

Residuos: el problema de la humanidad

- ❑ **Definición, consecuencias ambientales y tipos de residuos.**
- ❑ **RESIDUOS LÍQUIDOS URBANOS: AGUAS RESIDUALES**
 - **Tratamiento de aguas residuales urbanas.**
 - **La depuración de aguas residuales en Melilla.**
- ❑ **RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**
 - **Composición, recogida y tratamientos.**
 - **Gestión de residuos sólidos urbanos en Melilla.**
- ❑ **Otros residuos**

Los residuos son protagonistas indeseados de nuestra vida diaria y, lo que es peor aún, lo seguirán siendo en los próximos años. Este hecho es consecuencia de cuatro factores principalmente:

- 1.** El creciente aumento de la población mundial que se ha duplicado prácticamente en los últimos 50 años lo cual ha originado un aumento exponencial en la producción de residuos, sobre todo en los países industrializados.
- 2.** La concentración de la población en núcleos urbanos. La acumulación de numerosas personas en espacios reducidos lleva consigo un aumento en la generación de residuos en áreas geográficamente limitadas, creando un medio ambiente urbano con nuevos problemas.
- 3.** El uso de envases para muchos productos. La utilización cada vez más generalizada de los "envases sin retorno" ha producido un aumento importante de residuos de plástico, papel, cartón, vidrio, metales, etc. El consumo por habitante de este tipo de productos aumenta de forma significativa en proporción al grado de desarrollo económico de cada país.
- 4.** La temprana obsolescencia para muchos artículos. El hecho de que gran cantidad de artículos de uso normal (electrodomésticos, muebles, automóviles, etc.) queden obsoletos en pocos años de uso, produce una gran cantidad de materiales de desecho. Este hecho es observable, al igual que ocurre con los anteriores, en los países de elevado grado de desarrollo económico.

La máxima de "usar y tirar" que ha impregnado las costumbres de las sociedades industrializadas es, pues, la principal responsable de la generación de enormes cantidades de residuos cuya presencia en el medio puede llegar a poner en peligro la vida en nuestro planeta.

La generación de residuos y su posterior abandono en el medio, puede originar serios problemas ambientales pero, sobre todo, un aumento en la

generación de residuos implica un consumo paralelo de materias primas muchas de las cuales se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas. Por ello, una buena gestión de los residuos debe pasar por su reciclaje y aprovechamiento en la misma o en otras aplicaciones. En aras del tan deseado desarrollo sostenible, se están desarrollando desde hace ya algún tiempo políticas ambientales que se suelen simplificar con el lema de las "tres erres": reducir, reutilizar y reciclar. Así, el objetivo prioritario de las políticas sobre residuos, teniendo en cuenta el dicho popular que dice "el mejor residuo es el que no se genera", es la "reducción de la cantidad de los residuos generados", pero como no podemos vivir sin generar una cierta cantidad de residuos, se establecen también como opciones prioritarias la "reutilización" y el "reciclado", seguidos del aprovechamiento energético y del depósito en vertedero, este último solo en el caso en que no pueda ser utilizado uno de los métodos anteriores.

Estos son los objetivos establecidos en el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de medio ambiente ("**Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos**")¹, que dirige la política ambiental de la UE entre 2001 y 2010.

La incorporación al ordenamiento jurídico español de los principios que inspiran la política comunitaria sobre gestión de residuos se ha llevado a cabo mediante la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases (BOE nº 99, de 25.04.97) y la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos (BOE nº 96 de 22.04.98). En ambas se presta especial atención a la reducción de la cantidad de residuos generados y a la reducción de los componentes peligrosos presentes en estos residuos, es decir, se aplica el principio de prevención (uso de tecnologías no contaminantes y empleo adecuado y bien gestionado de los recursos) como motor para atajar el problema creciente de los residuos.

La ley de Residuos establece en su artículo 4, las competencias en materia de residuos, correspondiendo a la Administración General del Estado la elaboración de los Planes Nacionales de Residuos² (ver Anexo II) en los que se fijarán los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización³ (ver Anexo III) y eliminación así como la autorización de los traslados de residuos. Las Comunidades Autónomas tienen la responsabilidad de elaborar los planes autonómicos de residuos y la autorización, vigilancia, inspección y sanción de las actividades de producción y gestión de residuos. Por último, son las Entidades Locales las competentes en cuanto a la gestión de residuos urbanos.

¹ Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de medio ambiente: "Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos". Disponible en <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28027.htm>

² Actualmente sigue vigente el **Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000-2006** y una serie de planes de residuos específicos (vehículos y neumáticos fuera de uso, construcción y demolición, lodos de depuradora, suelos contaminados, etc.) aunque ya ha sido presentado el borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos 2007 - 2015.

³ Se entiende por **valorización** a todo aquel procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II B de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996.

Pero, para resolver o al menos minimizar el problema de los residuos, no sólo bastan políticas de gestión adecuadas. Es imprescindible la colaboración activa del primer y principal actor del proceso de gestión de residuos: el ciudadano consumidor-productor. Es necesario propiciar comportamientos que contribuyan al bienestar colectivo y a la protección del medio ambiente.

Definición, consecuencias ambientales y tipos de residuos

El concepto de residuo está definido de distintas formas. Así, encontramos que la Comunidad Europea (CE) en su Directiva 75/442, especifica que se entiende por residuo "cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga obligación de desprenderse, en virtud de las disposiciones nacionales vigentes".

Por su parte la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), los define como "aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en que fueron producidas, debido tanto a la inexistencia de tecnología adecuada para su aprovechamiento, como a la inexistencia de mercado para los productos recuperados".

