover el desarrollo sustentable y la protección del ambiente.
Entre Ríos	Ley 9.345/01	Utilización productiva de residuos sólidos domiciliarios	Se declara de interés provincial la implementación del plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios que llevan a cabo municipios de la Provincia de Entre Ríos.
La Rioja	Ley 6.215/96	Tratamiento y Disposición Final de Residuos	Se dispondrán los residuos sólidos, con métodos sanitarios adecuados, de tal forma que no afecten la salud humana, como tampoco el ambiente natural. Erradicando los basurales a cielo abierto y los micros basurales en terrenos baldíos, se impedirá el vuelco en cauces de riego, arroyos, ríos, embates o espejos de agua.
Mendoza	Ley 5.970/92	Residuos Urbanos	Los municipios de Mendoza erradicarán todos los basurales a cielo abierto y los microbasurales en terrenos baldíos que se encuentren dentro de sus límites. Asimismo, impedirán el vuelco de residuos en causas de riesgo o el mal enterramiento de los mismos.
Mendoza	Dec. 2.390/04	Aprobación del Acta Complementaria del Convenio Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y las Municipalidades de Rivadavia, San Martín, Junín, Santa Rosa y La Paz para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos en los Departamentos de la Zona Este.
Mendoza	Dec. 2.465/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y las Municipalidades de Godoy Cruz y Guaymallén, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Mendoza	Dec. 2.885/04	Aprobación del Acta Complementaria del Convenio Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y el municipio de Maipú para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos en los Departamentos de la Zona Este.
Mendoza	Dec. 2.886/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.802/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Lavalle, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 1.561/05	Aprobación Protocolo del II Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 1.697/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.022/05	Convenio para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Luján de Cuyo y Maipú, el que tiene por objeto incorporar la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos ubicada en el Distrito Barrancas, Departamento Maipú en el marco del Plan Provincial de Residuos Sólidos Urbanos y mejorar la situación actual de disposición de residuos sólidos urbanos en el ámbito del Departamento Luján de Cuyo
Mendoza	Dec. 2.216/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Santa Rosa, que tiene por objeto mejorar la situación actual de disposición de Residuos Sólidos Urbanos.
Mendoza	Dec. 2.801/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital, para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos y peligrosos en los departamentos del Área Metropolitana.



<b>AMBITO</b>	<b>LEY/DEC/RES</b>	<b>TITULO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Mendoza	Dec. 2.800/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 3.123/06	Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos en los Departamentos del Área Metropolitana.
Mendoza	Dec. 3.124/06	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 1.533/07	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.031/07	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 3.258/09	Aprobación Protocolo del Convenio para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital que tiene por objeto mejorar la situación actual de disposición de Residuos Sólidos Urbanos en el Departamento Capital, mediante la colaboración en el pago de la tarifa por disposición final de residuos en el vertedero controlado de la Municipalidad de Las Heras.
Mendoza	Dec. 3.231/10	Aprobación del Acta Complementaria al Convenio para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los RSU y Peligrosos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Luján de Cuyo y Maipú que aprueba el nuevo valor acordado para el pago por tonelada de los residuos dispuesto en la Planta de Tratamiento de Residuos de Maipú.
Misiones	Ley 4.274/06	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer las exigencias básicas de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el ámbito de la provincia, conforme a lo establecido por la Ley Nº 25.916 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de R.S.U.



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Misiones	Ley 4.297/06	Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos	Convalida los actos jurídicos y administrativos asociados a la implantación, desarrollo y funcionamiento del Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos de Misiones y a la modalidad utilizada por el Poder Ejecutivo provincial en la concesión de los servicios de transporte, tratamiento y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos, Asimilables y Patológicos y su extensión a toda la Provincia.
Misiones	Ley 4.321/06	Valoración de Residuos Domiciliarios	Establece que a los fines de promover la valoración de residuos domiciliarios, los comercios de la provincia deben despachar sus productos en bolsas de polietileno identificadas con diseños y colores previstos en la presente ley, independientemente de las leyendas o propagandas del comercio en particular.
Neuquén	Ley 2.648/09	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer el conjunto de principios y obligaciones básicas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Provincia del Neuquén, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley Nacional 25.916, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios, con el fin último de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población.
Salta	Dec. 1.365/10	Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Entre los objetivos primordiales del mencionado plan se destaca diseñar, promover y ejecutar acciones de prevención en el marco de la problemática que aqueja sobre el correcto manejo de los residuos en los distintos puntos de la Provincia.
Santa Cruz	Ley 2.829/05	Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos	Los residuos sólidos urbanos deberán disponerse en forma definitiva por medio de la metodología de relleno sanitario. Asimismo se deberán implementar tratamientos de estabilización biológica y recuperación de materiales. Se prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y quema de residuos.



AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Santa Fe	Res 128/04	Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos	Los residuos sólidos urbanos deberán disponerse en forma definitiva por medio de la metodología de relleno sanitario. Asimismo se deberán implementar tratamientos de estabilización biológica y recuperación de materiales. Se prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y quema de residuos.
Tucumán	Ley 7.622/05 Dec. Reg. 4.388/05 Dec. Mod. 26/06	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Queda sujeto a las disposiciones de la presente ley, todo lo referente a la generación, manipulación, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos. Queda prohibida la disposición final de los residuos sólidos urbanos a cielo abierto y/o su vuelco en cursos de agua, en todo el ámbito del territorio provincial.
Tucumán	Ley 7.681/05	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica Anexo I punto 3.14.
Tucumán	Ley 8.054/05	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica Anexo I punto 3.14.
Tucumán	Ley 7.874/07	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica artículo 3º.
Tucumán	Ley 8.177/09	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Define Residuos Sólidos Urbanos y Gestión Integral de los mismos. Prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y cursos de agua. Lineamientos para desarrollo de un plan de gestión de los RSU en la provincia entre otros.



### **3. ACTUALIDAD DE LA GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN ARGENTINA**

#### **3.1. GENERALIDADES**

Según lo publicado por la SAyDS en nuestro país no se llevan estadísticas detalladas respecto a la cuantificación, caracterización, evolución de la generación y demás aspectos vinculados al manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU), como así tampoco se han realizado estudios extensivos que abarquen o puedan ser representativos para todo el territorio, con excepción de uno llevado a cabo por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en 2002.

La tarea de establecer una línea de base de las variables e indicadores asociados a los RSU, demandó a la SAyDS a recurrir a diversas fuentes y vincular distintos tipos de información. En Argentina, esta tarea se dificulta, ya que son escasos los organismos que tienen los datos organizados en bases compatibles, y son más los que los presentan dispersos o directamente no los poseen, lo cual obliga a realizar abstracciones inferencias y procesamientos manuales.

El estudio de antecedentes realizado en el marco de la preparación de la ENGIRSU, se basó fundamentalmente en un relevamiento de nuevos datos, obtenidos en forma directa a través de visitas y entrevistas con funcionarios municipales.

En el marco de la preparación de la ENGIRSU se llevó a cabo un relevamiento de datos *ad hoc* en 19 provincias argentinas, que involucró la visita a 83 municipios. Se excluyeron del relevamiento directo aquellos que están bajo la órbita del CEAMSE y también los que pertenecen a las provincias de Córdoba, Entre Ríos, La Rioja y Mendoza, dada la existencia de estudios específicos desarrollados en esas cuatro provincias. De este modo se conformó una muestra de 376 municipios, abarcando una población de 12,6 millones de habitantes.

Si bien partieron de una base muestral no suficiente para realizar inferencias estadísticas para algunas de las variables de interés, se extendió la información a través de la combinación y extrapolación con otros estudios de mayor profundidad realizados para ciertas regiones, y del complemento con otros aportes de diversas fuentes de información.

Respecto a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a los municipios de la Provincia de Buenos Aires que se encuentran regionalizados bajo la operación del CEAMSE, a los fines del procesamiento de la información, la SAyDS los consideró en forma independiente a la muestra referida, dado que en este caso sí se contaba con algunas estadísticas detalladas.

#### **3.2. DEMOGRAFIA**

La generación de RSU está íntimamente relacionada con la cantidad de habitantes del área. Por otro lado para poder implementar una adecuada GIRS es importante determinar de qué forma están distribuidos dichos habitantes, dado que las distancias entre municipios y la generación de residuos en cada uno de ellos son datos fundamentales para aplicar políticas de regionalización.

La tabla siguiente muestra la división política, la distribución de la población por provincia, la superficie de cada una de ellas y la correspondiente densidad poblacional.

Se tomaron como datos poblacionales de base las proyecciones efectuadas por el INDEC en base al CENSO 2001 para los años subsiguientes hasta el 2015.



PROVINCIA	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	2005		2010		2015	
		POBLACION	DENSIDAD	POBLACION	DENSIDAD	POBLACION	DENSIDAD
		HAB	HAB/KM <sup>2</sup>	HAB	HAB/KM <sup>2</sup>	HAB	HAB/KM <sup>2</sup>
Total del país	2.780.403	38.592.150	13,88	40.518.951	14,57	42.403.087	15,25
Ciudad de Bs As	203	3.018.102	14.867,50	3.058.309	15.065,56	3.090.922	15.226,22
Buenos Aires	307.571	14.654.379	47,65	15.315.842	49,80	15.940.645	51,83
Catamarca	102.602	365.323	3,56	404.240	3,94	444.824	4,34
Córdoba	165.321	3.254.279	19,68	3.396.685	20,55	3.531.817	21,36
Corrientes	88.199	980.813	11,12	1.035.712	11,74	1.091.889	12,38
Chaco	99.633	1.024.934	10,29	1.071.141	10,75	1.119.667	11,24
Chubut	224.686	445.458	1,98	470.733	2,10	494.904	2,20
Entre Ríos	78.781	1.217.212	15,45	1.282.014	16,27	1.345.355	17,08
Formosa	72.066	517.506	7,18	555.694	7,71	597.418	8,29
Jujuy	53.219	652.577	12,26	698.474	13,12	744.560	13,99
La Pampa	143.440	321.653	2,24	341.456	2,38	360.694	2,51
La Rioja	89.680	320.602	3,57	355.350	3,96	391.614	4,37
Mendoza	148.827	1.675.309	11,26	1.765.685	11,86	1.852.017	12,44
Misiones	29.801	1.029.645	34,55	1.111.443	37,30	1.197.823	40,19
Neuquén	94.078	521.439	5,54	565.242	6,01	608.090	6,46
Río Negro	203.013	587.430	2,89	603.761	2,97	617.216	3,04
Salta	155.488	1.161.484	7,47	1.267.311	8,15	1.379.229	8,87
San Juan	89.651	666.446	7,43	715.052	7,98	762.857	8,51
San Luis	76.748	409.280	5,33	456.767	5,95	505.730	6,59
Santa Cruz	243.943	213.845	0,88	234.087	0,96	254.629	1,04
Santa Fe	133.007	3.177.557	23,89	3.285.170	24,70	3.386.133	25,46
Santiago del Estero	136.351	839.767	6,16	883.573	6,48	930.535	6,82
Tierra del Fuego	21.571	115.286	5,34	133.694	6,20	152.979	7,09
Tucumán	22.524	1.421.824	63,12	1.511.516	67,11	1.601.540	71,10

Fuente: Elaboración propia en base a datos ENGRSU 2005 – INDEC 2001 y proyecciones.

Como se puede observar en la tabla precedente en muchos casos podríamos decir que la cantidad de habitantes es inversamente proporcional a la superficie del área de estudio. Esta situación es una de las complicaciones que presenta nuestro país a la hora de diagramar la gestión de residuos. Las distancias a recorrer para el depósito de los RSU es inversa a la generación que se presenta en dichos lugares.

Por otro lado al tratarse de un país tan extenso y con disparidad en la distribución de sus habitantes es difícil en muchos casos tratar de implementar la regionalización en la gestión de residuos y será necesario enfocar soluciones individuales para cada municipio.

### 3.3. GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

#### 3.3.1. GENERACION PER CAPITA Y TOTAL

Las cantidades de residuos sólidos generadas y recolectadas son de una importancia crítica para determinar el cumplimiento de los programas de desviación de residuos; para seleccionar equipamiento específico y para el diseño de los recorridos de recolección, instalaciones de clasificación y centros de disposición final.



La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generadas separadas para el reciclaje y recolectadas para un procesamiento adicional o para su evacuación final, es obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implementar programas efectivos de gestión de residuos sólidos.

Las cantidades de residuos normalmente se estiman basándose en datos recolectados durante el transcurso de los estudios de calidad de los residuos, utilizando datos previos sobre la generación de residuos, o una combinación de ambos.

Por la estabilidad relativa de la producción de residuos sólidos domiciliarios en una determinada locación, la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es kg/hab.día, denominada *generación per cápita (GPC)*.

En la tabla siguiente se expone la generación diaria y anual total por provincias en base a la población proyectada por el INDEC a partir de los datos del CENSO 2001 para los años 2005, 2010 y 2015 y partiendo como base de los datos de generación per cápita (GPC) relevados en el 2005 en el marco de la ENGIRSU.

Si bien la GPC es un valor que varía en función de factores económicos se puede considerar para este tipo de análisis un número fijo promedio para proyectar la generación futura. Por otro lado se debe tener en cuenta que la GPC incluye los residuos generados por el servicio de barrido y limpieza de calles y sumideros.

PROVINCIA	GPC	2005			2010			2015		
		POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO	POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO	POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO
		HAB	TN/DIA	TN/AÑO	HAB	TN/DIA	TN/AÑO	HAB	TN/DIA	TN/AÑO
Total del país	0,85	38.592.150	34.394,92	12.554.146,54	40.518.951	36.036,39	13.153.282,19	42.403.087	37.631,06	13.735.337,97
Ciudad de Buenos Aires	1,23	3.018.102	3.712,27	1.354.976,89	3.058.309	3.761,72	1.373.027,83	3.090.922	3.801,83	1.387.669,43
Buenos Aires	0,83	14.654.379	12.163,13	4.439.544,12	15.315.842	12.712,15	4.639.934,33	15.940.645	13.230,74	4.829.218,40
Catamarca	0,69	365.323	252,07	92.006,60	404.240	278,93	101.807,84	444.824	306,93	112.028,92
Córdoba	1,05	3.254.279	3.416,99	1.247.202,43	3.396.685	3.566,52	1.301.779,53	3.531.817	3.708,41	1.353.568,87
Corrientes	0,87	980.813	853,31	311.457,17	1.035.712	901,07	328.890,35	1.091.889	949,94	346.729,35
Chaco	0,61	1.024.934	625,21	228.201,56	1.071.141	653,40	238.489,54	1.119.667	683,00	249.293,86
Chubut	0,95	445.458	423,19	154.462,56	470.733	447,20	163.226,67	494.904	470,16	171.607,96
Entre Ríos	0,6	1.217.212	730,33	266.569,43	1.282.014	769,21	280.761,07	1.345.355	807,21	294.632,75
Formosa	0,65	517.506	336,38	122.778,30	555.694	361,20	131.838,40	597.418	388,32	141.737,42
Jujuy	0,71	652.577	463,33	169.115,33	698.474	495,92	181.009,54	744.560	528,64	192.952,72
La Pampa	0,98	321.653	315,22	115.055,28	341.456	334,63	122.138,81	360.694	353,48	129.020,24
La Rioja	0,77	320.602	246,86	90.105,19	355.350	273,62	99.871,12	391.614	301,54	110.063,11
Mendoza	1,15	1.675.309	1.926,61	703.210,95	1.765.685	2.030,54	741.146,28	1.852.017	2.129,82	777.384,14
Misiones	0,44	1.029.645	453,04	165.360,99	1.111.443	489,03	178.497,75	1.197.823	527,04	192.370,37
Neuquén	0,92	521.439	479,72	175.099,22	565.242	520,02	189.808,26	608.090	559,44	204.196,62
Río Negro	0,86	587.430	505,19	184.394,28	603.761	519,23	189.520,58	617.216	530,81	193.744,10
Salta	0,76	1.161.484	882,73	322.195,66	1.267.311	963,16	351.552,07	1.379.229	1.048,21	382.598,12



PROVINCIA	GPC	2005			2010			2015		
		POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO	POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO	POBLACION	GEN DIA	GEN AÑO
		HAB	TN/DIA	TN/AÑO	HAB	TN/DIA	TN/AÑO	HAB	TN/DIA	TN/AÑO
San Juan	0,96	666.446	639,79	233.522,68	715.052	686,45	250.554,22	762.857	732,34	267.305,09
San Luis	1,12	409.280	458,39	167.313,66	456.767	511,58	186.726,35	505.730	566,42	206.742,42
Santa Cruz	0,82	213.845	175,35	64.003,81	234.087	191,95	70.062,24	254.629	208,80	76.210,46
Santa Fe	1,11	3.177.557	3.527,09	1.287.387,22	3.285.170	3.646,54	1.330.986,63	3.386.133	3.758,61	1.371.891,78
Santiago del Estero	0,83	839.767	697,01	254.407,41	883.573	733,37	267.678,44	930.535	772,34	281.905,58
Tierra del Fuego	0,64	115.286	73,78	26.930,81	133.694	85,56	31.230,92	152.979	97,91	35.735,89
Tucumán	0,73	1.421.824	1.037,93	378.845,00	1.511.516	1.103,41	402.743,44	1.601.540	1.169,12	426.730,33



La tabla precedente se confeccionó con datos publicados en la ENGIRSU 2005, CEAMSE 2010 y proyecciones de población futura publicadas por el INDEC.

De los datos anteriores podemos concluir en una GPC promedio en todo el país de 0,85 kg/hab/día. Por otro lado en la actualidad Argentina genera un total de 36.036,39 toneladas de residuos sólidos urbanos por día y 13.153.282,19 toneladas por año.

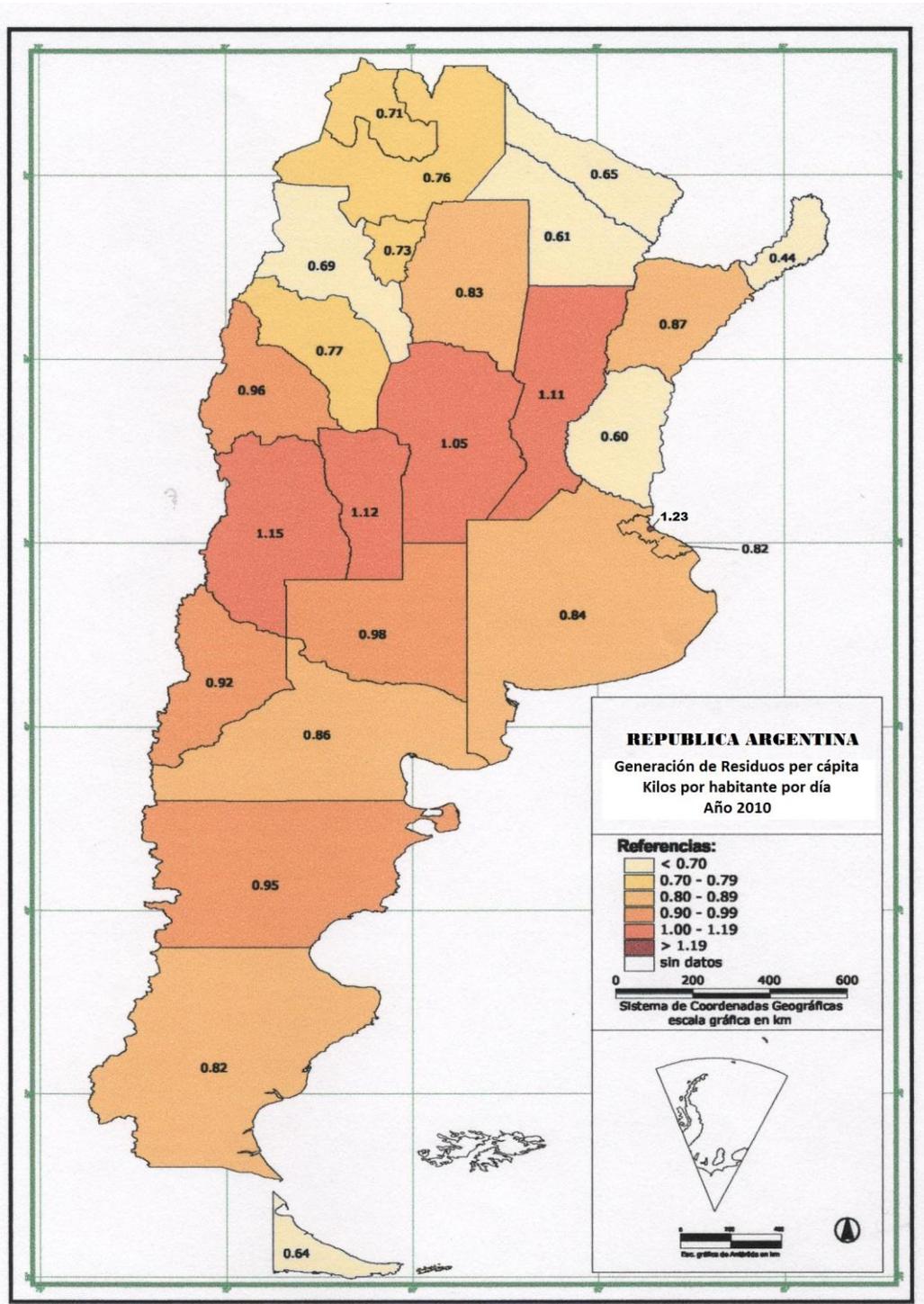
Un dato para destacar es el pico de GPC que presenta la Ciudad Autónoma de Buenos Aires de 1,23 kg/hab/día, o sea 3.761,72 toneladas de residuos diarios, totalizando en el año 1.373.027,83 toneladas.

Por el contrario podemos observar que la provincia con menor GPC es Misiones presentando 0,44 kg/hab/día, lo que implica 489,03 toneladas por día y 178.497,75 toneladas por año.

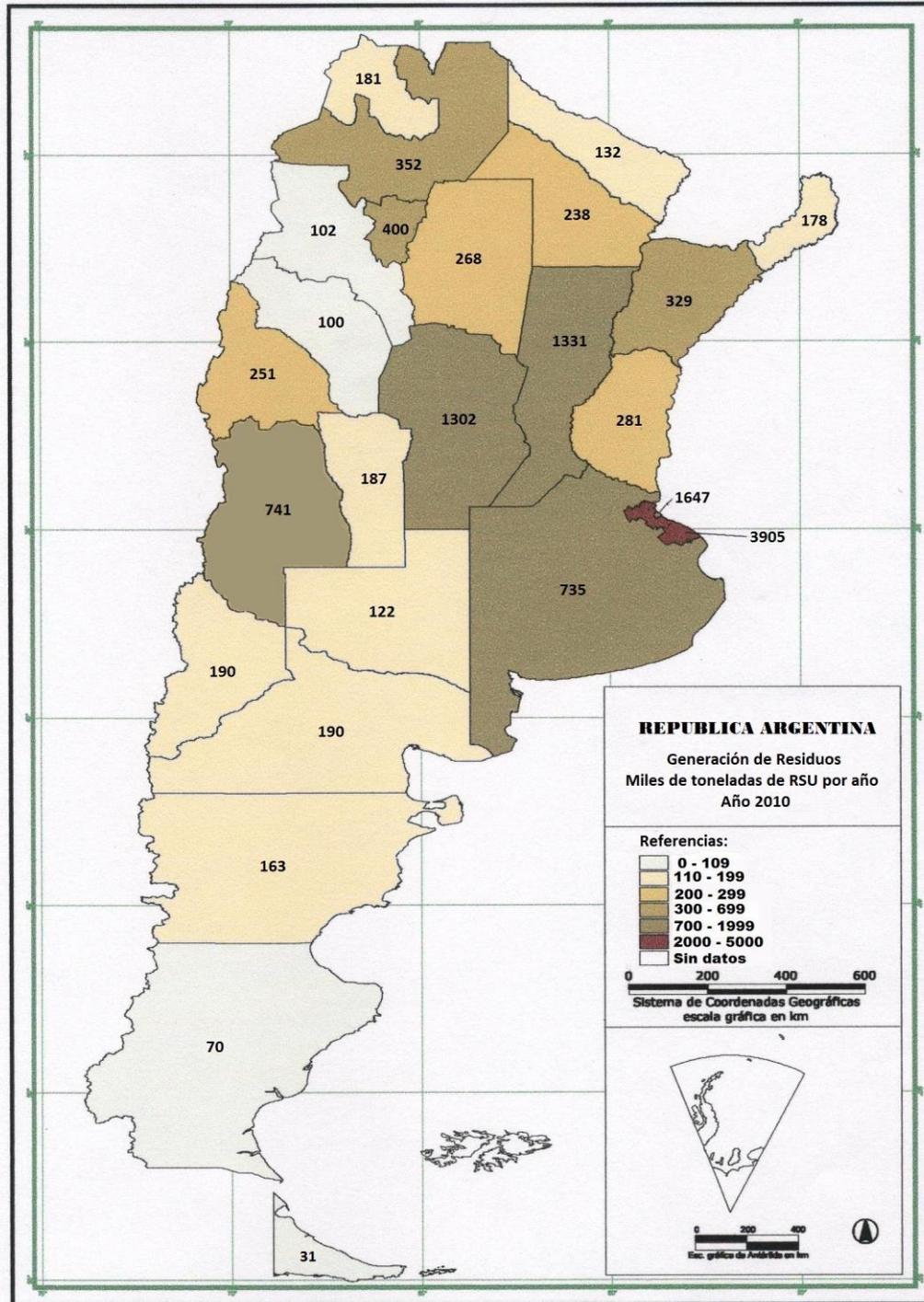
Como último análisis se resalta que la provincia de Buenos Aires es la mayor generadora de residuos del país, con un total anual de 4.639.934,33 toneladas y la provincia con menor generación es Tierra del Fuego registrando un valor de 31.230,92 toneladas anuales.

Es de importancia destacar que de la generación total anual de la provincia de Buenos Aires aproximadamente 3.905.000 toneladas corresponden a la generación exclusiva de los partidos del conurbano bonaerense.

En los mapas que se presentan a continuación se plasman los valores actuales de GPC y generación total anual por provincia distribuidos en el territorio argentino.



Fuente: Actualización propia en base a mapa publicado en documento ENGIRSU.



Fuente: Actualización propia en base a mapa publicado en documento ENGIRSU.



### **3.3.2. COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS GENERADOS**

#### ***Ciudad Autónoma de Buenos Aires***

El Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires (CABA), fue realizado por el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), a través del convenio de asistencia técnica celebrado entre la Coordinación Ecológica Metropolitana (CEAMSE) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, a fines del año 2005.

Dicho Instituto ha realizado Estudios de Calidad de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires, en los años 1972, 1991, 2001, verano 2005/2006, invierno 2006, otoño 2007 y primavera 2008, mediante la suscripción de diferentes Convenios con CEAMSE y la Dirección de Higiene Urbana del Gobierno de la Ciudad.

El Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos tiene por objetivo general obtener información actualizada sobre las características de generación y composición de dichos residuos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La mayor parte de los muestreos se llevaron a cabo en las Estaciones de Transferencia del CEAMSE, por lo tanto, estos tienen en cuenta la calidad y la generación de los residuos recolectados por los Servicios de Higiene Urbana, sin considerar la recolección realizada por los recuperadores urbanos.

Dada las actuales condiciones de los servicios, que incluyen presencia de recuperadores urbanos en todo el ámbito de la ciudad, se consideró importante dentro del estudio, evaluar la real generación de los RSU, tal cual son producidos por los vecinos de ciudad, previo a las segregaciones.

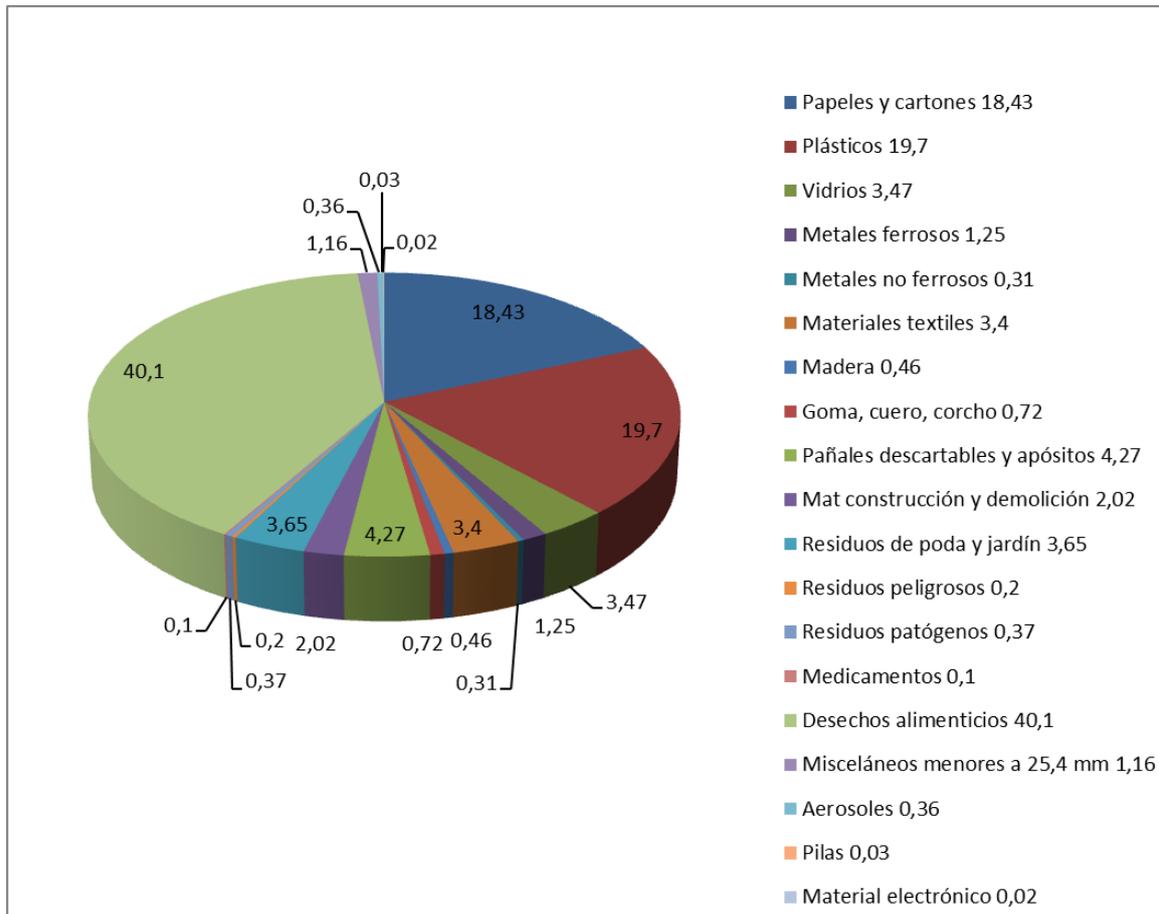
A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el último estudio publicado en febrero de 2009.

*Composición Física de los RSU de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2009*

COMPONENTE	Total	Usos del Suelo				Nivel Socio Económico		
		Central	Residencial	Residencial Comercial	Mixto	Alto y Medio Alto	Medio	Medio Bajo y Bajo
		%	%	%	%	%	%	%
Papeles y cartones	18,43	22,07	18,06	17,36	18,83	19,89	16,94	19,89
Plásticos	19,70	22,06	19,65	19,03	18,83	22,17	18,57	19,05
Vidrios	3,47	2,93	3,57	3,78	2,80	3,80	3,48	3,04
Metales ferrosos	1,25	0,89	1,27	1,38	1,31	1,19	1,34	1,13
Metales no ferrosos	0,31	0,32	0,26	0,57	0,23	0,36	0,30	0,28
Materiales textiles	3,40	0,55	3,57	4,05	4,28	2,08	4,12	3,48
Madera	0,46	0,21	0,25	1,05	1,24	0,24	0,35	0,99
Goma, cuero, corcho	0,72	0,59	0,58	1,15	1,17	0,57	0,60	1,20
Pañales descartables y apósitos	4,27	2,36	4,88	3,89	2,63	4,74	4,49	3,15
Mat construcción y demolición	2,02	0,74	2,17	1,60	3,08	0,46	2,61	2,68
Residuos de poda y jardín	3,65	2,26	3,56	3,80	5,61	2,53	4,18	3,87
Residuos peligrosos	0,20	0,00	0,28	0,11	0,05	0,06	0,33	0,11
Residuos patógenos	0,37	0,58	0,47	0,00	0,00	0,04	0,60	0,27
Medicamentos	0,10	0,53	0,07	0,00	0,01	0,09	0,04	0,25
Desechos alimenticios	40,10	42,30	39,77	40,67	39,02	39,98	40,53	39,31
Misceláneos menores a 25,4 mm	1,16	1,19	1,19	1,13	0,91	1,35	1,17	0,89
Aerosoles	0,36	0,41	0,35	0,40	0,25	0,44	0,33	0,33
Pilas	0,03	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Material electrónico	0,02	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,06

Fuente: Estudio de Calidad de los Residuos de la CABA 2009 – CEAMSE/UBA

*Composición Física Total de los RSU de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2009*



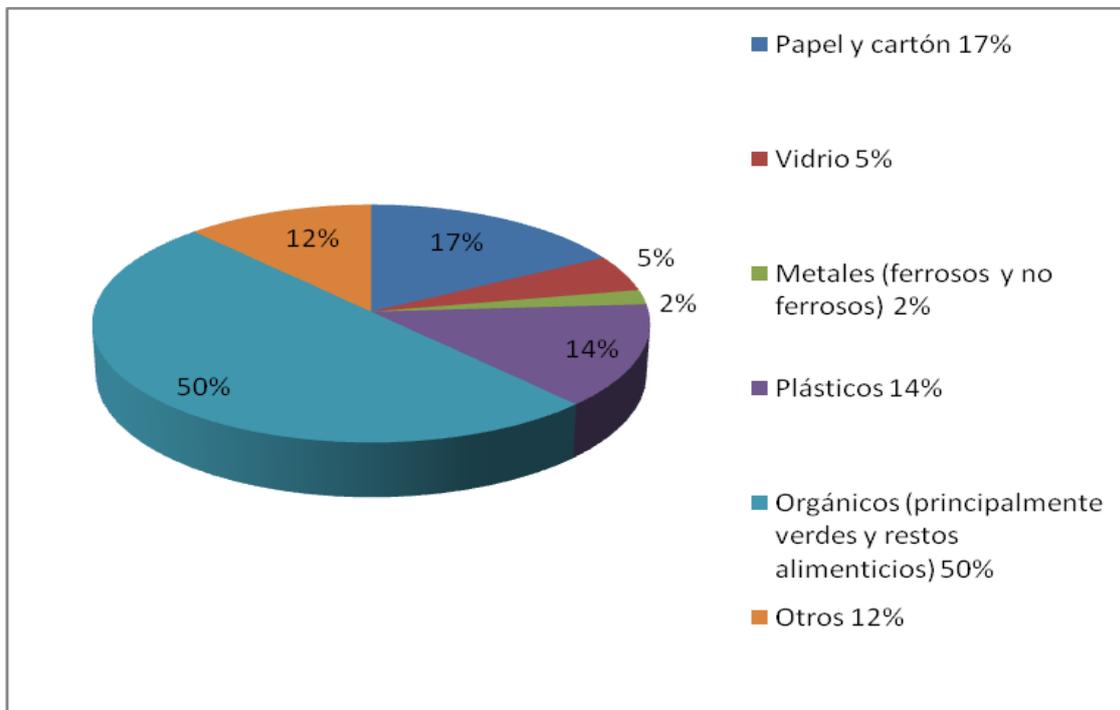
Fuente: Elaboración propia en base a Estudio de Calidad de los Residuos de la CABA 2009 – CEAMSE/UBA

**República Argentina**

La caracterización física de los residuos se encuentra vinculada principalmente a factores socio-económicos los cuales se han ido modificando sensiblemente en los últimos tiempos, por tal motivo no es posible extraer conclusiones taxativas respecto a la composición física de los RSU, dado que no se cuenta con un estudio global como el efectuado para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Sin embargo en el marco de la ENGIRSU se han analizado todos los datos disponibles para distintas localizaciones y momentos del país, se encuentra que algunos de los materiales presentes en los RSU corresponden a valores que pueden considerarse típicos dentro de un rango de variación, como se observa en el gráfico siguiente.