En España, la Ley 10/1998 de Residuos, de 21 de abril, los define como "cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en la **Tabla 1 del Anexo I**⁴ de esta Ley, del cual su poseedor se

⁴ **Tabla 1 del Anexo I** de la Ley 10/1998: Categorías de residuos:

1. Residuos de producción o de consumo no especificados a continuación.
2. Productos que no respondan a las normas.
3. Productos caducados.
4. Materias que se hayan vertido por accidente, que se hayan perdido o que hayan sufrido cualquier otro incidente, con inclusión del material, del equipo, etc., que se haya contaminado a causa del accidente en cuestión.
5. Materias contaminantes o ensuciadas a causa de actividades voluntarias (por ejemplo, residuos de operaciones de limpieza, materiales de embalaje, contenedores, etc.).
6. Elementos inutilizados (por ejemplo, baterías fuera de uso, catalizadores gastados, etc.).
7. Sustancias que hayan pasado a ser inutilizables (por ejemplo, ácidos contaminados, disolventes contaminados, sales de temple agotadas, etc.).
8. Residuos de procesos industriales (por ejemplo, escorias, posos de destilación, etc.).
9. Residuos de procesos anticontaminación (por ejemplo. Barros de lavado de gas, polvo de filtros de aire, filtros gastados, etc.).
10. Residuos De mecanización/acabado (por ejemplo, virutas de torneado o fresado, etc.).
11. Residuos de extracción y preparación de materias primas (por ejemplo, residuos de explotación minera o petrolera, etc.).
12. Materia contaminada (por ejemplo, aceite contaminado con PCB, etc.).
13. Toda materia, sustancia o producto cuya utilización esté prohibida por la Ley.

desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER)⁵, aprobado por las Instituciones Comunitarias.

En resumen, un residuo es todo aquello que se genera como consecuencia no deseada de una actividad humana y que, en principio, no posee valor para su depositario.

No todos los residuos producen el mismo daño en el medio ambiente. Una parte importante de los mismos no crea problemas ambientales especiales ya que se producen en zonas rurales y suelen ser reutilizados. Pero hay otros que producen serios problemas tanto desde el punto de vista sanitario y ecológico como desde el económico, puesto que los costes de recogida, transformación y eliminación son cada vez mayores. Por sectores, la mayor cantidad de residuos se generan en la agricultura, la minería, la industria y la obtención de energía.

Los problemas derivados de la existencia de residuos y de una gestión inapropiada de los mismos son muy importantes, porque pueden producir la contaminación del aire, del agua y del suelo. Aunque la naturaleza tiene la capacidad de reducir el impacto de los residuos en la atmósfera, en las vías fluviales y en la Tierra, se han observado desequilibrios ecológicos importantes en las zonas en las que se ha superado la capacidad de asimilación natural de los contaminantes. Entre las consecuencias negativas que se pueden producir en el medio ambiente derivadas de la gran cantidad de residuos generados y de una mala gestión de los mismos, podemos destacar las siguientes:

- Contaminación de la tierra y de los acuíferos.
- Emisiones de metano en los vertederos, que pueden ocasionar incendios o explosiones.
- Impacto visual de los vertederos en el paisaje.
- Riesgos provocados por deslizamientos o derrumbes de masas de residuos.
- Contaminación atmosférica por posible emisión de dioxinas o cenizas cuando las plantas incineradoras de residuos no utilizan la tecnología adecuada.
- Extensión de terrenos contaminados.
- Disminución de recursos naturales utilizables.

-
14. Productos que no son de utilidad o que ya no tiene utilidad para el poseedor (por ejemplo, artículos desechados por la agricultura, los hogares, las oficinas, los almacenes, los talleres, etc.):
 15. Materias, sustancias o productos contaminados procedentes de actividades de regeneración de suelos.
 16. Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías anteriores.

⁵ **Catálogo Europeo de Residuos (CER).** Disponible en <http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/Web%20Residuos/Legislaci%F3n/Cat%20alogo%20de%20Residuos%20Europeo%202002.pdf>

Como la mejor solución a un problema es la prevención, la estrategia para la gestión adecuada de los residuos debe ser la minimización, cuyo objetivo final es alcanzar lo que se conoce como "residuo cero", es decir, conseguir no generar residuos. Esta prevención o minimización puede conseguirse mediante:

- ✗ Cambios en los hábitos de consumo.
- ✗ Desarrollo de tecnologías limpias.
- ✗ Mejora en el diseño de los productos.
- ✗ Sustitución de materiales.
- ✗ Desarrollo de técnicas apropiadas para eliminar sustancias peligrosas en los residuos antes de su tratamiento o recogida final.

La gran cantidad y variedad de residuos generados hace que sea necesario clasificarlos para facilitar su estudio y optar por el sistema de gestión de los mismos más adecuado. En la tabla 1 se recoge una amplia clasificación basada en las actividades que los generan junto con sus principales componentes.

CATEGORÍA PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN	COMPONENTES PRINCIPALES
GASEOSOS	Contaminantes	Dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, etc.
	No contaminantes	Gases clorados, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.
LÍQUIDOS	Industriales	Aguas de procesos
	Urbanos	Aguas residuales urbanas
	Energéticos	Aguas de refrigeración y de producción de energía
DEPURACIÓN DE AGUAS	Lodos	Sólidos, líquidos y pastosos
SÓLIDOS URBANOS	Domiciliarios	Materia orgánica, papeles, plásticos, metales, vidrio, etc.
	Voluminosos	Muebles, enseres, vehículos abandonados, animales muertos
	Viarios	Restos de limpieza viaria, zonas verdes, playas, etc.
	Inertes	Restos de pequeñas reparaciones y obras menores en viviendas
INDUSTRIALES	Inertes	Cenizas, arenas, virutas metálicas, etc.