### Estimación de la Composición Física Total de los RSU de la República Argentina



Fuente: Elaboración propia en base informe ENGIRSU 2005

Teniendo en cuenta los datos anteriores y las estimaciones efectuadas por diversos organismos, como es el caso del estudio efectuado por la OPS en el 2002, podemos consignar que los RSU en el país, en promedio, tienen una humedad superior al 50%. Este dato es de suma relevancia a la hora del estudio de alternativas de tratamiento y disposición final de los RSU.

Asimismo los porcentajes anteriores indican que una fracción importante de los residuos generados en el país puede considerarse posible de reciclar, siendo estos el plástico, papel y cartón y vidrio en menor medida.

### 3.4. RECOLECCION Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

La recolección de los residuos sólidos y su transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final, es responsabilidad de los municipios, o sea se trata de un servicio público que impide el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades los que encuentran protección y alimento en los residuos.

Para que dicho servicio se lleve a cabo es necesaria la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios preestablecidos.

Para que el proceso se efectúe en forma correcta y satisfactoria el organismo responsable debe garantizar la universalidad del servicio prestado, o sea todo ciudadano debe ser atendido por la recolección de residuos domiciliarios y el mismo debe ser regular, es decir se deben respetar los sitios, días y horarios.

En el mundo existen diversas metodologías para almacenar y disponer los RSU para su recolección. Por la necesidad de proteger la salud y seguridad del hombre, controlar el esparcimiento de residuos es fundamental y una forma de facilitar su recolección es la implementación de un servicio contenerizado, aunque no siempre es una solución viable ante distintas características de infraestructura de las ciudades y comportamiento de la población. En Argentina son pocos los sitios



donde se ha implementado esta práctica. En la mayoría de los municipios la disposición se efectúa en bolsas sobre la acera.

Por otro lado ante la necesidad de poner en marcha políticas de separación y reciclaje, la experiencia ha demostrado que la calidad y cantidad de materiales reciclables y para compostaje mejora a medida que aumenta el nivel de separación en origen. Esto implica una disposición separada, por ejemplo distintos contenedores para cada grupo de residuos y un transpote diferenciado, ya sea con equipamiento compartimentado como con vehículos independientes, como se efectúa hoy en día en determinadas zonas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La recolección de residuos sólidos constituye un servicio muy costoso y ha sido históricamente la fase más cara de la gestión de los residuos. Los municipios deben evaluar cuidadosamente el equipamiento a utilizar y los métodos de recolección con el fin de determinar el sistema más apropiado para las condiciones locales en términos de calidad, eficacia y costos de operación.

Cuanto más grandes son las ciudades más complejos y variados se vuelven estos servicios. Por ejemplo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires existen numerosos servicios de recolección entre los que se pueden nombrar la recolección domiciliaria manual, domiciliaria mecanizada, diferenciada, de producido de barrido y limpieza de calles, de grandes generadores, entre otras.

Actualmente en Argentina hay municipios que efectúan la recolección con sistemas propios, otros que los tercerizan y otros que implementan un sistema mixto, dependiendo de la densidad poblacional y la extensión de los territorios. En muchos casos se aplica la fórmula de privatizar las zonas más urbanizadas con mayor concentración de población, quedando el municipio a cargo de las áreas periurbanas.

Según la ENGIRSU publicada por la SAyDS de la Nación en el año 2005 en la mayoría de las ciudades medianas y pequeñas, el servicio de recolección y transporte es operado por los municipios en forma directa o por contratación de operadores privados a través de empresas especializadas o cooperativas que prestan simultáneamente otros servicios públicos. Este caso se da generalmente en ciudades de menos de 50.000 habitantes. Mientras que en las grandes ciudades se tiende a recurrir al sector empresarial o mixto, quedándose el municipio con una parte del servicio pudiendo adaptarlo en caso de emergencias, huelgas y mismo para contar con una zona testigo de calidad. Tal es el caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En las tablas siguientes se podrán observar los porcentajes de cobertura y modalidades que en el marco de la ENGIRSU se han obtenido utilizando una muestra de 123 municipios de distintos rangos poblacionales.

Tipo de prestador	Cantidad Municipios	Porcentaje Municipios	Población Total	Población Servida	Cobertura	Población Promedio
Administración municipal	101	82,10%	1.512.832	1.329.241	87,86%	14.979
Cooperativa	3	2,40%	89.693	89.693	100,00%	29.898
Mixta Municipio/Privado	2	1,60%	172.272	171.495	99,55%	86.136
Sin prestador	5	4,10%	4.185	0	0,00%	837
Tercerización Municipal	12	9,80%	1.463.953	1.439.396	98,32%	121.996
Total	123	100,00%	3.242.935	3.029.825	93,43%	26.365

Fuente: ENGIRSU - Sanguinetti-Tomasi 2004



Rango por habitante	Población Total	Adm Municipal	Cooperativa	Mixta Mun/Priv	Sin Prestador	Tercerización Municipal
Menor a 1000	6.009	4.885			1.124	
De 1000 a 5000	120.465	103.746			3.061	13.658
De 5000 a 30000	533.050	521.144	5.220			6.686
De 30000 a 100000	797.232	387.844	84.473	172.272		152.643
Mas de 100000	1.786.179	495.213				1.290.966
<b>Total</b>	<b>3.242.935</b>	<b>1.512.832</b>	<b>89.693</b>	<b>172.272</b>	<b>4.185</b>	<b>1.463.953</b>
Menor a 1000	100,00%	81,29%			18,71%	
De 1000 a 5000	100,00%	86,12%			2,54%	11,34%
De 5000 a 30000	100,00%	97,77%	0,98%			1,25%
De 30000 a 100000	100,00%	48,65%	10,60%	21,61%		19,15%
Mas de 100000	100,00%	27,72%				72,28%

Fuente: ENGIRSU - Sanguinetti-Tomasi 2004

Contando con los datos precedentes y el relevamiento *ad hoc* realizado por la SAyDS a 83 municipios se puede concluir en que la cobertura de servicio de recolección y transporte de RSU en Argentina es superior al 90%, mediante la adecuación de frecuencias para cada caso. La OPS (2002) estimó una cobertura del 100% para ciudades grandes y medianas y un 97% para ciudades pequeñas.

Otro dato de interés es la frecuencia de recolección, que en Argentina oscila entre 5 y 6 días por semana en ciudades grandes y medianas y tiende a 3 veces por semana en las pequeñas.

### 3.5. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

Según lo relevado en el marco de la ENGIRSU nuestro país cuenta con pocos ejemplos de Estaciones de Transferencia, los más conocidos son las 3 estaciones ubicadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, una en Rosario, una en Santa Fe, una en Unquillo y otra en Carlos Paz. De dicho relevamiento surge que algunas ciudades informan como Estación de Transferencia a los sitios de acopio temporal de residuos, pero estos sitios no aplican al concepto de Estación de Transferencia.

El hecho de que haya pocas Estaciones de Transferencia en el país indica que los sitios de disposición final actuales están cercanos a las ciudades donde se generan los residuos. Según los datos del relevamiento mencionado a 83 municipios, éstos se encuentran en promedio a 8,4 km del centro de las ciudades servidas y a 3,6 km del límite de las zonas urbanas.

### 3.6. TRATAMIENTO: COMPOSTAJE Y RECICLADO

De acuerdo a lo publicado en la ENGIRSU las prácticas reciclado y compostaje de carácter formal, en general están más difundidas en las ciudades pequeñas. No obstante, se menciona que las tres áreas metropolitanas más grandes del país tienen instalaciones para producir compost (Buenos Aires, Córdoba y Rosario).

En el territorio nacional se encuentra que un interesante porcentaje, alrededor del 15%, de las localidades más pequeñas (entre 2.000 y 10.000 habitantes), tiene recolección selectiva y plantas de recuperación para reciclado y compost, siendo creciente el número de comunidades que adhieren a este tipo de manejo, dándose para ello un alto nivel de participación de la población [OPS, 2002 - PNVR].

Como observamos en el punto 3.3.2, existe una importante fracción valorizable presente en los RSU de nuestro país. Si bien la lista de materiales potencialmente recuperables es importante, en



general en el país se trabaja, mayormente de manera informal, con papel y cartón, vidrio, plásticos (PEDA y PET), aluminio y chatarras.

No debe perderse de vista, asimismo, que el contexto macroeconómico y las fluctuaciones propias de cada uno de los potenciales mercados, inciden fuertemente en la posibilidad de recuperar residuos para su efectiva valorización.

La recuperación y aprovechamiento de materiales de los residuos se vería favorecida si se implementaran políticas de manejo y segregación en origen por parte de la población. De esta forma los materiales no cargarían con exceso de humedad ni se encontrarían contaminados con otras corrientes de RSU, en algunos casos de características peligrosas.

### 3.7. DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Como resultado de los relevamientos efectuados en el marco de la ENGIRSU se llegó a la conclusión de que todos los municipios más grandes, o sea de más de 500.000 habitantes, implementan el Relleno Controlado como sistema de disposición final, o al menos lo hacen con Disposición Semi-Controlada. A ellos se les suman algunas ciudades medianas y en menor medida alguna pequeña.

En la tabla siguiente se presentan los datos que surgieron como resultado del relevamiento efectuado en una muestra de 130 municipios, donde según los rangos poblacionales se distribuyeron los sitios de Disposición Final.

Rangos poblacionales (habitantes)	Municipios Analizados	Distribución de los sitios por tipo de DF				Totales
		RC	DSC	BCA	BCL	
menos de 9.999	28	0	10	46	5	61
desde 10.000 hasta 49.999	52	2	15	48	6	71
desde 50.000 hasta 99.999	24	4	7	15	2	28
desde 100.000 hasta 199.999	12	1	10	2	0	13
desde 200.000 hasta 499.999	10	5	5	1	2	13
desde 500.000 hasta 999.999	3	2	1	0	4	7
más de 1.000.000	1	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>130</b>	<b>15</b>	<b>48</b>	<b>112</b>	<b>19</b>	<b>194</b>

Fuente: ENGIRSU 2005

Referencias:

DF: Disposición Final

RC: Relleno Controlado

DSC: Disposición Semi-Controlada

BCA: Basural a Cielo Abierto

BCL: Basural Clausurado

Es de destacar que en los municipios medianos y pequeños predominan los basurales a cielo abierto. Por lo tanto la brecha de infraestructura necesaria para alcanzar cifras razonables y en concordancia con el desarrollo sustentable es muy amplia.

Si bien estos datos fueron relevados en el año 2005 la tendencia continúa igual respecto a la disposición final en nuestro país. En el próximo apartado para complementar esta información se informarán los proyectos en curso a partir del desarrollo de la ENGIRSU, cuyas cantidades demuestran que aún estos valores con pequeñas variaciones son vigentes.

En las tablas siguientes se plasman los datos de los 130 municipios analizados sin tener en cuenta la cantidad de sitios que hay en cada municipio sino el tipo de sitio para disposición final por municipio.



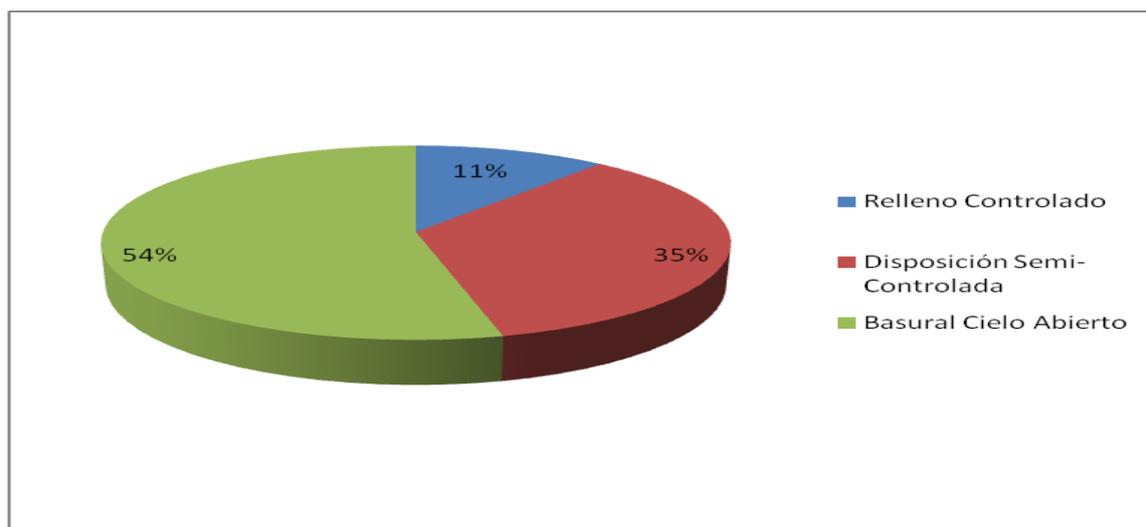
Rangos poblacionales (habitantes)	Municipios Analizados	Distribución por tipo de DF			Totales
		RC	DSC	BCA	
menos de 9.999	28	0	8	21	29
desde 10.000 hasta 49.999	52	2	16	34	52
desde 50.000 hasta 99.999	24	4	7	13	24
desde 100.000 hasta 199.999	12	1	10	2	13
desde 200.000 hasta 499.999	10	5	4	1	10
desde 500.000 hasta 999.999	3	2	1	0	3
más de 1.000.000	1	1	0	0	1
<b>Cantidad según tipo de DF</b>	<b>130</b>	<b>15</b>	<b>46</b>	<b>71</b>	<b>132</b>

Fuente: ENGIRSU 2005

Rangos poblacionales (habitantes)	Municipios Analizados	Distribución por tipo de DF			Totales
		RC	DSC	BCA	
menos de 9.999	28	0%	28%	72%	100%
desde 10.000 hasta 49.999	52	4%	31%	65%	100%
desde 50.000 hasta 99.999	24	17%	29%	54%	100%
desde 100.000 hasta 199.999	12	8%	77%	15%	100%
desde 200.000 hasta 499.999	10	50%	40%	10%	100%
desde 500.000 hasta 999.999	1	67%	33%	0%	100%
más de 1.000.000	1	100%	0%	0%	100%
<b>% por tipo de DF</b>	<b>130</b>	<b>11%</b>	<b>35%</b>	<b>54%</b>	<b>100%</b>

Fuente: ENGIRSU 2005

#### Distribución porcentual por tipo de Disposición Final en Argentina



Fuente: Elaboración propia en base informe ENGIRSU 2005

Tomando como base estos datos porcentuales podemos afirmar que en poblaciones hasta 100.000 habitantes predomina la disposición a cielo abierto, mientras que esta tendencia se va revirtiendo a medida que tratamos con poblaciones de mayor cantidad de habitantes.



Recién cobran protagonismo los rellenos controlados en las urbes de más de 500.000 habitantes, donde no se registran basurales a cielo abierto oficiales, o sea siempre excluyendo del relevamiento a los basurales a cielo abierto clandestinos, situación que se observa en la ciudades más grandes. Esta sería la situación de la mayoría de las capitales de provincia.

Por otro lado hay que considerar que gran parte de los centros de disposición semi controlada cuentan con escasos controles y medidas de mitigación por lo cual hay que considerarlos parte de la fracción a erradicar.

Por lo tanto en base a ls distintos análisis efectuados en el marco de la ENGIRSU y teniendo en cuenta las consideraciones precedentes se estima que el 45% de los residuos generados en el país se vierten en forma inadecuada, ya sea en basurales a cielo abierto oficiales y en centros semi-controlados que carecen de los controles mínimos como en basurales a cielo abierto clandestinos.

### **3.8. PROYECTOS EN EJECUCION**

#### **3.8.1. PROYECTO NACIONAL DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (PNGIRSU)**

Como se expuso en apartados anteriores la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS) diseñó la Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) con el objeto de brindar respuestas adecuadas y concretas al manejo de los residuos, porque más allá de que cada municipio es responsable directo de los residuos que genera, la temática merece un tratamiento a nivel nación, por la necesidad de asegurar la salud pública y la preservación del medio ambiente.

Para llevar adelante dicha estrategia el gobierno nacional solicitó apoyo técnico y financiero al Banco Mundial. Dicho organismo aprueba el 28 de febrero de 2006 el Convenio de Préstamo BIRF-7362-AR, correspondiente al Proyecto Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU). El monto del préstamo asciende a los U\$S 40.000.000.

De acuerdo a lo publicado por la SAyDS el proyecto brinda asistencia técnica y económica a modo de incentivo para que las provincias y sus municipios puedan elaborar sus propios planes y sistemas de gestión integral en el mrco de los objetivos de la Estrategia Nacional.

En este marco se prevé la financiación de infraestructura para la disposición final y sus sistemas asociados, a través de la construcción de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y el cierre de basurales a cielo abierto, según el caso. Otro componente es la elaboración de planes sociales para la inclusión de recuperadores informales de residuos en las distintas jurisdicciones.

La SAyDS publicó los siguientes objetivos específicos del Proyecto:

- Construir centros de disposición final (CDF) regionales en los casos que sea factible, plantas de tratamiento y estaciones de transferencia según se requiera, además del cierre de basurales a cielo abierto.
- Brindar asesoramiento en la gestión financiera municipal para la recuperación de costos y asegurar así la sostenibilidad de la gestión.
- Promover la inclusión social de los recuperadores informales de residuos.
- Establecer políticas que promuevan la minimización de residuos a generar y a disponer, a través de la máxima valorización en todas las etapas de a gestión integral.