UNIDAD 4- Residuos, un problema para la humanidad
FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS MEDIOAMBIENTALES
Dra. C. Enrique (Dpto. Química Inorgánica)

	Asimilables a urbanos	Plásticos, papeles, cartones, vidrios, etc.
	Peligrosos	Aceites industriales, cianuros, baños ácidos o alcalinos, baños de cromados, baños de sales metálicas, líquidos y lodos halogenados, etc.
INERTES	Construcción y reforma de viales	Tierras, rocas, restos de vegetales
	Construcción en general	Tierras, escombros, etc.
MINEROS	Estériles	Rocas, minerales, polvo
	Tratamiento de menas	Sólidos, lodos y líquidos
AGRÍCOLAS Y PECUARIOS	Cultivos	Cereales, frutales, etc.
	Estiércol	Deyecciones de animales
	Purines	Deyecciones de animales
	Agrícolas industriales	Vinazas, alpechines, frutos secos, conservas, etc.
FORESTALES	Entresacas	Ramas, hojas, malezas
	Corte de madera	Serrín, virutas, ramas, hojas, cortezas
	Restos de incendios	Madera quemada
HOSPITALARIOS	Asimilables a urbanos	Papeles, plásticos, restos de comida, envases de bebida, etc.
	Sanitarios específicos	Agujas, ampollas, gasas, fármacos, jeringuillas, etc.
RADIATIVOS	Alta actividad	Neptunio-237, Plutonio-239, Americio-241, etc.
	Media y baja actividad	Estroncio-90, Cesio-137, cobalto-60, etc.

Tabla 1.- Clasificación de los residuos y componentes principales en los mismos

En este tema estudiaremos fundamentalmente los residuos urbanos (líquidos y sólidos) por ser los que mayor incidencia tienen en nuestra ciudad.

RESIDUOS LÍQUIDOS URBANOS: AGUAS RESIDUALES

Los vertidos de aguas residuales son la fuente de la mayor parte de la contaminación antropogénica de las aguas naturales. Por ello, la depuración o tratamiento de dichas aguas constituye un aspecto fundamental desde el punto de vista ecológico y de obligado cumplimiento desde el punto de vista legal.

Se entiende por aguas residuales, en general, aquellas aguas alteradas en su composición debido al uso al que han sido sometidas, lo que conlleva una pérdida de calidad y una necesidad de tratamiento o depuración ya que suponen una amenaza para los seres vivos y el medio ambiente. La importancia de esta amenaza es función de las características, cantidad y composición del agua residual, así como de la capacidad de autodepuración del medio frente al vertido al que es sometido.

Atendiendo al uso a que han sido destinadas, se diferencian tres tipos de aguas residuales: urbanas, industriales y agropecuarias. En esta sección nos centraremos en el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

▪ Tratamiento de aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas (ARU) incluyen en general las aguas de uso doméstico o domiciliarias, que son aguas procedentes de zonas de vivienda y de servicios, como las aguas de cocina, baño, lavado, fecales (aguas negras), comercios, etc., junto con las de escorrentía superficial y de drenajes (aguas blancas) de un municipio, que son las aguas pluviales, de limpieza pública, riego y otros servicios.

Una vez usada en viviendas, actividades comerciales y servicios, se intenta devolver el agua a un cauce receptor pero este agua residual lleva consigo una serie de sustancias contaminantes (compuestos orgánicos naturales, sales, gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica, bionutrientes – compuestos de nitrógeno y fósforo, este último procedente de los detergentes principalmente, microorganismos, etc.) que pueden afectar a la composición y características de dicho cauce por lo que es necesario su tratamiento antes de ser vertidas.

Los objetivos fundamentales y comunes a todo tratamiento de ARU son reducir la contaminación debida a dos de los componentes mayoritarios de estos vertidos, los sólidos en suspensión y la materia orgánica biodegradable, previa eliminación de la materia no disuelta de mayor tamaño.

Los procesos de tratamiento de ARU constan de una serie de etapas, cada una dirigida a la eliminación preferente de determinados contaminantes:

- 1. Pretratamiento:** eliminación de sólidos gruesos.
- 2. Tratamiento primario:** eliminación de materia en suspensión.
- 3. Tratamiento secundario o biológico:** eliminación de materia orgánica biodegradable.

4. Tratamiento terciario: eliminación de sales disueltas, nutrientes, patógenos, materia orgánica refractaria y afino en la reducción de sólidos en suspensión y demanda biológica de oxígeno.

5. Tratamiento de fangos o lodos: estabilización y reducción de volumen de los lodos o fangos producidos en el tratamiento del agua.

Las cuatro primeras constituyen la "línea de aguas" de la depuradora, que se completa con el tratamiento o "línea de fangos". Todos los tratamientos son comunes a todo tipo de depuradoras con excepción del tratamiento terciario que se utiliza para mejorar los rendimientos de las etapas precedentes o en los casos de reutilización de las aguas residuales.

El esquema general de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) es el que se recoge en el **anexo I**. Se trata de un planta depuradora con sistema de fangos o lodos activados, que es uno de los tratamientos biológicos más frecuentes.

A veces se utiliza como método de tratamiento el **principio de dilución de los vertidos**, esto es se vierten directamente las aguas residuales a un cauce de agua natural, con caudal y capacidad de autodepuración suficientes. Este vertido puede realizarse con o sin pretratamiento previo del efluente y sólo es admitido en situaciones muy concretas (sólo para aguas residuales de tipo urbano). Normalmente se utilizan **emisarios submarinos** en zonas costeras que conducen el agua residual a mar abierto.

A continuación describiremos brevemente cada una de las etapas mencionadas anteriormente:

1. Pretratamiento

Toda planta depuradora debe poseer un conjunto de elementos dinámicos o estáticos que permitan eliminar los sólidos gruesos y finos (arenas) que dificultarían las etapas posteriores. También es necesario controlar el caudal de entrada a la planta para no superar los criterios de diseño de las distintas operaciones. Los distintos elementos de un pretratamiento son:

- *Aliviaderos*, para regular el caudal de funcionamiento de la planta sobre todo cuando se producen incrementos del mismo debido a lluvias intensas.
- *Tanques de homogenización*, empleados cuando llegan a la depuradora diferentes efluentes.
- *Rejas y tamices*, que eliminan los sólidos de tamaño grande y mediano.
- *Desarenadores*, eliminan sólidos finos o arenas.
- *Desengrasadores*, eliminan materia insoluble de menor densidad que el agua, la llamada materia flotante (grasas y aceites).

Las operaciones llevadas a cabo en este pretratamiento son:

- ⇒ **Desbaste:** es la eliminación de sólidos gruesos y medianos. Se lleva a cabo haciendo pasar el agua residual a través de rejas y tamices. Todos

los sólidos retenidos en rejillas y tamices son evacuados y transportados a un vertedero de residuos sólidos urbanos.

- ⇒ **Desarenado:** es la separación de grava, arenas, arenillas (término que incluye, junto con la arena, grava fina y limo, desperdicios de alimentos relativamente inertes como posos de café, cáscara de huevo, semillas, huesos de fruta, etc.), partículas minerales y cualquier otra materia pesada con una velocidad de sedimentación o peso específico superiores a la de los sólidos orgánicos. El proceso es físico, las partículas sedimentan de forma independiente unas de otras. Existen dos tipos de desarenadores: los de flujo horizontal y los aerados.
- ⇒ **Desengrase o desnatado:** normalmente las aguas residuales llevan una importante cantidad de grasa y aceites libres o insolubles que hay que eliminar ya que provocan diversos problemas (obstrucciones, reducción del coeficiente de transferencia de aire en los procesos biológicos, perturbación del proceso de digestión de lodos o fangos, etc.) durante el proceso de tratamiento del agua residual. El desengrase se puede realizar durante el desarenado, durante la decantación primaria o en ambos procesos. Durante el desarenado se lleva a cabo mediante aireación que facilita la deposición de las partículas de grasa en la superficie para después ser retiradas mediante rasquetas (*skimmer*) superficiales. En la decantación primaria no es necesaria la aireación ya que el elevado tiempo de retención del agua en el decantador primario posibilita la deposición superficial de las grasas.

Las arenas y grasas separadas en estos procesos y tras un periodo de escurrimiento y secado natural, se trasladan a un vertedero de residuos sólidos urbanos.

2. Tratamiento primario

Se denomina así al proceso o conjunto de procesos que tiene por objetivo la eliminación, mediante medios físicos, de los sólidos en suspensión más finos no eliminados durante el pretratamiento. Recibe también el nombre de decantación o sedimentación primaria.

El agua residual pasa a un tanque de sedimentación (decantador primario) en donde suele estar retenida de 2 a 4 horas. Se consigue eliminar en esta etapa un 60-65% de los sólidos en suspensión. Al sedimentar dichos sólidos, arrastran y adsorben en su caída una cierta cantidad de materia orgánica y bacterias por lo que también se consigue rebajar la DBO (en torno a un 25-40%).

Los sólidos sedimentados se recogen en la parte inferior del decantador y constituyen los fangos o lodos primarios de la depuradora.

3. Tratamiento secundario o biológico

El objetivo principal de este tratamiento es la eliminación de la materia orgánica biodegradable que se encuentra disuelta o en forma coloidal. Se realiza mediante un proceso biológico con la intervención de microorganismos que actúan en condiciones controladas. Consta de dos procesos, uno de naturaleza

bioquímica, en el que las bacterias a través de reacciones metabólicas producen la degradación y mineralización de la materia orgánica y, otro, de naturaleza físico-química, durante el cual se produce la decantación de los llamados fangos secundarios, compuestos principalmente por biomasa (microorganismos vivos y muertos).

La degradación puede llevarse a cabo en medio aerobio o anaerobio lo que da lugar a dos métodos de tratamiento biológico; depuración aerobia y la depuración anaerobia. En la primera se utilizan microorganismos aerobios y en la segunda anaerobios, aunque también pueden utilizarse otros microorganismos, llamados facultativos, que se adaptan a los dos tipos de condiciones.

- **Depuración aerobia:** tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto por lo que se mantiene el agua residual saturada de oxígeno durante todo el proceso. Las reacciones que tienen lugar durante el proceso generan junto a los productos de degradación de la materia orgánica, nuevos microorganismos. Los tratamientos aerobios más utilizados son: lodos activos y lechos bacterianos.
 - **Lodos o fangos activados:** la biomasa permanece en suspensión en el seno del agua y se mantiene un aporte continuo de oxígeno para asegurar una buena biodegradación. Se consiguen rendimientos de eliminación de DBO del 90%. El tiempo de permanencia en el tanque de aireación suele ser de unas 8 horas. Al cabo de dicho tiempo, el efluente del tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación (decantador secundario), donde se recoge el fango biológicamente activo. Parte de dicho fango se recircula de nuevo al tanque de aireación para mantener la actividad biológica en el mismo y, la otra parte, se elimina formando los lodos o fangos secundarios.
 - **Lechos o filtros bacterianos,** también llamados “filtros biológicos”, “lechos filtrantes o percoladores” y “filtros biológicos percoladores”. La degradación biológica se produce al hacer circular agua y aire a través de un medio filtrante o poroso. La biomasa permanece en forma estacionaria adherida sobre un soporte sólido fijo, constituido por un material con gran superficie específica, que forma un filtro o lecho de mayor o menor espesor. Se elimina mediante este procedimiento en torno al 75% de DBO en una sola etapa. El efluente que sale del filtro es sometido, al igual que en el caso anterior, a una decantación secundaria.
- **Depuración anaerobia:** se realiza en ausencia de oxígeno disuelto y es utilizada para aguas residuales industriales de alta carga orgánica o en el tratamiento de fangos de cualquier tipo de depuradora. Los productos finales, debido a la ausencia de oxígeno como agente oxidante, son las formas reducidas de los compuestos originados por los elementos constituyentes de la materia orgánica (CH_4 , NH_3 , H_2S ...). Durante la degradación anaerobia se producen una serie de procesos (hidrólisis, fermentación...) que generan, junto con los residuos sólidos, residuos gaseosos, formados principalmente por metano, que reciben el nombre de **biogás** y que puede ser empleado como combustible.

Las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas de depuración quedan recogidos en la tabla 2.

Dadas las características de uno y otro método, en poblaciones de tamaño grande y mediano (más de 25.000 habitantes) se utilizan métodos aerobios para el tratamiento secundario y anaerobios para el tratamiento de fangos.