A la fecha las jurisdicciones comprendidas son las siguientes: Municipio de General Pueyrredón, Municipio de Rosario, Municipio de Córdoba Capital, Provincia de Chubut, Provincia de San Juan, Provincia de Mendoza, Provincia de Jujuy, Provincia de Chaco, Provincia de Santa Cruz, Provincia de Córdoba, Provincia de Santa Fe, Provincia de Salta.



### Licitaciones

FECHA APERTURA	LOCACION	LICITACION	OBJETO
01/03/2010	Municipio General Pueyrredón, Pcia. de Buenos Aires	LPI-O-1/08-2009	Contrato de diseño, construcción y operación del centro de disposición final y de sus sistemas asociados.
06/01/2010	Municipio General Pueyrredón, Pcia. de Buenos Aires	LPN-O-12/2009	Acondicionamiento y mejoras en la planta de separación del municipio.
21/08/2009	Provincia de Chubut	LPI-O-7 <i>ADJUDICADA SETIEMBRE 2010</i>	Contrato de diseño, construcción y operación del centro de disposición final y plantas de separación y transferencia en la Región I.
10/11/2009	Municipio de Córdoba	LPN—O-1/2009 <i>ADJUDICADA NOVIEMBRE 2010</i>	Clausura y saneamiento de microbasurales.
19/08/2008	Municipio de Rosario	LPI-B-08/08 <i>ADJUDICADA SETIEMBRE 2010</i>	Equipamiento para minimización, recuperación y reciclaje de residuos.

### Expresiones de Interés

FECHA PRESENTACION	LOCACION	INVITACION EXPRESION DE INTERES	OBJETO
20/02/2009	Provincia de Mendoza	SBCC-CF-45	Consultoría plan de saneamiento y clausura de micro y macrobasurales consolidados para la zona centro, zona este y zona sur. Estudio técnico de clausura de y saneamiento se basurales a cielo abierto.
05/09/2008		SCC-CF-45	Consultoría para el diseño de la identidad visual y elementos para la difusión del proyecto.
22/09/2008	General-Pcia. de Buenos Aires, Rosario-Pcia. de Santa Fe, Región I-Pcia. de Chubut y Pcia. de Mendoza.	SBCC-CF-46 <i>ADJUDICADA OCTUBRE 2010</i>	Consultoría para la prestación de servicios de supervisión e inspección de diseño y ejecución de obra del centro de disposición final de residuos sólidos urbanos.
26/09/2008	Área Metropolitana Provincia de Mendoza.	SCC-CF-05	Consultoría para realizar el plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
18/11/2008		SBCC-CF-50	Capacitación técnica a máximos responsables y equipos técnicos. Difusión de prácticas internacionalmente reconocidas asociadas a la GIRSU.
17/11/2008	Municipios de Zárate y Campana, Pcia. de Buenos Aires.	SBCC-CF-44	Consultoría para realizar el plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
21/10/2008		SCC-CF-46	Consultoría para la asistencia técnica de la UNRSU para el diagnóstico, evaluación y revisión de los planes en el marco de la ENGIRSU.



17/11/2008	Municipio de la Plata, Pcia. de Buenos Aires.	SBCC-CF-39	Consultoría para realizar el plan municipal de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
17/11/2008	Pcia. de Santa Fe	SBCC-CF-40	Consultoría para realizar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
17/11/2008	Pcia. de Chaco	SBCC-CF-41	Consultoría para realizar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
17/11/2008	Pcia. de Córdoba	SBCC-CF-42	Consultoría para realizar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
17/11/2008	Pcia. de Salta	SBCC-CF-43	Consultoría para realizar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
17/11/2008	Pcia. de Santa Cruz	SBCC-CF-49	Consultoría para realizar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
24/11/2008		SCC-CF-43	Consultoría para realizar el Observatorio Nacional de Residuos Sólidos Urbanos.
16/12/2008	Municipio de Comodoro Rivadavia, Pcia. de Chubut	SBCC-CF-52 <i>ADJUDICADA NOVIEMBRE 2010</i>	Consultoría para realizar el plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos.

### 3.8.2. PROGRAMA DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN MUNICIPIOS TURISTICOS

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), le ha otorgado a la Argentina un préstamo por un monto equivalente a U\$S 60.000.000 para la adquisición de bienes y la construcción de obras, los servicios conexos y los servicios de consultoría en el marco del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios Turísticos.

De acuerdo a lo publicado por la SAyDS el objetivo del programa es la gestión de residuos sólidos en municipios turísticos, mediante proyectos que implementen soluciones técnica, ambiental y financieramente viables, fortalezcan las capacidades de los municipios para que puedan ejercer efectivamente sus competencias en materia de gestión de residuos y amplíen la conciencia y participación de las comunidades locales en el tema.

La estructura del programa es la siguiente:

*Subprograma 1:* A cargo de la Secretaría de Turismo (SECTUR) por un monto de U\$S 39.800.000, que cubrirá las actividades en los municipios colindantes con los Parques Nacionales y las Áreas Protegidas.

*Subprograma 2:* A cargo de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) por un monto de U\$S 20.200.000, que cubrirá las necesidades de los municipios turísticos cuya solución de disposición final de residuos sólidos no está incluida en el correspondiente plan de Regionalización Provincial, y que enfrentan costos ambientales o paisajísticos no deseables. Cada proyecto financiado por la SAyDS incluirá lo siguiente:

- Estudios: U\$S 0.76 millones
- Obras: U\$S 17.68 millones
- Fortalecimiento Municipal: U\$S 0.5 millones
- Actividades Comunitarias: U\$S 0.2 millones



### *Adjudicaciones*

<b>LOCACION</b>	<b>LICITACION</b>	<b>OBJETO</b>
General Alvear, Pcia. de Mendoza	LPN GIRSU-MTII 1/2008	Construcción de una planta de separación y recuperación de materiales, un módulo de disposición final y el saneamiento de dos basurales a cielo abierto.
Malargüe, Pcia. de Mendoza	LPN GIRSU-MTII 2/2008	Construcción de un módulo de relleno sanitario y el saneamiento del basural a cielo abierto.



## **4. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL**

### **4.1. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

En lo que respecta a la gestión de residuos sólidos, transferencia y transporte se refiere a los medios, instalaciones y accesorios utilizados para efectuar la transferencia de residuos desde un lugar a otro, generalmente más distante. Se transfiere el contenido de las unidades recolectoras que suelen ser equipos pequeños a vehículos más grandes, que se utilizan para transportar los residuos a distancias más largas, o hasta plantas de tratamiento y/o disposición final.

Las operaciones de transferencia llegan a ser necesarias cuando las distancias de transporte a los sitios antes nombrados se incrementan tanto que el transporte directo ya no es económicamente factible. Otra situación que amerita la implementación de este sistema es cuando el lugar de tratamiento y/o disposición final está situado en lugares alejados, donde no se puede llegar directamente por vía terrestre, en muchos casos se utilizan vagones de ferrocarril o barcas marítimas para poder acceder a la disposición final.

Podemos decir entonces, que cuando las distancias que se deben afrontar desde las áreas de generación hasta los sitios de disposición final son muy grandes, se recomienda la implementación de estaciones de transferencia, que acorten el recorrido de los vehículos de recolección, de este modo se economiza, y se permite un más efectivo transporte de los RSU hacia disposición final en vehículos de 50 m<sup>3</sup> de capacidad en promedio con costos unitarios de transporte menores.

Consideraciones prácticas indican que puede haber ventajas económicas en la implementación de estaciones de transferencia, a partir de una distancia de 6 km para camiones convencionales y entre 12 y 25 km para camiones compactadores.

Las estaciones de transferencia son edificios generalmente cerrados, total o parcialmente, diseñados con una estética que no afecte el paisaje urbano a fin de reducir el impacto que pudieran causar en la población, dado que por una necesidad de tipo operativa en general se emplazan lo más cerca posible al origen de los residuos, que son áreas más o menos pobladas o en sus cercanías.

Existen distintos tipos de estaciones de transferencia, cada uno responde a una necesidad operativa diferente, pero con un principio fundamental común que es la disminución de los costos del sistema con igual o mejor eficiencia en el servicio de recolección.

Si bien una estación de transferencia incrementa el manipuleo de los residuos y encarece los costos de la recolección, por la construcción y operación de la misma, es altamente beneficiosa cuando el incremento de estos gastos se compensan con el ahorro que su utilización conlleva. La transferencia se torna más económicamente viable cuanto más se incremente la distancia entre el generador de residuos y el lugar de su disposición final.

Los principales beneficios derivados del uso de las estaciones de transferencia pueden resumirse en economía de transporte, ahorro de trabajo, ahorro de energía, reducción de costos por desgaste y roturas de equipos y reducción del frente de descarga en rellenos.

Existen diversas formas de transferencia de residuos. Puede ser por gravedad, por compactación, por enfardado, sistema mixto, etc. Cada uno presenta sus ventajas en función de la localización, tipo de residuo, producción y rendimiento.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en las estaciones de transferencia de CEAMSE se utiliza el sistema de compactación electrohidráulica que permite una operación rápida y eficiente teniendo en cuenta la cantidad de residuos que produce la misma.

La operatoria en las estaciones de dicho organismo consiste en identificar y pesar a los camiones recolectores al ingreso de la planta, luego estos suben por una rampa hasta la playa de descarga superior. Simultáneamente el equipo de transporte atraca en la tolva de descarga inferior. Los camiones recolectores descargan desde la zona de descarga superior y una vez efectuada la



descarga el pistón del tranfer retrocede permitiendo que los residuos caigan por gravedad. Luego el pistón avanza cargando los residuos dentro del vehículo de transporte por la parte trasera. La operación continúa hasta completar la carga del trailer, el cual se retira con destino a disposición final.

Se recomienda la implementación de estaciones de transferencia para aquellos casos que ameritan la regionalización como esquema para el tratamiento y la disposición final de los residuos por tratarse de municipios cuya ubicación geográfica permite que compartan dichas instalaciones.

## 4.2. PLANTAS DE SEPARACION Y CLASIFICACION

La recuperación de materiales y materia prima a partir de los residuos sólidos es una actividad lógica y lícita, ya que aquellos materiales que son inútiles y sin valor para unos pueden ser útiles y tener valor para otros. No obstante esta actividad debe cumplir ciertos requisitos dentro de los cuales se destacan los siguientes:

- No debe degradarse socialmente a las personas que realizan esta actividad.
- Debe lograrse la colaboración de la población a través de la educación e información.
- Debe conocerse en detalle el mercado de materiales y materia prima reciclable.
- Deben identificarse las ventajas para el medio ambiente.
- Se deben estudiar las condiciones económicas.
- Debe existir una decisión política para su implementación.
- Debe existir un marco legislativo adecuado que reglamente la actividad.

Las cuestiones fundamentales en el reciclaje de materiales incluyen la identificación de:

- Los materiales que se van a desviar del flujo de residuos.
- Las posibilidades de reutilización y reciclaje.
- Las especificaciones de los compradores de materiales recuperados.

La identificación de los materiales que se separan del flujo de residuos para cumplir los objetivos de desviación es decisiva, dado que muchos materiales tienen mercados débiles o no se pueden transportar en forma rentable.

Los menores costos que en materia de salud podrían obtenerse debido a una acertada gestión de residuos y utilización de recursos naturales libres de contaminación (disminución de las tasas de mortalidad infantil, epidemias, endemias, etc.), no deben ser asignados como beneficio económico, sino como meta de bienestar social y calidad de vida. Es importante destacar que las plantas de recuperación deben contar con las adecuadas medidas de higiene y seguridad en el trabajo.

### ***Métodos de separación de materiales recuperables***

#### *A) In Situ.*

La separación es una operación dentro de la recuperación de materiales reutilizables y reciclables de los RSU. La separación en origen normalmente se consigue por medios manuales. Los tipos y el número de componentes dependen de los objetivos de desviación establecidos por el programa. Aunque los materiales hayan sido separados en origen, probablemente se necesite un procesamiento o separación adicional antes de poder reutilizarlos o reciclarlos.

La recolección de estos materiales puede realizarse puerta a puerta o a través de contenedores diferenciados ubicados en la vía pública.

Con este método se cumple con la exigencia de no degradar socialmente a las personas que realizan estas operaciones de recuperación, al preparar los materiales a recuperar en el lugar de generación y no incluirlos dentro de los residuos, obteniéndose materiales y materia prima recuperada de mayor valor, evitando también el contacto de las personas con la basura.



La reducción en origen y el reciclaje producen un considerable impacto sobre los procesos de transformación de residuos. Son prácticas fundamentales para reducir las cantidades y cambiar la composición de los residuos recogidos.

*B) En establecimientos.*

Para manejar, mover y almacenar los materiales residuales en los establecimientos que se dedican a estas actividades se utiliza distinto tipo de equipamiento. Dicho equipamiento debe mantenerse en perfectas condiciones de orden y limpieza ya que debido a la acumulación de restos de residuos orgánicos, los cuales al cabo de cierto tiempo comienzan a fermentar, se produce la emanación de olores desagradables, proliferación de vectores y roedores, degradación y deterioro de las instalaciones.

Se deben separar los componentes, con el fin de transformar los residuos heterogéneos en componentes más o menos homogéneos, siendo éste un paso necesario para efectuar la posterior recuperación y reciclaje.

La separación de materiales reusables se realiza sobre cintas transportadoras en forma manual o utilizando mecanismos como electroimanes, extracción neumática, por diferencia de densidad, etc.

Por otro lado se efectúa una reducción mecánica de volumen, mediante la aplicación de una fuerza o presión y una reducción mecánica de tamaño, para obtener un producto razonablemente uniforme y reducido en tamaño. Las operaciones a tener en cuenta en este último caso son desfibrar, moler y triturar.

Cuando la separación se realiza en estos establecimientos, no se tiene la seguridad de que los residuos lleguen intactos y no evita que los operarios estén en contacto con la basura.

### ***Recolección y transporte del material reciclable***

Los métodos principales utilizados para la recolección de estos materiales incluyen la recolección en la acera utilizando vehículos especialmente diseñados y la entrega por parte de la población a centros de recolección selectiva y de recompra, o bien en contenedores diferenciados ubicados en la vía pública.

Los centros de recolección selectiva también requieren que la población y comercios almacenen los materiales hasta que se haya acumulado la cantidad suficiente como para justificar la existencia de dicho centro.

Por ejemplo son comunes los puntos de recolección selectiva en centros comerciales y supermercados. También pueden establecerse centros de recogida móviles, que pueden desplazarse periódicamente a localizaciones distintas.

### ***Preparación de recuperado para su venta***

Una vez definidos los materiales que se van a desviar del flujo de residuos y las posibilidades de reutilización y reciclaje, debemos considerar las especificaciones de los compradores de materiales recuperados.

Los procesadores y los usuarios finales de los materiales recuperados requieren que dichos materiales sean homogéneos y estén libres de contaminantes ya que producirían defectos en los productos o daños en la maquinaria, muchos de los compradores requieren también, que el material empacado esté compactado en tamaño y pesos específicos, entre otros requisitos.

Como las especificaciones para los materiales recuperados se hacen cada vez más restrictivas, los gestores de programas de recuperación tendrán en cuenta las especificaciones de los compradores en el momento de elegir los sistemas de recolección y selección.



### ***Mercado de materiales y materia prima reciclable***

Se debe realizar una investigación sobre los consumidores de estos materiales (industrias, cámaras, etc.), para conocer los elementos que constituyen los residuos sólidos y tienen posibilidades de recuperación y reciclaje, recabando datos sobre:

- Cantidades de materiales a desviar.
- Especificaciones de los compradores para la entrega de materiales recuperados.
- Variaciones de la demanda.
- Precios pagados por estos materiales.
- Comparación de los precios de la materia prima recuperada con los de la materia prima virgen.
- Incidencia por actos de gobierno (políticas cambiarias, ayudas económicas para utilizar materiales reusables, etc.).

Conviene destacar que los materiales separados antes de que entren en el flujo de los residuos no están deteriorados y la preparación para su venta es más económica, como también, se ahorra el costo de la extracción.

A continuación se listan los principales materiales objeto de recuperación y reciclaje:

<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL RECUPERADO</b>
Aluminio	Latas de cerveza y gaseosas.
Papel de periódico usado	Periódicos de quiosco o entregados en casas.
Cartón ondulado	Empaquetamiento en bruto.
Papel de alta calidad	Papel de informática, hojas de cálculo blanco, recortes.
Papel mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas y papel de fibras largas blanco o coloreado.
Polietileno tereftalato (PET/1)	Botellas de gaseosa, botellas de mayonesa y aceite vegetal, películas fotográficas.
Polietileno de alta densidad (PE-HD/2)	Bidones de leche, recipientes de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina.
Polietileno de baja densidad (PE-BD/4)	Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas, bolsas de limpieza en seco y otros materiales de película.
Polipropileno (PP/5)	Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales.
Poliestireno (PS/6)	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, envases para comida rápida; cubiertos, vajillas y platos para microondas.
Multilaminados y otros	Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza.
Plásticos mezclados	Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado.



Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar.
Metales ferrosos	Latas de hojalata, bienes de línea blanca y otros productos.
Metales no ferrosos	Aluminio, cobre, plomo, etc.
Residuos de jardín	Utilizados para separar compost; combustible, biomasa, cubrimiento intermedio de vertederos.
Fracción orgánica	Utilizado para preparar compost para aplicaciones de suelo, como cubrimiento intermedio de vertedero, metano, etanol y otros compuestos orgánicos, combustible derivado de residuos.
Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales.
Madera	Materiales para empaquetamiento, pallets, restos y madera usada de proyectos de construcción.
Aceite residual	Aceite de automóviles y camiones, reprocesado para reutilización o para combustible.
Neumáticos	Neumáticos de automóviles y camiones, material de construcción y carreteras, combustible.
Baterías ácidas de plomo	Baterías de automóviles y camiones, trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo.
Pilas domésticas	Baterías de automóviles y camiones, trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo.