TIPO DE DIGESTIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
AEROBIA	Mayor rendimiento en la depuración. Procesos bien conocidos. Permite la nitrificación simultánea. No es necesario aumentar la temperatura del agua residual.	Necesita aporte continuo de oxígeno. Mayor necesidad de nutrientes. Producción de gran cantidad de fangos no estabilizados.
ANAEROBIA	Pequeña producción de fangos. Menor necesidad de nutrientes. Productos finales aprovechables (biogás). Admite elevadas cargas de materia orgánica e hidráulica. Menores costes de operación	Mayores costes de inversión inicial. Control de temperatura (35-37°C), en digestores cerrados. Arranque más lento y delicado. Mantener ausencia de oxígeno.

Tabla 2.- Ventajas e inconvenientes de la depuración aerobia y anaerobia

4. Tratamiento terciario

El objetivo del tratamiento terciario es la eliminación de los contaminantes residuales que no hayan sido eficazmente depurados si el agua residual va a ser reutilizada o por exigencias legales en relación a su vertido. Se trata de una etapa más intensiva y que implica, en la mayor parte de los casos, procesos de elevado coste por lo que hasta hace unos pocos años no se llevaba a cabo de forma generalizada.

La eliminación de cada uno de los contaminantes se realiza mediante un proceso específico:

- **Sólidos en suspensión y materia orgánica biodegradable (DBO):** el proceso para reducir estos dos contaminantes recibe el nombre de afino. Los métodos empleados son: coagulación, filtración terciaria (generalmente con arena) y lagunas de afino.

- **Compuestos orgánicos disueltos no biodegradables (refractarios):** se realiza mediante adsorción sobre carbón activado u oxidación química. En ambos casos, el coste es muy elevado.
- **Bionutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo) disueltos:** debido a los problemas de eutrofización asociados a la presencia de estos compuestos en las aguas se hace necesario eliminarlos. Se pueden utilizar diversos métodos químicos o biológicos.
- **Sales disueltas:** ninguno de los procesos realizados durante el tratamiento primario y secundario consigue eliminar las sales minerales en disolución. Si el agua residual va a ser reutilizada como agua de riego o potable este tratamiento terciario se hace totalmente necesario por problemas de salinidad, toxicidad o dureza. Aunque pueden utilizarse diversos métodos (destilación, intercambio iónico y procesos de membranas), los más utilizados son algunos de los procesos de membrana (ósmosis inversa, electrodiálisis, microfiltración, ultrafiltración...).
- **Desinfección:** la desinfección es necesaria cuando el agua residual se va a reutilizar especialmente en uso agrícola, aguas de baño y uso municipal potable o no potable dado que el tratamiento biológico tiene una eficiencia muy variable en la eliminación de microorganismos patógenos. Tradicionalmente se ha llevado a cabo con cloro en cualquiera de sus formas activas. El dióxido de cloro, el ozono, el agua oxigenada y la radiación ultravioleta son otros agentes desinfectantes que pueden ser utilizados.

5. Tratamiento de fangos o lodos

En este apartado se aborda solamente el tratamiento de los lodos o fangos que se producen durante la depuración biológica convencional de una EDAR.

Los fangos o lodos producidos en la línea de aguas son, en origen, un material líquido con una concentración en sólidos más elevada que el agua residual de partida y en ellos se encuentran concentradas las especies contaminantes de la misma, junto con los posibles reactivos utilizados y la biomasa que se haya podido generar. Se podría decir que son un agua residual más contaminada que la de partida.

El conjunto de procesos y operaciones que constituyen el tratamiento completo de los fangos se conoce con el nombre de "línea de fangos" de una planta depuradora y es, en realidad, una parte fundamental del proceso global de depuración de un agua residual, tan importante como la propia línea de aguas.

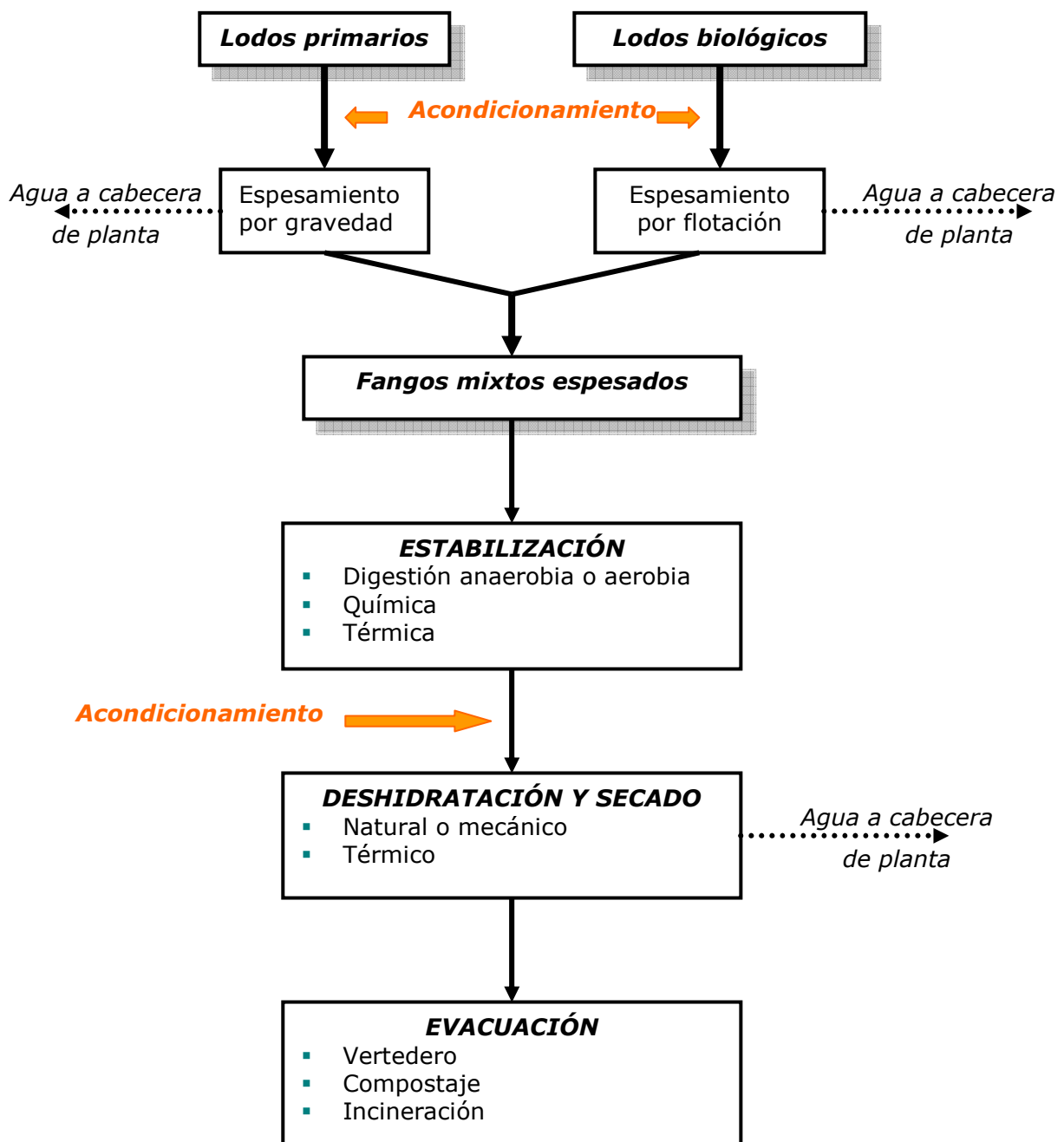
Los lodos generados en una EDAR, en principio, son:

- × **Lodos primarios**, producidos en la decantación primaria y constituidos por la fracción de los sólidos en suspensión del agua residual que precipitan en el tanque de sedimentación.
- × **Lodos secundarios o biológicos**, generados en el tratamiento biológico y constituidos, en su mayor parte, por la biomasa producida en el proceso.

✗ **Lodos mixtos**, corresponden a la mezcla de los dos anteriores.

Los objetivos principales de un tratamiento de fangos son la estabilización y la reducción del volumen de los mismos. La estabilización consiste en la disminución de la concentración de la materia orgánica biodegradable hasta unos niveles en los que el fango deje de ser prácticamente fermentable y deje de producir malos olores y la reducción de volumen se corresponde con la pérdida de agua hasta conseguir un material de textura sólida.

En el siguiente esquema, que constituye la línea de fangos de la depuradora quedan recogidas las distintas fases del tratamiento y gestión total de los lodos.



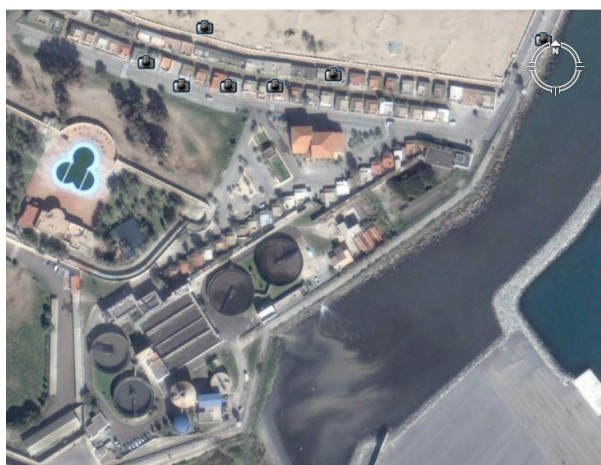
▪ **La depuración de aguas residuales en Melilla**

La Depuración de Aguas en Melilla comprende la gestión de la: Estación Depuradora (EDAR) y de las tres estaciones de bombeo de AR situadas en el Paseo Marítimo Mir Berlanga, en la Carretera Dique Sur y en la Constitución. Las estaciones de bombeo de AR recogen y envían las aguas residuales a la EDAR. En ellas se efectúa el pretratamiento.

La EDAR de Melilla se encuentra situada en la carretera Dique Sur s/n. Fue construida en 1981 y reformada en el año 2000. Si bien la Ciudad Autónoma tiene las competencias en materia de aguas residuales, la EDAR de Melilla es gestionada por la empresa TRATAGUA.



EDAR de Melilla



Tiene una capacidad de depuración de 20.000 m³/día aproximadamente y su diseño se realizó para una población de unos 80.000 habitantes. Al ser el tipo de red unitaria, cuando se dan episodios de lluvias intensas no tiene capacidad para depurar todo el caudal que recibe siendo necesario abrir los aliviaderos existentes en la desembocadura del Río de Oro.

La línea de aguas consta de tratamiento primario, secundario ("lodos activados") y sistema de cloración, también está en marcha un tratamiento terciario para la reutilización del agua residual para riego. La línea de fangos dispone de sistemas de digestión (anaerobia) y secado (centrifugación) de lodos. Los lodos una vez secados son incinerados.

En la actualidad se depuran 7,3 Hm³ de agua al año y hay una producción de lodos de 1.460 toneladas al año de materia seca.

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

La Ley 10/1998 de Residuos , de 21 de abril, define los residuos urbanos o municipales como los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. También tendrán la consideración de residuos urbanos los siguientes:









- ✗ Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- ✗ Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.
- ✗ Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos urbanos, así como la composición y las tasas de generación, es fundamental para optar por el tipo de gestión más adecuado. Así, por ejemplo, la cantidad de residuos producidos en un núcleo urbano es muy variable ya que depende de un gran número de factores económicos, sociales y culturales, entre los que podemos destacar el nivel de vida de la población, la época del año, el modo de vida de la población así como los movimientos de la misma durante las vacaciones, fines de semana o festivos.

En los países desarrollados, la generación de residuos urbanos oscila entre 0,95 y 1,45 Kg/habitante y día. Según datos del Ministerio de Medio Ambiente correspondientes al año 2004, la producción media de RSU en España fue de 1,43 Kg/habitante y día, lo que supone un total de más de 22.000.000 t/año. En Melilla se produjeron 42.756 toneladas en ese mismo año lo que corresponde, de acuerdo con la población censada, a 1,71 Kg/habitante, tasa que sitúa a Melilla en tercer lugar en el ranking de producción de RSU sólo por detrás de Baleares y Canarias y por delante de Ceuta.