### 4.3. COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso biológico utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Los materiales que son factibles de compostar varían en función del tipo de tecnología a utilizar, así como de las características deseables en el producto final y el uso que se le dará al compost.

Las tecnologías varían desde las llamadas pilas de compost hasta el compostaje en reactores controlados. Es importante recordar que los costos de inversión y operación también son función de la tecnología a utilizar, siendo usualmente las tecnologías más complejas relativamente más caras, aunque con las más complejas se puede controlar de mejor manera el proceso en cuanto a control de olores y lixiviados y así obtener un producto más uniforme y de mejor calidad. El compost, como producto, tiene valor como fertilizante, es decir por su contenido de macro (NPK) y micronutrientes, como acondicionador de suelos, por su contenido de materia orgánica en forma de humus y como supresor de fitoenfermedades, por su contenido y variedad de microorganismos.

Además el compostaje, por ser un proceso exotérmico, o sea que genera calor, tiene la capacidad de pasteurizar la materia orgánica, es decir, en un proceso de compostaje adecuadamente controlado se puede reducir la cantidad de microorganismos patógenos, como coliformes y salmonela, a un mínimo, lo cual es una condición necesaria en caso de utilizarse el compost para la producción de alimentos para el consumo humano.



La calidad del compost depende básicamente de la cantidad de materia orgánica estable, de la presencia de contaminantes y el porcentaje de macronutrientes (NPK). Existen además otros parámetros que se utilizan para la clasificación del compost. Idealmente un compost de alta calidad debería tener un alto porcentaje de macronutrientes y un mínimo de contaminantes.

Los compost bajos en nutrientes y con mucha contaminación, o sea con alto porcentaje de no putrescibles y metales pesados entre otros, es decir de baja calidad, se pueden utilizar como recubrimiento diario en los rellenos sanitarios. Por otro lado, el compost de buena calidad se utiliza en agricultura, reforestación, horticultura, jardinería, como recubrimiento de suelos cultivados, para propagación y siembra en macetas, parques, tierras de pastoreo, etc.

### ***Factores intervinientes***

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

*Temperatura.* Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

*Humedad.* En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

*pH.* Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).

*Oxígeno.* El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

*Relación C/N equilibrada.* El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el serrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

*Población microbiana.* El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

### ***Períodos del proceso***

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura, los cuales se mencionan a continuación:



*Mesolítico.* La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

*Termofílico.* Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

*Enfriamiento.* Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

*Maduración.* Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

## **Métodos de compostaje**

### *A) Compostaje en montón.*

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante realizar una mezcla correcta, donde los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje. Por otro lado la relación C/N debe estar equilibrada, ya que una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de nitrógeno ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y restos de frutas). El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Por último se debe formar el montón con las proporciones convenientes, que debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y deber estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil.

La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5 metros, con un ancho de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para la facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60%.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. En general, un mantillo bien elaborado tiene un olor característico.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o



tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos un compost joven pero que puede emplearse semienterrado.

*B) Compostaje en silos.*

Se emplea en la producción de compost poco voluminosos. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 o 3 metros de altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están calados para permitir la aireación. El silo se carga por la parte superior y el compost ya elaborado se descarga por una abertura que existe debajo del silo. Si la cantidad de material es pequeña, el silo puede funcionar de forma continua: se retira el compost maduro a la vez que se recarga el silo por la parte superior.

*C) Compostaje en superficie.*

Consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo las pérdidas de nitrógeno son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico.

### **Aplicaciones del compost**

Según la época en la que se aporta a la tierra y al cultivo, pueden encontrarse dos tipos de compost:

*Compost maduro.* Es aquel que está muy descompuesto y puede utilizarse para cualquier tipo de cultivo pero para cantidades iguales tiene un valor fertilizante menos elevado que el compost joven. Se emplea en aquellos cultivos que no soportan materia orgánica fresca o poco descompuesta y como cobertura en los semilleros.

*Compost joven.* Está poco descompuesto y se emplea en el abonado de plantas que soportan bien este tipo de compost (papa, maíz, tomate, pepino o calabaza).

## **4.4. INCINERACION**

La incineración es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura, con emisión de energía en forma de calor, en el cual los residuos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y cenizas.

Los gases antes de ser emitidos a la atmósfera son tratados de manera tal de eliminar los vapores ácidos, material particulado y todas aquellas sustancias contaminantes que puedan contener (microcontaminantes).

Las cenizas generalmente deben ser tratadas para poder ser utilizadas o se eliminan en rellenos.

El proceso es aplicable a residuos sólidos, líquidos, semisólidos y gaseosos, y se aplica fundamentalmente a aquellos residuos que posean un poder calorífico medio y alto, que contengan una matriz fundamentalmente orgánica y no más del 60% de agua para que sea económicamente aplicable.

En general no se produce una eliminación total sino que se reduce el volumen de los residuos, y este depende del contenido de inertes (cenizas). Dependiendo de la tecnología se puede lograr una reducción de aproximadamente un 90% en peso y un 95% en volumen.

### **Tipos de sistemas de tratamiento térmico**

*A) Pirólisis (ausencia de oxígeno)*

Significa rotura por calor, usa una fuente externa de calor para producir las reacciones endotérmicas prolíficas en un ambiente ausente de oxígeno, a veces se denomina destilación destructiva.



Los productos de la pirólisis comprenden gases, principalmente  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$  y otros; líquidos, como alquitrán o aceites (acetona, ácido acético, metanol, hidrocarburos oxigenados complejos) y sólidos, perteneciendo a este grupo el coque (carbono puro) y material inerte.

La proporción de cada fracción varía con la temperatura de pirólisis, y aproximadamente se estima en 10 a 20 % de gases, 60 % de alquitrán y 20 a 30 % de coque.

El poder calorífico del alquitrán obtenido es aproximadamente 5000 kcal/kg y de los gases 6000 kcal/m<sup>3</sup>.

La composición de los gases también depende de la temperatura de pirólisis, aproximadamente se observan las siguientes proporciones:  $H_2$  5 - 30 %;  $CH_4$  10 %;  $CO$  30 - 35 %;  $CO_2$  20 - 45 %;  $C_2H_4$  1 %;  $C_2H_6$  1 - 3 %.

No existen muchas plantas en el mundo que utilicen este tipo de tecnología para el tratamiento de los residuos, ya que presenta algunos inconvenientes económicos, en cuanto a los precios del mercado de combustibles.

#### *B) Gasificación (subestequiometría de oxígeno)*

Este proceso se realiza con presencia de oxígeno pero en cantidades subestequiométricas (en defecto), por lo tanto es un sistema de combustión parcial del residuo y por ello es parcialmente autosostenido en función del calor generado.

El proceso produce gases combustibles que se pueden utilizar en motores, turbinas, calderas con un exceso de aire y un sólido o líquido de bajo poder calorífico.

Para el caso específico del tratamiento de los residuos, los gases se envían a la segunda cámara denominada cámara de post-combustión.

Las proporciones estimadas de la composición de los gases son:  $CO_2$  10 %;  $CO$  20 %;  $H_2$  15 %;  $CH_4$  2 %; resto  $N_2$ . El poder calorífico del gas es 2500 kcal/m<sup>3</sup> y el del líquido es 1300 kcal/m<sup>3</sup>.

#### *C) Combustión Total (estequiometría de oxígeno)*

Este proceso utiliza la cantidad estequiométrica de oxígeno, aunque en la práctica dada la naturaleza heterogénea de los residuos es necesaria una cantidad de oxígeno en exceso para asegurar así una alta turbulencia, la mezcla completa de los gases de combustión y poder llegar a todas las partes del residuo, realizando una combustión completa de los mismos.

Este tipo de incineración es ampliamente el más utilizado.

Los gases producidos en general tienen la siguiente composición para un residuo tipo urbano:  $CO_2$  5 - 12 % v/v,  $H_2O$  5 - 15 % v/v,  $O_2$  7 - 16 % v/v,  $N_2$  65 - 85 % v/v,  $CO$  10 - 2000 mg/Nm<sup>3</sup>,  $HCL$  200 - 2000 mg/Nm<sup>3</sup>,  $HF$  2 - 30 mg/Nm<sup>3</sup>,  $SO_x$  20 - 400 mg/Nm<sup>3</sup>, material particulado 2 - 10 g/Nm<sup>3</sup>, metales pesados  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Hg$ ,  $Cr$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Ni$ ,  $As$ , etc. 10 - 150 mg/Nm<sup>3</sup>.

El caudal volumétrico es función del poder calorífico del residuo, comprendido entre 4 y 8 Nm<sup>3</sup>/kg de residuo tipo urbano.

### **Hornos Incineradores**

Todos los sistemas de incineración, independientemente del tipo constructivo, cuentan con los siguientes componentes:

- Cámara de combustión (primaria).
- Cámara de post - combustión (secundaria).
- Sistema de recuperación de energía.
- Tratamiento del material particulado de los gases.



- Tratamiento de los gases y vapores.
- Chimenea de expulsión y medición de los gases tratados.

*Cámara de combustión: Incineradores con exceso de aire controlado*

En esta cámara, es donde se realiza la combustión del residuo que ingresa, las reacciones que ocurren son todas de oxidación total, dejando un sólido / líquido incombustible (ceniza) y una fase gaseosa que es conducida a la segunda cámara.

Las cenizas son descargadas en general al final de esta cámara.

Entre un 50 a 100 % de exceso de aire es suficiente para este sistema si se ha dimensionado correctamente.

Los parámetros de funcionamiento son los siguientes:

- |                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| • Temperaturas                        | 800° C - 1000° C |
| • Tiempo de residencia de las cenizas | 1 - 5 horas      |
| • Oxígeno en exceso                   | 3 - 12 % v/v     |

Además posee quemadores con combustible auxiliar para garantizar dichas temperaturas, ventiladores para proporcionar el exceso de oxígeno y las paredes se encuentran revestidas con materiales aislantes y refractarios especiales.

En todos ellos es importante también el sistema de carga del residuo que varía dependiendo del estado de agregación de los residuos, viscosidad, inflamabilidad y tipo de carga discontinua o continua: pistones, tornillo sin fin, cinta transportadora, manual, tolvas con doble compuerta, lanza sin fluido secundario, lanza con aire, lanza con vapor, etc., pero todos ellos deben garantizar el ingreso del residuo en forma segura.

Ventajas y desventajas:

- El residuo ingresa generalmente en forma continua.
- Las potencialidades en general son medias o grandes, más de 500 kg/h.
- El proceso de combustión es cuasi instantáneo.
- Los equipos son grandes (hay mayor cantidad de gases), pues la primera cámara trabaja en exceso de oxígeno. Esto resulta en equipos más costosos.
- Se produce mayor arrastre de material particulado, por ser un proceso más rápido.

*Cámara de combustión: Incineradores por gasificación*

El más difundido es el de lecho horizontal fijo, conocido también como incinerador con aire restringido.

En esta primera cámara, el residuo se gasifica, a temperaturas de 650°C aproximadamente, luego los gases son conducidos a la segunda cámara donde se completa la combustión, con un exceso de aire a temperaturas de 850 - 950° C.

Ventajas y desventajas:

- El residuo ingresa en forma discontinua.
- Las potencialidades en general son pequeñas, de 200 kg/h.
- El proceso de gasificación es un proceso lento.
- Los equipos son relativamente pequeños (hay menor cantidad de gases), pues la primera cámara trabaja en defecto de oxígeno. Esto resulta en equipos generalmente más económicos.
- Se produce menor arrastre de material particulado, por ser un proceso más lento.



### *Cámara de post - combustión*

Esta tiene por objeto garantizar la completa oxidación de los productos gaseosos que provienen de la primera cámara, es por esto que está considerada como el primer tratamiento de los gases. En general son cámaras del tipo vertical.

Los parámetros de funcionamiento deben ser los siguientes:

- Temperaturas 950° - 1200° C
- Tiempo de residencia mayor a 2 segundos
- Elevada turbulencia velocidad de ingreso 10 m/s
- Oxígeno en exceso 3 % v/v ( 6 % v/v)

Además posee quemadores para garantizar la temperatura y mejor turbulencia, descargas para las cenizas y paredes internas revestidas con materiales refractarios y aislantes especiales.

En esta cámara generalmente se instalan las lanzas para atomizar los residuos líquidos con alto poder calórico.

### *Sistemas de recuperación de energía*

Actualmente todos los sistemas que se construyen en Europa poseen algún tipo de recuperación.

Esta puede ser realizada por cámara de combustión con pantallas de agua o calderas de calor residual.

Puede producirse agua caliente, que puede utilizarse para aplicaciones industriales o para calefacción o vapor con los mismos usos o además se puede producir energía eléctrica.

Este tipo de calderas deben estar diseñadas especialmente para poder controlar la escorificación y acumulación de materiales en las paredes con la consecuente pérdida de intercambio calórico y daño a las mismas.

### *Tratamiento de los gases y vapores*

Para entender la composición de las emisiones gaseosas generadas en el proceso de termodestrucción de los residuos hay que analizar y conocer la composición química de estos y por otro lado los procesos que se verifican dentro de las cámaras de combustión y dentro de los equipos de tratamiento de los gases, vapores y particulado (o sea las nuevas sustancias que se formaran).

Las sustancias que componen los residuos se pueden dividir químicamente en materia inorgánica (metales, no metales, sus óxidos y sales) y materia orgánica (todos los compuestos derivados del carbono, excepto carbonatos y bicarbonatos).

Durante la combustión, los distintos elementos se combinan con el oxígeno dando como resultados productos sólidos (cenizas y escorias) y gaseosos.

Por lo tanto la combustión de los residuos en condiciones controladas conducirá (a la salida de la cámara de post-combustión) a la formación principalmente de los siguientes productos:

- Material inorgánico: cenizas y escorias, que están formadas por los distintos metales, sus óxidos y sales (dentro de las cenizas se encuentran también aquellas sustancias que no sufren el proceso de oxidación, como por ejemplo silicatos y aluminatos).
- Material orgánico: siendo sus elementos principales el C, H, O, N, S y halógenos.

Las tecnologías para el control de las emisiones se pueden dividir en 5 secciones:

- Equipos para el control de la combustión.



- Equipos para el control del material particulado.
- Equipos para el control de los gases y/o vapores ácidos.
- Equipos para el control de los NOx.
- Equipos para el control de los microcontaminantes.

Luego de la cámara de post-combustión y antes de cualquier otro equipo de control existe siempre una sección de enfriamiento de los gases, pues estos salen a temperaturas superiores a los 950° C y para acceder a los siguientes equipos la temperatura normalmente se encuentra entre 200° y 400° C esto se puede lograr introduciendo una caldera para recuperar el calor, un enfriador a agua o una sección de mezcla con aire.

## ***Dioxinas y Furanos***

### *Composición química*

Las dioxinas son miembros de la familia de los compuestos orgánicos conocida con el nombre de policloro-dibenzo-dioxina (PCDD).

Esta familia esta formada químicamente por una estructura de anillo triple, donde los dos anillos bencénicos de los extremos están unidos por dos átomos de oxígenos, a estos anillos bencénicos se unen uno o más átomos de cloro, dando todos los distintos compuestos de la misma familia (isómeros).

Los furanos son miembros de la familia de los policloro-dibenzo-furanos (PCDF), tienen una estructura similar a la anterior, solo que en lugar de tener un par de átomos de oxígeno que une los anillos, existe un solo átomo.

Como las posibles posiciones de unión para los átomos de cloro son ocho tanto para los PCDD como los PCDF, esto origina que existan 75 isómeros posibles de PCDD y 135 isómeros de PCDF.

En la nomenclatura química se refiere para identificar a los distintos isómeros por medio de la utilización de números que indican la posición relativa de los átomos de cloro. Esta numeración tiene una secuencia determinada, así por ejemplo el 2,3,7,8- TCDD es el 2,3,7,8-tetracloro-p-dibenzo-dioxina, es un compuesto de la familia de los PCDD que contiene cuatro átomos de cloro localizados en las posiciones 2,3,7 y 8.

### *Dosis y toxicidad*

La emisión de dioxinas y furanos es importante desde el punto de vista de la contaminación y esto se debe a que alguno de sus isómeros son sustancias altamente tóxicas.

En el grado de respuesta tóxica influyen varios factores. Aparentemente la dosis es el principal factor determinante de la gravedad de la respuesta tóxica, ya que existe una relación entre su mayor cantidad y una consecuencia más aguda.

Pero la dosis no solamente es la causa de una respuesta tóxica y de su severidad sino también la susceptibilidad del individuo expuesto.

Dicha susceptibilidad está en función de la edad, el sexo, el estado de salud, la genética, las exposiciones previas a esa o a otras sustancias y a la respuesta individual.

Otro factor que debe ser considerado, es que resulta más importante tomar en cuenta la relación de la concentración y la toxicidad específica para un determinado contaminante, que estos valores en forma individuales.

Basados en dicho principio es que la 2,3,7,8- TCDD (la más tóxica de las dioxinas) se encuentra en la posición 84 debajo de sustancias menos tóxicas pero mucho más difusas.



Según el centro para el control de enfermedades de los Estados Unidos las dioxinas en altas dosis tienen un bajo riesgo cancerígeno (por ejemplo en accidentes industriales), pero no son un riesgo cancerígeno en bajas dosis, tal como puede producirse en el aire ambiental cerca de una incineradora de residuos sólidos urbanos.

Las agencias estatales y EPA han dado una gran prioridad al control de las dioxinas y furanos. Tanto que se han colocados límites de emisión muy bajos:

- EPA 30 ng/Nm<sub>3</sub> (seco y a 7% O<sub>2</sub>) - para nuevas incineradoras de RSU  
60 ng/Nm<sub>3</sub> (seco y a 7% O<sub>2</sub>) - para incineradoras existentes de RSU
- CEE 0.1 ng/Nm<sub>3</sub> (gas seco y 11% O<sub>2</sub>)

#### *Fuentes y Formación*

Todavía no se ha determinado el mecanismo exacto de la formación de PCDD y PCDF en los procesos térmicos. Recientemente se han propuesto tres métodos de formación de dioxinas y furanos en las emisiones de las plantas de termodestrucción:

- La presencia de dioxinas y furanos en los mismos residuos.
- Su formación durante la combustión debido a los compuestos precursores aromáticos clorados (difenilos y trifenilos policlorados) PCB y PCT.
- Su formación durante la combustión procediendo de los hidrocarburos y el cloro.

Se ha supuesto también la formación de dioxinas y furanos durante la combustión de madera y papel (lignina) y los compuestos de cloro derivados del policloruro de vinilo PCV o de compuestos inorgánicos como el cloruro de sodio.

También se ha sugerido que el clorofenol podría actuar como compuesto precursor en la formación de PSDD y PCDF.

Con respecto a estas hipótesis, se han hecho algunos ensayos de combustión de residuos conteniendo distintas cantidades de PCV, a distintas temperaturas.

De los resultados de los ensayos se desprende que la concentración de PCDD y PCDF no depende de la cantidad de PCV, pero si de la temperatura de incineración.

Existen algunas evidencias de que se producen PCDD y PCDF en todos los procesos de combustión, incluso en los hogares.

#### *Técnicas de control*

Las técnicas de control para evitar la formación de dioxinas y furanos son aquellas que trabajan en el control de la combustión y en la separación y dosificación en origen.

- Técnicas de control de la combustión: se basan en el control de la temperatura, el tiempo de residencia y la eficiencia de combustión (cantidad de CO producido).
- Técnicas de separación y dosificación en origen: éstas se basan en la identificación de aquellos compuestos con alto contenido de cloro orgánico y la dosificación de los mismos de manera tal de no superar un cierto porcentaje al ingreso en la carga del sistema de termodestrucción. Estas cantidades deben estar correctamente relacionadas en el balance de masa.



## ***Plantas de Valorización Energética de los Residuos Sólidos Urbanos (Waste to Energy)***

La valoración energética de los residuos sólidos urbanos consiste en convertir dichos residuos en energía útil, esto se logra a partir de procesos de incineración.

La mayoría de los municipios servidos por las plantas que generan energía a partir de los residuos tienen algún tipo de programa de reciclaje, por lo que los residuos que se reciben en la planta ya han sido separados de los materiales reciclables. Los residuos se depositan en el suelo o en una gran fosa de concreto en el establecimiento. En muchas instalaciones, los residuos se cargan directamente en los hornos, mientras que en otras se procesan y trituran para producir el combustible antes de ponerlo en las calderas. El aire para el proceso de combustión en los hornos se extrae desde el interior de la instalación de recepción de modo tal de crear una presión negativa que evita que el polvo y los olores fluyan hacia el exterior.

El siguiente paso se desarrolla en el propio horno, donde la combustión a alta temperatura destruye por completo los virus, bacterias, comida en estado de putrefacción y otros compuestos orgánicos que se encuentran en los residuos urbanos que potencialmente podrían afectar a la salud humana. El calor de la combustión fluye y hace hervir el agua dentro de los conductos de la caldera convirtiéndola en vapor. El vapor se puede utilizar directamente en un sistema de calefacción o una fábrica. Por lo general el vapor se utiliza para mover una turbina-generador para producir electricidad.

Una vez que las cenizas producidas al finalizar el proceso se enfrían, imanes y otros dispositivos mecánicos separan los metales contenidos en ellas para su reciclaje. Este es un paso importante ya que una planta de estas características permite separar para reciclar miles de toneladas de metales de sus cenizas.

La tecnología empleada es muy avanzada y logró que las emisiones gaseosas igualen o superen los más estrictos estándares establecidos por la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos).

En este tipo de plantas se debe implementar un proceso de múltiples pasos para lograr un desempeño ambiental superior. Una buena combustión reduce al mínimo la formación de monóxido de carbono y productos de la combustión incompleta. Un buen control del horno también limita la formación de óxidos de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno que se forman son reducidos mediante un proceso que los convierte en nitrógeno inofensivo y agua.

El último paso en el control de la calidad del aire es eliminar todos los contaminantes potenciales, como ser las sales de cal, el carbón activado, y las partículas. Estas partículas son cenizas ligeras que tienden a ser arrastradas por el gas caliente. por un sistema de aspiración que cuenta con cientos de bolsas de filtro de tela. Algunas instalaciones cuentan con un precipitador electrostático que utiliza placas cargadas eléctricamente para capturar pequeñas partículas de ceniza.

La capacidad de conversión de residuos en energía para evitar las emisiones de gases de efecto invernadero sobre la base del ciclo de vida y mitigar el cambio climático ha sido reconocida en las medidas adoptadas por los países extranjeros que tratan de cumplir con los objetivos de Kyoto.

La valorización energética de los residuos sólidos urbanos es una fuente de energía renovable porque su fuente de combustible, los residuos sólidos urbanos, es sostenible y no agotable. A diferencia de otros tipos de energías renovables, esta modalidad se considera energía de carga base, que opera 24 horas al día los 365 días del año.



Hoy en día las plantas de conversión de residuos en energía son altamente eficientes utilizan los residuos sólidos urbanos como combustible en lugar de carbón, petróleo o gas natural. En estas plantas se recupera la energía térmica contenida en los residuos que luego se puede vender directamente a clientes industriales o es utilizado en el lugar para producir electricidad.

Las plantas están sujetas a completas evaluaciones de riesgo para la salud que han demostrado repetidamente que convertir residuos en energía es seguro y efectivo, que no implica peligro para los habitantes cercanos. El National Research Council de Estados Unidos publicó un estudio que asegura que estas plantas están diseñadas para producir la combustión casi completa de los residuos y emiten bajas cantidades de contaminantes. La incineración en estas plantas destruye los patógenos, materia orgánica y otros soportes patogénicos que se encuentran en los residuos. Además, los residuos que ingresan a una instalación de este tipo se manipulan en depósitos cerrados que se mantienen bajo presión negativa, desde los que se inyecta el aire directamente a las calderas, para así eliminar la posibilidad de emanar cualquier olor.

Respecto a las emisiones y residuos tóxicos que contienen dioxinas asociados a los procedimientos de incineración las plantas actuales cumplen o sobrepasan las regulaciones MACT (Maximum Achievable Control Technology) emitidas por la EPA. En Estados Unidos se han invertido importantes sumas de dinero para readaptar sus equipos de control de contaminación y cumplir con los más estrictos estándares del gobierno.

Respecto a las cenizas generadas al final del proceso representan alrededor del 10% del volumen de los residuos tratados. Los metales ferrosos se eliminan de la ceniza en la instalación, dejando un residuo que se parece mucho a cemento fresco que hace que se endurezca una vez que se coloca y se compacta en un relleno sanitario, lo que reduce la posibilidad de que el agua de lluvia produzca una lixiviación de los contaminantes de la ceniza hacia el subsuelo. Estos residuos se testean de acuerdo a estrictas pruebas de lixiviación y se ha demostrado que es seguro enterrarlos o reutilizarlos como material de relleno, cubierta de relleno sanitario diaria y final, agregado a la mezcla de asfalto para caminos, e incluso en la construcción de arrecifes artificiales y bloques de cemento.

#### **4.5. RELLENO SANITARIO**

Un relleno sanitario es una instalación ingenieril para la disposición final de residuos sólidos urbanos, diseñada y operada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública.

La disposición en tierra es el método más comunmente utilizado para la evacuación de residuos. La planificación, el diseño y la operación de rellenos sanitarios implica una tarea multidisciplinaria y de aplicación de principios científicos, ingenieriles y económicos.

##### ***Definición de términos***

*Celda.* Volumen de material depositado en un relleno durante un período de operación, generalmente un día. Incluye los residuos depositados y el material de cubrición.

*Módulo.* Consiste en una unidad de diseño circundada perimetralmente por un terraplén de cerramiento y circulación, por donde transiten los vehículos recolectores antes y después de la descarga de los residuos. Desde el punto de vista constructivo, el módulo conforma un recinto estanco que impide la migración de líquidos lixiviados hacia el exterior del mismo o se filtren hacia el acuífero. Debe evitar además el ingreso de agua del exterior (crecientes, lluvias).

*Cubrición diaria.* Es el suelo natural o materiales alternativos, como compost, que se aplican a los frentes de trabajo del relleno al final de cada período de operación. Controla el vuelo de materiales residuales, previene la entrada o salida de vectores sanitarios y controla durante la operación la entrada de agua al relleno.

*Nivel.* Es una capa completa de celdas sobre una zona activa del relleno. Generalmente el relleno está compuesto por una serie de niveles.



*Berma o terraza.* Se utilizan para mantener la estabilidad de la pendiente del relleno, para la localización de canales para el drenaje del agua superficial y para la localización de conductos destinados a la recuperación del gas generado dentro del relleno.

*Cubrición final.* Es aquella que se aplica a toda la extensión del relleno después de finalizar con la totalidad de las operaciones de vertido. Normalmente consiste en múltiples capas de tierra y/o materiales como geomembranas diseñadas para facilitar el drenaje superficial, interceptar aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial. Forma parte del *nivel final*.

*Lixiviado.* Líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. En la mayoría de los rellenos sanitarios el lixiviado está formado por el líquido que entra desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas), y en su caso el líquido producido por la descomposición de los residuos.

*Gas.* Mezcla de gases que se encuentran dentro del relleno. La mayor parte del gas está formado por metano y dióxido de carbono, productos principales de la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos. Otros componentes son nitrógeno y oxígeno atmosféricos, amoníaco y compuestos orgánicos en cantidades traza.

*Recubrimientos.* Son materiales, naturales y fabricados, que se utilizan para recubrir el fondo y las superficies laterales del relleno. Suelen estar formados por capas de arcilla compactadas y/o geomembranas diseñadas para prevenir la migración del lixiviado y los gases del relleno.

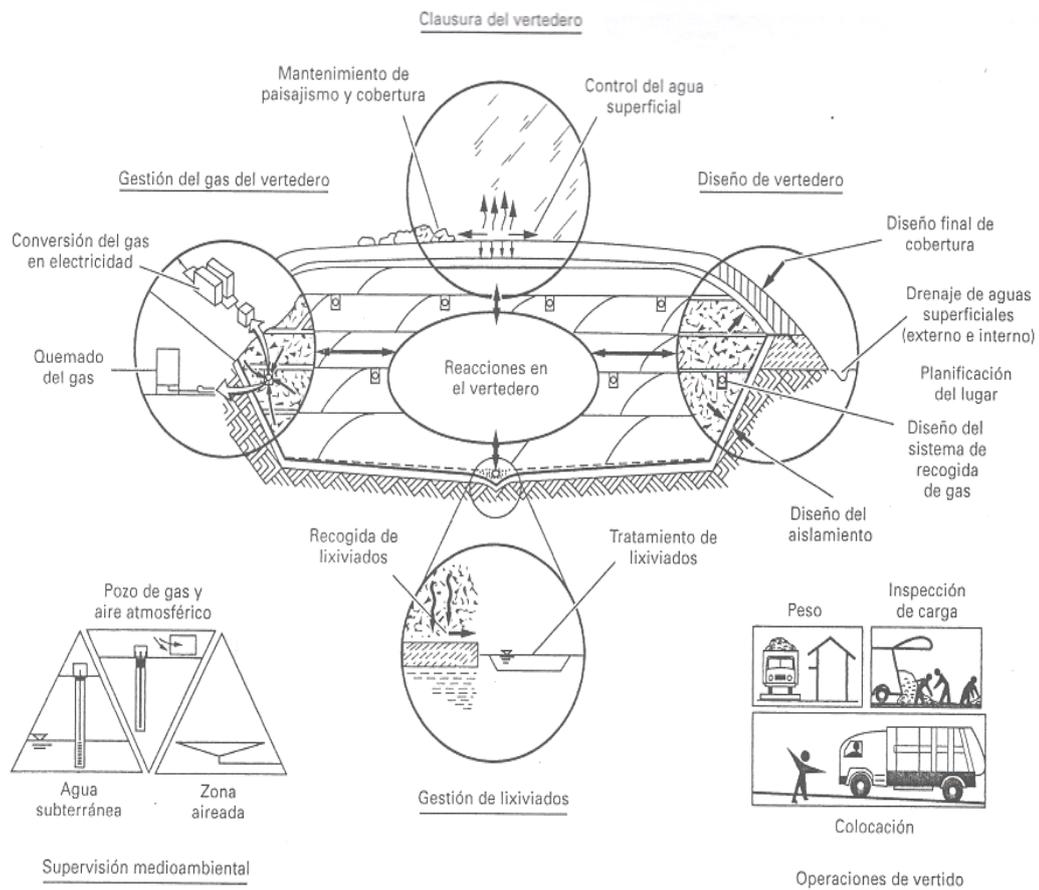
*Instalaciones para control.* Incluyen recubrimientos, sistemas para la recolección y extracción del lixiviado y de los gases, capas diarias y finales de cubrición.

*Supervisión ambiental.* Actividades asociadas con la toma y análisis de muestras de agua y de aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de los gases y del lixiviado en la zona de vertido.

*Clausura o cierre.* Incluye los pasos que se deben seguir para cerrar y asegurar la zona del relleno una vez completa la operación del mismo.

*Mantenimiento postclausura.* Actividades asociadas a la supervisión y mantenimiento a largo plazo del relleno terminado, normalmente entre 30 y 50 años.

En la figura siguiente se identifican los elementos principales que se deben considerar en la planificación, diseño y operación de los rellenos sanitarios, que incluyen el trazado y diseño, operación y gestión, reacciones que se producen, gestión de gases, gestión del lixiviado, supervisión ambiental, clausura y mantenimiento postclausura.



Fuente: *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Autores: Tchobanoglous-Theisen-Vigil. Editoria: l Mc Graw

## ***Tipos de rellenos sanitarios***

### *A) Método de celda/zanja excavada*

Este método de vertido es apropiado para zonas donde se dispone de una profundidad adecuada de material de cubrición y donde el nivel freático no se encuentra cerca de la superficie. Se colocan los residuos en celdas o zanjas excavadas en el suelo. La tierra extraída se utiliza como material para la cubrición diaria o final. Normalmente dichas celdas se revisten con membrana sintética o con arcilla de baja permeabilidad, o con la combinación de ambas, para limitar los movimientos de los gases y del lixiviado.

### *B) Método en zona*

El método en zona se utiliza cuando el terreno es inapropiado para la excavación de celdas o zanjas donde colocar los residuos. Son localizaciones con condiciones de alto nivel freático. La preparación del lugar implica la instalación de un revestimiento y de un sistema para el control de lixiviado. El material de cubrición debe ser trasladado desde terrenos adyacentes. En algunos sitios se ha implementado la utilización de compost producido por los residuos de jardín y la fracción orgánica de los RSU como material para la cubrición intermedia. Otra opción es la utilización de materiales de cubrición temporal, tales como tierra y geomembranas, las cuales se pueden colocar temporalmente sobre celdas completas y luego quitar para comenzar con el siguiente nivel.



### *C) Método vaguada/depresión*

Se han utilizado vaguadas, barrancos y fosas de relleno suplementario y canteras como zonas de vertido. Las técnicas para colocar y compactar residuos en rellenos de vaguada/depresión varían según la geometría del lugar, las características del material de cubrición disponible, la hidrología y la geología del lugar, los tipos de instalaciones de control de gases y lixiviado que van a utilizarse y el acceso al lugar. Normalmente se comienza a rellenar cada nivel por la cabeza de la vaguada y se termina por la boca, para prevenir la acumulación de agua en la parte de atrás del relleno. Se rellenan los sitios vaguada/depresión en múltiples niveles. El modo de operación es esencialmente el mismo que para el método en zona. Si el suelo es razonablemente plano el vertido inicial puede efectuarse utilizando el método celda/zanja excavada. Es de suma importancia prever la disponibilidad de material adecuado para la cubrición diaria y final cuando el relleno haya alcanzado la altura final.

### **Localización**

Una de las tareas más difíciles afrontadas por la mayoría de las comunidades es la localización de los rellenos sanitarios. Los factores que deben considerarse en la evaluación de potenciales ubicaciones incluyen: distancia de transporte, restricciones en la localización, terreno disponible, acceso al lugar, condiciones y topografía del lugar, condiciones climatológicas, hidrología del agua superficial, condiciones geológicas e hidrológicas, condiciones ambientales locales y usos potenciales postclausura. La selección final del lugar normalmente se basa en los resultados de un estudio detallado del sitio, de estudios de ingeniería de diseño y de inversiones y en una evaluación del impacto ambiental.

La distancia de transporte es una de las variables más importantes en la selección del sitio, dado que puede afectar significativamente al diseño y a la operación de un sistema de gestión de residuos. Aunque son deseables distancias mínimas de transporte, también se deben tener en cuenta las necesidades ambientales y políticas, que no siempre coinciden con las primeras. Asimismo las normativas suelen establecer restricciones de distancias mínimas a centros urbanos y aeropuertos por la presencia de aves. En muchos casos es preferible alargar las distancias, pero localizarlos de forma tal que sea equidistantes a un grupo de localidades, si bien crecen los costos de transporte, la misma instalación satisface las necesidades de varias poblaciones. También se deben tener en cuenta posibles usos futuros de la zona.

Los accesos son otra variable importante a la hora de decidir la locación de los rellenos. El sitio elegido debe contar con caminos de acceso para los camiones de transporte de los residuos en toda época del año, y de no ser así que exista la posibilidad de construirlos.

Al ser necesario cubrir los residuos dispuestos cada día es importante obtener datos sobre las cantidades y las características geológicas e hidrológicas de los suelos de la zona. En algunos casos dicho material se saca de fosas suplementarias, cuyas características deben ser asimismo estudiadas.