▪ **Composición y gestión de los RSU**

El término **composición** se utiliza para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos y su distribución relativa (generalmente en porcentaje en peso). Los componentes más habituales en los RSU son:

-  Restos de comidas (materiales fermentables). Son los principales componentes.
-  Papel y cartón: periódicos, cajas, envases en general.
-  Plásticos: bolsas y envases de bebidas, de productos alimentarios y de productos de limpieza.
-  Vidrio: botellas y envases de bebidas y alimentos.
-  Metales (aleaciones de hierro y aluminio principalmente): envases de conservas y refrescos.
-  Tetrabricks: envases de leche y productos alimentarios.
-  Pilas (salinas, alcalinas y de botón) y baterías.
-  Otros componentes: cenizas, tierras, textiles, medicamentos caducados y fuera de uso, fluorescentes y bombillas, madera, textiles, etc.

La composición de los residuos urbanos puede ser muy variable en función de la forma de vida de la población (ver tabla 3). En general, a medida que

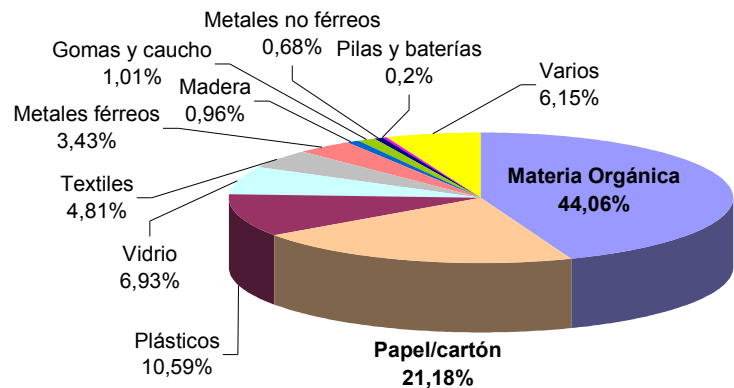
asciende el nivel de vida de la población, desciende el porcentaje de materia orgánica procedente de la alimentación y aumenta el de productos elaborados como papel, plásticos, metales y vidrio. Esta misma tendencia también se observa al analizar las diferencias entre las grandes ciudades y las poblaciones más pequeñas.

COMPONENTES	PAÍSES DESARROLLADOS	PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO
Materia orgánica	40,00-55,00%	58,00-80,20%
Papel	14,00-32,00%	2,60-5,00%
Plásticos	10,00-16,00%	3,80-7,40%
Vidrio	6,50-16,70%	1,00-3,80%
Cartón	5,00-10,00%	1,00-4,80%
Metales	3,60-8,00%	0,70%-1,60%
Textiles	3,25-6,50%	2,00-4,10%
Tierras y cenizas	0,20-5,00%	6,00-16,00%
Gomas y cuero	0,30-1,20%	0,20-1,40%
Madera	0,20-1,20%	0,10-1,00%

Tabla 3.- Composición de los residuos urbanos en países desarrollados y en países en vías de desarrollo

En España, la composición media de los residuos urbanos (datos del Ministerio de Medio Ambiente 2004) es la siguiente:

- Materia Orgánica: 44,06%
- Papel/cartón: 21,18%
- Plásticos: 10,59%
- Vidrio: 6,93%
- Textiles: 4,81%
- Metales férreos: 3,43%
- Madera: 0,96%
- Gomas y caucho: 1,01%
- Metales no férreos: 0,68%
- Pilas y baterías: 0,2%
- Varios: 6,15%



La **gestión de residuos urbanos** comprende todas las operaciones realizadas desde su generación hasta su destino final más adecuado desde el punto de vista ambiental y sanitario, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costes, posibilidades de recuperación y comercialización y directrices administrativas. Consta de las fases de pre-recogida, recogida, transporte y tratamiento de los mismos.

- ⇒ **Pre-recogida:** consiste en depositar los residuos en el lugar de generación y presentarlos para ser recogidos por los servicios municipales. Los residuos urbanos se suelen recoger en bolsas y se depositan en contenedores. Cada día se utilizan más los contenedores para **recogida selectiva** de residuos urbanos (vidrio, papel, materia orgánica, plásticos y envases) facilitándose así su **reutilización** (el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente) o **reciclaje** (transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía).
- ⇒ **Recogida:** comprende las operaciones de carga de los contenedores de la fase anterior sobre vehículos específicos que recorren los distintos puntos de carga de los contenedores establecidos en las ordenanzas municipales. La recogida puede ser tradicional (basuras depositadas en bolsas de plástico o cubos), hermética (basuras depositadas en contenedores que son vaciados de forma automática por el camión) o neumática (las basuras se vierten en puntos concretos y a través de tuberías son conducidas al lugar de tratamiento). En la mayor parte de los municipios, la recogida es hermética aunque poco a poco se va implantando la neumática.
- ⇒ **Transporte:** comprende el recorrido del vehículo cargado con los residuos urbanos hasta el lugar de destino que puede ser el lugar de tratamiento o una estación de transferencia en donde se acumulan temporalmente para ser después transportados en otros vehículos más grandes en aquellos casos en donde la estación de tratamiento este bastante alejada del lugar de recogida.
- ⇒ **Tratamiento:** es la última fase de la gestión de los residuos urbanos y comprende todas aquellas operaciones que conducen a la eliminación o al aprovechamiento de los mismos. Los métodos de tratamiento más utilizados son:
 - **Reciclaje.** Es un proceso que tiene por objeto la recuperación, de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos para poder ser rentabilizados en el ciclo de producción-consumo. Los materiales más comunes que actualmente se separan de los residuos urbanos para el reciclaje son: vidrio, papel y cartón, plásticos, aluminio, metales férreos y materia orgánica. El reciclado de la materia orgánica contenida en los residuos urbanos se denomina **compostaje** y el producto resultante **compost**. También pueden reciclarse los denominados residuos de construcción y demolición, algunos metales diferentes al aluminio y al hierro, los neumáticos usados, la madera, los residuos de jardín

- **Incineración.** Es un proceso de combustión controlada que transforma los residuos urbanos en materiales inertes y gases que deben ser adecuadamente gestionados. Aunque no es un sistema de eliminación total, con este tratamiento se consigue una reducción importante del peso y del volumen de los mismos (entre un 85 y un 95%). La incineración puede hacerse con o sin recuperación de energía. Cada vez son mayores las cantidades de residuos urbanos que se incineran con recuperación de energía para la producción de energía eléctrica y aprovechamiento térmico.