Las condiciones climatológicas son fundamentales para este tipo de emprendimientos. En determinados sitios en el invierno los accesos se ven afectados parcial o totalmente. El viento es determinante por el potencial vuelo de materiales livianos, polvo y olores. Por otro lado las precipitaciones son de vital importancia dado que influyen en la formación de lixiviado, escurrimiento superficial de las aguas en los módulos y en los caminos internos y externos y el dimensionamiento de los sistemas de drenaje. Por último la temperatura es otro factor a tener en cuenta, altas temperaturas aceleran los procesos de degradación de los residuos mientras que bajas temperaturas los retrasan.

La hidrología local de las aguas superficiales es importante para determinar las características de drenaje natural y de escorrentía existentes que hay que tener en cuenta, como así también las condiciones de inundación. Como es necesario desviar la escorrentía superficial fuera del relleno, hay que definir cuidadosamente los canales de flujo existentes y el área y características de la



cuenca. El estudio hidráulico debe contemplar una correcta evacuación del flujo de aguas pluviales del módulo de manera tal de evitar la filtración de agua en el relleno sanitario, como así también la erosión de la cobertura del mismo.

Analizar las condiciones geológicas e hidrogeológicas es un requisito principal para establecer si la zona es apta para la implantación de un relleno sanitario. Con estos datos se puede evaluar la contaminación potencial del lugar propuesto y prever las acciones necesarias para asegurar el movimiento del lixiviado y de los gases generados en el relleno, de modo de que no alteren la calidad de las aguas subterráneas. Asimismo estos estudios nos darán datos sobre las propiedades mecánicas y estructurales de los suelos, de la permeabilidad de los mismos y de la ubicación, condiciones y escorrentía de las napas subyacentes. Este estudio nos permitirá conocer las limitaciones que el suelo y las condiciones geológicas puedan imponer al proyecto.

Por último es necesario efectuar la correspondiente evaluación de impacto ambiental para determinar si el proyecto es viable en función de la preservación del medio ambiente. Los impactos derivados pueden ser tanto positivos como negativos, temporales como permanentes dependiendo de la etapa en cuestión (construcción, operación, cierre). Hay que tener en cuenta que un relleno sanitario como cualquier emplazamiento que el hombre efectúe va a provocar cambios en el ambiente. Hay que evaluar si el relleno va a ser ambientalmente aceptable respecto al tránsito, ruidos, olores, residuos que vuelen, impacto visual, control de vectores sanitarios, entre otros.

### ***Diseño y Construcción***

El primer paso en el proceso implica la preparación de la zona para la construcción del relleno. Se debe modificar el drenaje existente para canalizar la escorrentía fuera de la zona elegida. Otras acciones de preparación incluyen la construcción de caminos de acceso y de instalaciones de pesaje.

El siguiente paso es la excavación y preparación del fondo del relleno y de las superficies laterales. Los rellenos modernos normalmente se construyen en secciones, de esta forma sólo queda expuesto a las precipitaciones una pequeña parte de la superficie no protegida. Las excavaciones se llevan a cabo gradualmente. Se puede almacenar el material excavado sobre el suelo no excavado cerca de la zona activa, minimizándose así el problema de las precipitaciones que puedan acumular agua en la excavación.

Para minimizar costos es recomendable conseguir en el mismo lugar los materiales de cubrición de la zona del relleno. La zona inicial de trabajo se excava hasta la profundidad diseñada y se acopia el material retirado para su posterior uso. El suelo subyacente se utiliza para conformar el núcleo de los terraplenes perimetrales del módulo a construir, ejecutar la base y protección superior de la membrana de polietileno y primera capa de cobertura de los residuos que se dispongan, caminos secundarios y bermas interiores.

El fondo y taludes deben ser impermeabilizados a fin de evitar la migración de líquidos y gases hacia el exterior del módulo, previniendo de esta manera la contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas. Para ello se debe contar con una capa de suelo de baja permeabilidad (barrera geológica). Si en el sitio elegido no existe ese tipo de suelo, será necesario crear la barrera artificialmente. Sobre la barrera geológica se debe colocar una membrana flexible impermeable para completar el cierre hidráulico.

La zona aireada (entre la superficie del suelo y las aguas subterráneas) y el equipamiento para monitorear las aguas subterráneas se instala antes de colocar el recubrimiento del relleno. El fondo del mismo se prepara para proporcionar drenaje para el lixiviado y se instala un recubrimiento de baja permeabilidad. Las instalaciones para la colección y extracción del lixiviado se ubican dentro o encima del recubrimiento, el cual normalmente se extiende por las paredes excavadas en los laterales del relleno. Considerando que los líquidos lixiviados que se generan en el relleno sanitario se deben extraer y transportar a plantas de tratamiento donde es depurado para alcanzar los parámetros para permitir su vuelco, el diseño y construcción de las bermas y drenaje en el interior del módulo, debe ser tal que se logre una separación efectiva de las aguas de lluvia de los líquidos



lixiviados y minimizar al máximo el volumen a tratar. En los sitios previstos para la acumulación del líquido lixiviado, se colocan caños para el control y extracción del mismo.

En la parte superior del módulo ya terminado, se colocan tubos verticales para monitoreo de los gases del relleno. También se instala el sistema de captación de gases para su tratamiento, que consiste en una serie de cañerías verticales y horizontales con perforaciones. El gas captado se conduce por medio de cañerías colectoras de mayor diámetro hasta la planta donde se procede a su quemado pudiendo ser aprovechada la energía así obtenida, para distintos usos.

Previo a comenzar a operar el relleno se construye una berma de suelo en el lado a favor del viento que sirve como barrera para controlar el vuelo de materiales y también es útil para compactar contra ella los residuos. Para los rellenos excavados normalmente la pared de excavación sirve como cara inicial de compactación.

### ***Operación***

El método de operación que se describe a continuación es el implementado en la actualidad por CEAMSE en sus rellenos sanitarios.

El primer paso es la descarga de los residuos al borde de la celda en operación, luego una topadora sobre orugas procede a empujarlos hacia el interior de la misma y dentro de ésta, en acción combinada con un compactador de ruedas de acero especialmente diseñado para este fin, realizan su distribución en espesores no mayores a 30 cm alejándolos del área de descarga.

Simultáneamente con la tarea de distribución, se efectúa la trituración y compactación de los mismos; con esta operación combinada se logra un desgarramiento y desmenuzamiento de los residuos y envases que los contienen.

Cuando se alcanzan las cotas finales del proyecto en cada celda, se procede a la cobertura final de los mismos con una capa de suelo del lugar de 20 cm de espesor mínimo, a continuación una capa de suelo arcilloso compactado, de 40 cm de espesor como mínimo, a efectos de minimizar el ingreso de agua de lluvia que generaría lixiviado, evitar la emanación de olores, proliferación de vectores como insectos y roedores y posibilitar que comience la etapa de descomposición anaeróbica de los residuos. Sobre esta superficie se coloca una capa de suelo vegetal, con un espesor igual o mayor a 20 cm, extraído y acopiado previamente durante el proceso de preparación. Cuando los taludes de residuos, que por la secuencia operativa deban permanecer transitoriamente expuestos, se procede a la cobertura provisoria de los mismos. La superficie superior del módulo debe ser uniforme y libre de depresiones que permitan y/o faciliten la acumulación de agua sobre el terreno, y en el caso que se originen asentamientos diferenciales se debe proceder a su corrección.

Teniendo en cuenta que la disposición de residuos debe ser efectuada en forma ininterrumpida, permanentemente debe existir una capacidad receptiva para recibir residuos durante seis meses de operación, como mínimo. Se comienza a recibir los residuos en la primera celda del sector. Dicha área, en este período, es la única parte del módulo donde se acopiará el líquido lixiviado que comience a formarse, quedando el resto del recinto libre del mismo, debido al cerramiento que le presentan el sistema de bermas que lo rodean. Comienza al mismo tiempo la instalación de los tubos de control y extracción del lixiviado en los sitios preestablecidos. A medida que continúe el ingreso de residuos y los mismos alcancen los lugares donde se encuentren las bermas removibles, las mismas son retiradas, total o parcialmente, para permitir que el líquido lixiviado llegue a la base de los tubos de control y extracción del mismo. El procedimiento detallado continúa de la misma forma hasta completar el primer sector del relleno. A continuación y de acuerdo con la secuencia que se hubiera proyectado, la disposición de los residuos puede realizarse desde la parte superior del módulo, construyendo caminos transitorios sobre la cobertura de los residuos que permitan la circulación de los mismos.

Dependiendo de la eficacia de los equipos compactadores la cantidad de residuos que se pueden disponer en el relleno varía entre 500 y 1000 kg/m<sup>3</sup>.



### **Tratamiento de lixiviado**

La gestión de lixiviados es clave para la eliminación del potencial para contaminar acuíferos subterráneos que tiene un relleno sanitario.

Teniendo en cuenta que las características de los lixiviados originados en un relleno sanitario pueden variar dependiendo de las características del lugar y la composición de los residuos allí depositados, existen varias opciones para el tratamiento del mismo. El proceso o los procesos elegidos dependerán del tipo de contaminante que hay que separar.

En la tabla siguiente se exponen las principales operaciones y procesos de tratamiento biológicos y físico/químicos utilizados para el tratamiento de lixiviados.

<b>PROCESO DE TRATAMIENTO</b>	<b>APLICACION</b>
<b>Procesos Biológicos</b>	
Barros Activados	Separación de orgánicos
Reactores de lotes secuenciados	Separación de orgánicos
Estanques aireados de estabilización	Separación de orgánicos
Procesos de película fija (ejemplo: filtros percoladores)	Separación de orgánicos
Nitrificación/Desnitrificación	Separación de orgánicos
<b>Procesos Químicos</b>	
Neutralización	Control de pH
Precipitación	Separación de metales y algunos aniones
Oxidación	Separación de orgánicos; detoxificación de algunas especies inorgánicas
Oxidación por aire húmedo	Separación de orgánicos
<b>Operaciones Físicas</b>	
Sedimentación/Flotación	Separación de materia en suspensión
Filtración	Separación de materia en suspensión
Arrastre por aire	Separación de amoníaco u orgánicos volátiles
Separación por vapor	Separación de orgánicos volátiles
Absorción	Separación orgánicos
Intercambio Iónico	Separación de inorgánicos disueltos
Ultrafiltración	Separación de bacterias y de orgánicos con alto peso molecular
Osmosis inversa	Disoluciones diluidas de inorgánicos



### ***Tratamiento de gases – Generación de energía eléctrica***

Se puede comparar un relleno sanitario de residuos sólidos con un reactor biológico, con residuos y agua como principales entradas, y con gas y lixiviado como principales salidas.

El gas está compuesto de varios gases que están presentes en grandes cantidades (gases principales) y de varios gases que están presentes en pequeñas cantidades (oligogases). Los primeros proceden de la fracción orgánica de los RSU.

En la tabla siguiente se muestra la composición típica del gas generado en un relleno sanitario de RSU.

<b>COMPONENTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1
Amoníaco	0,1-1
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Componentes en cantidades traza	0,01-0,6
<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALOR</b>
Temperatura	37-67°C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido de humedad	saturado
Poder calorífico superior	890-1223 kcal/m <sup>3</sup>

Se emplean los sistemas de control de gases para reducir las emisiones atmosféricas, para minimizar la salida de emisiones con olores indeseables, para minimizar la migración subsuperficial del gas, y para permitir la recuperación de energía a partir del metano., o bien se puede quemar, bajo condiciones controladas, para disminuir la emisión de constituyentes dañinos a la atmósfera.

Los sistemas de control se pueden clasificar en pasivos y activos y cada uno de ellos presenta varias tecnologías que se pueden aplicar. Dichas opciones se presentan el cuadro siguiente:



CONTROLES PASIVOS	Ventilación para reducir la presión de los gases dentro del relleno para reducir la migración lateral de los mismos. Se instalan chimeneas desde la superficie a la masa de residuos y las mismas pueden estar equipadas con quemadores de gas.
	Zanjas perimetrales de intersección, las cuales están llenas de grava que contienen tuberías horizontales de plástico perforado conectadas a chimeneas verticales.
	Zanjas perimétricas a modo de barrera, las cuales se llenan con materiales relativamente impermeables, como pasta de arcilla o bentonita, y se convierten en barrera física para el movimiento lateral subsuperficial. Se conectan asimismo a chimeneas para la extracción vertical del gas.
CONTROLES ACTIVOS	Chimeneas perimétricas para la extracción del gas y para el control de olores. Se instalan chimeneas verticales dentro del relleno o en su perímetro. Cada una se conecta a un tubo recolector común y éste a un compresor eléctrico centrífugo que produce vacío, creando una zona o radio de influencia dentro de la cual el gas es aspirado de la masa de RSU hacia la chimenea. Luego se ventila, quema o recupera para la generación de energía eléctrica. Recomendado para rellenos muy profundos.
	Zanjas perimétricas de extracción que se instalan normalmente en el suelo original adyacente del perímetro del relleno. Las mismas están llenas de grava que contienen tuberías horizontales de plástico perforado que se conectan a un colector y compresor centrífugo de extracción. Se recomienda para rellenos poco profundos.
	Chimeneas verticales perimétricas con inyección de aire, son instaladas en el suelo original entre los límites del relleno y las zonas que hay que proteger de la intrusión del gas.
	Chimeneas verticales y horizontales en forma combinada. Las horizontales se van instalando a medida que se completan 2 o más niveles. Complementan al método anterior.

Normalmente los gases que se han recuperado de un relleno en actividad se queman y/o se utilizan para la generación de energía eléctrica.

#### *Incineración de los gases.*

Es un método de destrucción térmica, o sea, se queman el metano y cualquier otro oligogás en presencia de oxígeno, produciéndose dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxido de nitrógeno y otros gases relacionados. Dicho proceso se debe llevar a cabo en instalaciones de combustión específicamente diseñadas, que deben cumplir rigurosas especificaciones de operación que aseguren la destrucción total de los compuestos orgánicos volátiles y de otros compuestos similares que puedan estar presentes en el gas del relleno.

#### *Generación de energía eléctrica.*

Los objetivos principales de instalar un sistema de captación y tratamiento de biogás generado en un relleno sanitario son:

- Desgasificación del relleno para reducir impactos en el área circundante, como ser generación de olores y riesgos de explosión.
- Eliminación de metano ( $\text{CH}_4$ ) para reducir el efecto invernadero (Protocolo de Kyoto).
- Generación de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's).

A través de una instalación de desgasificación se extrae el gas del relleno y se lo transporta a la planta de tratamiento.



Según datos de campo obtenidos en el proyecto que se desarrolla en el complejo del CEAMSE Norte III, para una producción óptima de biogás la antigüedad del relleno debe estar entre los 3 y 15 años, un tonelaje mayor a mil millones de toneladas, una altura de 12 a 30 metros, una superficie entre 16 y 54 m<sup>2</sup> y precipitaciones entre 500 y 1000 mm/año.

Los beneficios de instalar una planta para la captación y tratamiento de biogás son los siguientes:

- Fuente de energía local.
- Fuente de energía renovable.
- Suministro constante.
- Recurso que se pierde de no aprovecharlo.
- Reduce la producción de gases de efecto invernadero.
- Producción de energía limpia.
- Ahorro por no consumir energía eléctrica proveniente de la red.

Cada MWh de generación o utilización media de 615 m<sup>3</sup>/h de biogás en un año es equivalente a:

- La siembra de 4900 hectáreas de árboles o a la eliminación de CO<sub>2</sub> emitido por 9.000 vehículos.
- La prevención del uso de 99.000 barriles de petróleo o prevención del uso de 200 vagones de carbón o proveer energía eléctrica a 2.250 hogares.

### ***Post clausura***

Una vez cerrados los módulos del relleno sanitario, continúan los trabajos en el mismo. Durante la descomposición de los residuos depositados, disminuyen su volumen, descendiendo el nivel superior del módulo cerrado. Se pueden producir asimismo diferentes magnitudes de asentamientos en distintas áreas del relleno, generándose desniveles o hundimientos en los que se puede acumular agua que luego podría entrar al relleno y sumar volumen al líquido lixiviado.

Es de especial importancia que se mantenga y se arregle la superficie del relleno para aumentar el drenaje, que se mantengan y operen los sistemas para el control de lixiviados y del gas, y que se supervise el sistema para la detección de posibles contaminaciones.

### ***Controles Ambientales***

Antes de la instalación, durante la operación y luego del cierre del relleno sanitario se llevan a cabo las correspondientes tareas de control ambiental para comprobar que no se están produciendo afectaciones al aire, al suelo o a las aguas subterráneas y superficiales.

Dichas tareas se efectúan a través de pozos de monitoreo de aguas subterráneas, estaciones de muestreo de aguas superficiales junto con las plantas de tratamiento de líquidos lixiviados y el equipamiento para monitoreo de emisiones gaseosas, temas que se han desarrollado a lo largo de este capítulo.

## **4.6. ESTIMACION DE COSTOS**

### ***Planta de Separación y Transferencia y Sistemas Asociados***

En base a las últimas contrataciones efectuadas por la Nación en el año 2010, se obtiene un monto de inversión estimado que promedia los 9.000.000 millones de pesos argentinos, cuyo alcance es el diseño y construcción de infraestructura y provisión de equipamiento de una planta de separación y estación de transferencia por gravedad, con una capacidad de recepción diaria de 2.500 toneladas, incluyendo instalaciones para el control de ingreso, sistemas de pesaje, oficinas administrativas, baños, vestuarios, taller de mantenimiento y depósitos, sistemas de gestión de líquidos de operación, sistemas e instalaciones de monitoreo, cercos perimetrales, cortina forestal, obras de control de agua pluvial y saneamiento hidráulico, accesos, zonas de acopio y circulaciones



internas, señalizaciones, servicios e iluminación, sistemas de captación y extracción de control de ruidos, olores y material particulado.

En cuanto a costos de operación y mantenimiento, se cuenta con los datos correspondientes a las tarifas vigentes (2010) que cobra el CEAMSE, en sus estaciones de transferencia, a generadores privados de residuos sólidos asimilables a domiciliarios, cuyo valor es de 144 pesos argentinos con 22 centavos más IVA por tonelada.

### ***Relleno Sanitario y Sistemas Asociados***

Al igual que en el caso anterior, en base a las últimas contrataciones efectuadas por la Nación en el año 2010, se obtiene un monto de inversión estimado que promedia los 16 millones de pesos argentinos, cuyo alcance es el diseño, construcción e instalación de un relleno sanitario y sus sistemas asociados, con capacidad para la recepción promedio de 6.800 toneladas diarias y una vida útil de 20 años. Dicho costo incluye el diseño y construcción de la celda de disposición final propiamente dicha, instalaciones para el control de ingreso, sistemas de pesaje, oficinas administrativas, baños, vestuarios, taller de mantenimiento y depósitos, planta de tratamiento de lixiviados, sistemas e instalaciones de monitoreo, cercos perimetrales, cortina forestal, obras de control de agua pluvial y saneamiento hidráulico, accesos, señalizaciones, servicios e iluminación, sistemas de captación y extracción de lixiviados, sistema activo de captación y quemado de biogás.

En cuanto a costos de operación y mantenimiento, se cuenta con datos correspondientes a las tarifas vigentes (2010) que cobra el CEAMSE, en sus rellenos sanitarios, a generadores privados de residuos sólidos asimilables a domiciliarios, cuyo valor es de 76 pesos argentinos con 40 centavos más IVA por tonelada.

### ***Plantas de Incineración con Valorización Energética***

De acuerdo a lo publicado por el INTI, teniendo como fuente de datos experiencias en Alemania y Holanda, para la instalación de una planta llave en mano con capacidad para incinerar 100 toneladas diarias, donde el 90% son equipos y el 10% ingeniería, se requiere una inversión de 22 millones de euros, que no incluyen ni el terreno ni la obra civil. Para esta escala la eficiencia de conversión es de 1,5 Mw a la red y 0,5 Mw de autoconsumo.

Como en Argentina no existen plantas de incineración de residuos sólidos urbanos activas, se presenta como dato de interés la tarifa vigente que cobran las empresas que tratan residuos peligrosos a través de la incineración, cuyo valor promedia los 3.500 pesos argentinos por tonelada de residuos especiales de baja peligrosidad.



## 5. CONCLUSIONES

La situación actual de Argentina respecto a la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, tal como fue presentada en el *Apartado 3* del presente informe es crítica.

Haciendo un resumen de datos se puede afirmar que solo se está cumpliendo con las etapas de barrido, limpieza y recolección con una cobertura aceptable, del 100% en las ciudades más importantes, bajando ese porcentaje en las localidades más pequeñas, pero no presenta inconvenientes a nivel general.

Por otro lado son escasas las implementaciones de políticas de reducción de generación de residuos en origen y recolección diferenciada de los mismos para su posterior clasificación y reciclaje y la aplicación de alguna otra alternativa factible como el compostaje. Siendo las mismas tendencias mundiales y sumamente necesarias desde el punto de vista de sustentabilidad como de eficiencia de los mecanismos asociados de disposición final.

En esa misma línea nos encontramos con una etapa de disposición final deficiente tanto en cobertura como en metodologías aplicadas, donde en el 54% de las poblaciones del país los residuos sólidos urbanos se depositan en basurales a cielo abierto y sólo en el 11% se implementa la modalidad de relleno sanitario. Este último caso se observa en general en las grandes ciudades y solo en algunas medianas localidades, quedando las pequeñas con el mayor porcentaje de basurales a cielo abierto.

Los basurales a cielo abierto no cuentan con ningún tipo de control respecto de los tipos de residuos que se tiran y los impactos que esta operatoria produce, por un lado al medio físico, traducidos en contaminación del aire, del suelo y del agua y por el otro los perjuicios a la salud humana, tanto de las poblaciones cercanas como a la propia gente que efectúa la recuperación de materiales directamente dentro de los mismos basurales.

La población en general no presenta una cultura de interés en el destino de los residuos, la mayor preocupación es la necesidad de contar con un servicio de recolección de los mismos. Una vez que fueron retirados de la vista de los generadores, para muchos ya está resuelto el problema. No hay interés en efectuar una reducción importante en la generación, como base para un manejo sustentable, para lograr la preservación de los recursos naturales y tampoco interés en los mecanismos de disposición final, salvo que ellos representen una amenaza para la salud en los casos de poblaciones circundantes.

Es imperante comenzar a implementar políticas en línea con el saneamiento y la sustentabilidad en materia de residuos.

Esta situación es producto de la falta de políticas a nivel nacional y provincial, la falta de inversión en infraestructura de tratamiento y disposición final, el crecimiento de la población y su tendencia a concentrarse en los centros urbanos, falta de legislación adecuada y superposición de jurisdicciones, entre otros.

Los residuos son responsabilidad de cada municipio, pero muchas veces por falta de recursos o iniciativas se suele derivar dicha responsabilidad a nivel provincial. Lo cierto es que dependiendo del caso, es válida o no la gestión municipal, en muchos sectores del país planes de regionalización pueden ser una solución adecuada para compartir instalaciones y de esta forma reducir los costos de inversión y operación que este tipo de emprendimientos traen aparejados.

No obstante a lo expresado anteriormente es necesario que exista una estrategia a nivel nacional a partir de la cual se vayan desagregando las provincias y de allí los municipios, de forma tal de seguir una línea coherente tanto en políticas como en metodologías a implementar. En este sentido desde el desarrollo de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, se han comenzado a planificar y ejecutar algunos emprendimientos, los cuales fueron mencionados en el *Apartado 3*.



No se debe dejar de lado que el hecho de tratar y disponer los residuos urbanos de una forma segura y compatible con las buenas prácticas ambientales trae aparejado un aumento inevitable en el costo del servicio que debe ser estudiado oportunamente.

Finalmente, enfocándonos estrictamente en las alternativas de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, a continuación se presentan las conclusiones obtenidas.

La alternativa de incinerar los residuos urbanos presenta diversas barreras de naturaleza ambiental y social por un lado y de naturaleza económica por otro.

El Convenio de Estocolmo, si bien no prohíbe la incineración, introduce severas restricciones para su uso. De los 12 químicos que el convenio toma como objetivo 4 son productos no intencionales derivados de la incineración, y el convenio llama a su continua minimización y eliminación. Dicho convenio habla, significativamente, de descargas totales, no sólo emisiones al aire, y llama claramente a los países a prevenir la formación, no sólo la descarga de estos químicos.

Por otro lado la incineración necesita complementarse indefectiblemente con rellenos sanitarios, ya que produce cenizas que deben ser vertidas en ellos. Asimismo existen residuos que no pueden ser incinerados, como por ejemplo materiales voluminosos, que también necesitan de esta alternativa de vertido.

Por otro lado, la incineración, teniendo en cuenta los datos del *Apartado 4.6* es la opción de gestión de residuos sólidos más costosa. Asimismo como se expuso en el *Apartado 4.4*, para que esta metodología sea económicamente aplicable los residuos a tratar deben poseer un poder calorífico medio/alto, contener una matriz fundamentalmente orgánica y no más del 60% de agua.

No obstante, la incineración, luego del sistema por disposición mediante relleno sanitario, es el método más utilizado en el mundo para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos, dado que aún no siendo económicamente rentable, se utiliza este tipo de tratamiento por ser el único técnicamente viable.

Para tener una idea del grado de uso de esta tecnología en el mundo, se puede decir que entre 25 y 30% de los residuos urbanos de todos los países de la CEE se tratan por este medio, existiendo una gran variación que va desde países como Suecia con 80% a España con el 5%. En Japón el 75 % de sus residuos son tratados por esta tecnología. En Estados Unidos solo un 15 % del total de sus residuos urbanos son incinerados.

Una tendencia actual son las plantas de valorización energética a partir de los residuos sólidos urbanos. 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, si bien siguen siendo plantas que requieren elevadas inversiones.

Según la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos) dichas plantas producen electricidad con menor impacto para el medio ambiente que casi cualquier otra fuente de electricidad. Las mismas satisfacen algunas de las normas ambientales más estrictas del mundo y emplean los equipos de control de emisiones más avanzados disponibles.

En los países donde se operan este tipo de plantas se ha comprobado que esta modalidad no compete con las políticas de reciclaje. En estados unidos los municipios con plantas de valorización energética de residuos sólidos urbanos tienen una tasa de reciclaje más alta que la del resto. En estas instalaciones se facilita el reciclaje de diversos materiales. Muchos establecimientos ofrecen áreas destinadas al almacenamiento de materiales reciclables. Algunas plantas emplean programas de recuperación de metales ferrosos para su reciclado.

Finalmente se presenta como alternativa la implementación de disposición final mediante relleno sanitario. Históricamente, los rellenos sanitarios han sido el método más económico y ambientalmente aceptable para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.



Independientemente de los tratamientos y técnicas de reciclaje que se implementen en un sistema de gestión de residuos sólidos, indefectiblemente quedan rechazos que no se reciclan, que son producto del procesamiento para la recuperación de materiales o de la recuperación de productos de conversión y/o energía, que deben ser dispuestos de una forma segura y sustentable.

Otros procedimientos como es el caso de la incineración, no han prosperado frente a la opción del relleno sanitario porque este último presenta dos ventajas principales, la primera es el hecho de que en Argentina existen tierras públicas disponibles para la implantación de rellenos sanitarios cuyo "valor inmobiliario" no es tenido en cuenta en los análisis de costos de inversión y la segunda su bajo costo de operación en comparación con una planta incineradora.

Por las características y estado de situación actual de Argentina, es imperante implementar el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos con políticas de gestión coherentes a nivel nacional.

Tanto para localidades pequeñas y medianas, aplicando el concepto de regionalización, como para las ciudades más grandes, el relleno sanitario es la opción recomendada como método sustentable para la disposición final de residuos sólidos urbanos, en nuestro país.

El modelo que impone el relleno sanitario debe estar complementado con plantas de separación y clasificación de materiales provenientes de la fracción inorgánica de los residuos, en pos del reciclaje, así como con la implementación de procedimientos de compostaje para la fracción orgánica, y de esta forma reducir los tonelajes destinados a enterramiento, alargando de esta forma la vida útil de los mismos.

Dentro de las múltiples ventajas que un programa de reciclado diseñado adecuadamente trae aparejadas, una fundamental que es el mejoramiento ambiental a través de la preservación de los recursos, como también la generación de nuevos puestos de trabajo.

Por otro lado, como se menciona en el *Apartado 4.1*, se recomienda la implementación de estaciones de transferencia para aquellos casos que ameritan la regionalización como esquema para el tratamiento y la disposición final de los residuos por tratarse de municipios cuya ubicación geográfica permite que compartan dichas instalaciones. La regionalización permite aprovechar la economía de escala.

No obstante a lo expresado en el párrafo anterior es importante mencionar que al tratarse Argentina de un país muy extenso con dispar distribución de su población, donde en muchos casos la cantidad de habitantes es inversamente proporcional a las superficies provinciales y/o municipales, por obvias limitaciones de distancias, no sea factible una alternativa de regionalización.

De acuerdo a los datos publicados por la SAyDS, Argentina cuenta con algunas iniciativas de regionalización vinculadas al manejo de residuos sólidos urbanos, que han tenido limitaciones de distinta índole, entre las que menciona la planificación territorial existente y la imposibilidad originada, por su aplicación, de localizar plantas de tratamiento o centros de disposición final en algunas áreas, la falta de recursos económicos-financieros, la resistencia de los pobladores, en particular, con respecto a la instalación de sitios de disposición final, la falta de voluntad política para impulsar los proyectos y los cambios institucionales y las distancias entre los municipios que torna inviables algunas propuestas.

Por otro lado, para casos puntuales es importante empezar a probar e implementar nuevas alternativas para obtener datos y experiencias que puedan darnos opciones el día de mañana.

En nuestro país hoy en día no se cuenta con experiencias de incineración, por las razones expuestas anteriormente, por lo cual no hay información histórica que nos sirva de antecedente a la hora de evaluar alternativas, lo que no significa que plantas de valorización energética, no puedan ser una opción válida dentro de una batería de soluciones, donde de acuerdo a cada caso en particular se puedan complementar distintas modalidades.



## **ANEXO. EXPERIENCIAS EN EL EXTERIOR.**

### **AMSTERDAM, HOLANDA.**

#### **PLANTA DE VALORIZACION ENERGETICA (WASTE TO ENERGY).**

La gestión de residuos en Holanda es complicada. Con la superficie terrestre limitada para efectuar la disposición en rellenos sanitarios, los residuos domiciliarios son incinerados para producir energía o exportados a otros lugares para disponerlos.

En el camino de las plantas de valorización energética a partir de los residuos sólidos urbanos (Waste to Energy), Amsterdam ha creado una planta increíblemente eficiente, Afval Energie Bedrijf W2E, capaz de producir 1 millón de MWh de electricidad al año. Más allá del factor de energía, la planta también se utiliza para calefaccionar varias comunidades en las cercanías de la capital produciendo 250.000 GJ de calor al año (agua caliente para calefacción).

Lindera a la planta de generación de energía se encuentra la planta de tratamiento de agua Waternet. Ambas plantas funcionan en simbiosis, la planta de incineración de residuos suministra energía eléctrica y calor para los procesos de tratamiento de agua, y la planta de tratamiento de agua proporciona a la primera, lodos y biogás como fuente adicional de combustible. De esta forma, en un estrecho corredor industrial, Amsterdam gestiona una gran parte de sus funciones municipales.

Anualmente entran en la planta incineradora 1,4 millones de toneladas de residuos, provenientes del área metropolitana de Amsterdam. Los residuos se depositan en una sala de clasificación general donde se tamizan e ingresan al proceso de incineración. Cuando la basura se quema el calor se utiliza para hervir agua y el vapor sobrecalentado de este proceso mueve varias turbinas que generan electricidad.

Conscientes de los efectos sobre el medio ambiente que producen los gases producto de la incineración, los holandeses han instalado un complejo proceso de lavado de gases de combustión. Dicho procedimiento comienza con un filtro para separar las cenizas volátiles, luego el gas pasa por un filtro de tela para eliminar otros residuos. El gas pasa entonces por varios depuradores para eliminar componentes nocivos y partículas para que no pasen a la atmósfera.

Para muchos de los subproductos se está buscando la forma de cerrar el círculo utilizándolos como insumos para otros procesos, por ejemplo los oligoelementos para la industria manufacturera y las cenizas volátiles para la industria de la construcción. El resto de los materiales que quedan al final del proceso son dispuestos en rellenos.

A esta altura lo que queda como emisión son principalmente vapor de agua y gases de combustión limpia. El resto de las emisiones se controlan y se mantienen dentro de los límites que impone la legislación holandesa. Las dioxinas generadas son capturadas y tratadas en forma segura.

Los diseñadores han puesto especial foco a las emisiones de carbono. Como la planta tiene varias funciones al mismo tiempo (eliminación de residuos y generación de energía eléctrica y calor), se posiciona por encima de otros métodos evitando la emisión de 438 kilotoneladas al año de CO<sub>2</sub>. Debido a la combinación de procesos se reduce la cantidad de neta de carbono que va a la atmósfera.

La eficiencia de estas plantas de generación de energía a partir de los residuos es un factor muy importante en la ecuación. Si los residuos de toda la Unión Europea se manejaran de manera similar, los especialistas estiman que estas plantas podrían generar el 8% del total de la electricidad consumida por estos países como producto de la incineración de 182 megatoneladas de residuos y evitando la emisión de 200 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año. También se evita la utilización de grandes extensiones de tierra destinadas a la construcción de rellenos sanitarios.



Los beneficios de la planta se incrementan al conectarla con la planta de tratamiento de agua Waternet. Esta última trata las aguas residuales de 1 millón de habitantes equivalentes y efluentes cloacales de 2 millones de habitantes equivalentes por año.

Para dichos tratamientos se utilizan métodos biológicos en lugar de químicos para eliminar el fosfato y el nitrógeno del agua. La digestión de lodos supone que la valorización energética a partir del biogás es posible en los tanques de aireación profundos. Este biogás se utiliza actualmente en la planta para proveer gas a la red de gas natural y también para suministrar combustible a una flota pequeña de vehículos. Anualmente la producción de gas del digestor de la planta de tratamiento de agua es equivalente a 7,5 millones de m<sup>3</sup> de gas natural, suficiente para 5000 hogares y 3500 vehículos.

Al observar de manera integral los procesos, servicios, entradas y salidas de ambas plantas, Afval Energie Bedrijf W2E y Waternet, podemos afirmar que los holandeses han dado una elegante solución a muchos problemas complejos. Hay un claro intento de cerrar el círculo de los subproductos, ya sea respecto de las partículas del gas de combustión o biogás a partir de regeneración de agua.

La integración cuidadosa de ambas gestiones, agua y residuos, ha dado como resultado muchos beneficios que no serían posibles de lograr con métodos convencionales. Tanto Afval Energie Bedrijf W2E como Waternet son excelentes ejemplos de lo que puede lograrse con una correcta planificación de infraestructura.



## FUENTES Y BIBLIOGRAFIA

Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda – 2001. INDEC.

Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos – 2005. SAyDS.

Informe Organización Panamericana de la Salud – 2002.

Gestión Integral de Residuos Sólidos. Autores: Tchobanoglous-Theisen-Vigil. Ed. Mc Graw.

Cátedra de Residuos Sólidos Urbanos – 2001 – Ing. Alejandro Sarubbi – UCA.

Compost y Compostaje. Gladys R. Lemus

Situación de los residuos sólidos municipales y peligrosos en Argentina. Ing. Atilio Savino.

Estudio de Calidad de los RSU de la CABA – 2009 – Instituto de Ingeniería Sanitaria – UBA.

Captación y aprovechamiento de biogás – Norte III – 2010 – Juan Pablo Weihs.

Publicaciones CEAMSE.

Publicaciones Departamento E-RENOVA – INTI.

Base de Datos Legislativa ESTRUCPLAN.