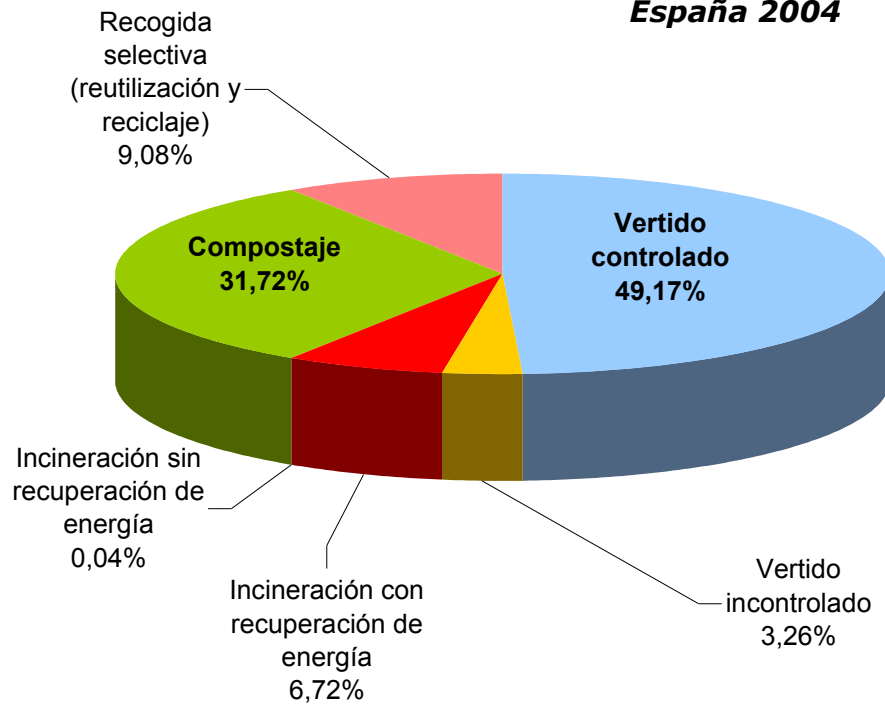
Este sistema de tratamiento presenta una serie de ventajas frente a otros como son la posibilidad de recuperación de energía, la posibilidad de tratamiento de numerosos tipos de residuos si su poder calorífico es adecuado, la posibilidad de implantación cerca del núcleo urbano y la escasa utilización de terrenos. Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes que hacen que no sea el sistema mayoritariamente utilizado. Entre estos inconvenientes podemos citar que no es un sistema de eliminación total por lo que necesita un vertedero para el depósito de los restos de la incineración, se generan gases muchos de ellos tóxicos que deben ser gestionados, se requiere un aporte energético exterior, la inversión económica y los costes operacionales son elevados, etc.

- **Vertedero controlado.** El vertido controlado sí es considerado un método de tratamiento de los residuos frente al vertido libre sin ningún tipo de control, en lugares diversos pero próximos a los núcleos poblacionales y que acarrea graves problemas como presencia de insectos y roedores, riesgo de incendios, generación de malos olores, contaminación del agua y del aire, degradación del medioambiente... que ha sido el método más antiguo para deshacerse de los residuos domésticos. El vertido controlado consiste en depositar los residuos en un terreno adecuado desde el punto de vista medioambiental, donde las basuras son clasificadas, trituradas y colocadas en capas regulares y cubiertas periódicamente con un manto de tierra. Es el método más utilizado actualmente, aunque no es el más recomendado ya que no permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en las basuras, requiere una gran superficie de terreno (aunque luego puede ser reutilizada tras la clausura del vertedero) y los costes que conlleva son elevados sobre todo en transporte.
- **Otros tratamientos.** Aunque los tratamientos descritos anteriormente suponen el 95% del total, existen otros que actualmente están menos implantados, como son: biogasificación, pirólisis, gasificación, estabilización, etc.

En España, la distribución de los residuos urbanos generados en el año 2004 por los distintos sistemas de eliminación y tratamiento, según el Informe Perfil Ambiental de España 2006 del Ministerio de Medio Ambiente, queda recogida en la figura 1. Según esta misma fuente, desde principios de la década de los 90, la gestión de los residuos urbanos en España ha evolucionado hacia

procesos cada vez más respetuosos con el medio ambiente: se consolida el compostaje (que ha pasado de ser el destino del 12% de los residuos a situarse en el 32 %) y la incineración con recuperación de energía, mientras que el vertido incontrolado está prácticamente en desuso y es insignificante la cantidad de residuos que se incineran sin recuperación de energía.

Figura 1.- Gestión de Residuos Urbanos. España 2004



En la tabla 4 se detallan algunos de los problemas que provocan los distintos métodos de tratamiento en el medio.

	Vertederos	Compostaje	Incineración	Reciclado	Transporte
Aire	Emisión de CH ₄ y CO ₂ ; Olores	Emisión de CO ₂ ; Olores	Emisión de SO ₂ , NO _x , HCl, HF, COVDM, CO, CO ₂ , N ₂ O, dioxinas, dibenzofuranos y metales pesados (Zn, Pb, Cu, As)	Emisión de polvo	Emisión de polvo, SO ₂ , NO _x ; derrame accidental de sustancias peligrosas
Agua	Lixiviado de sales, metales pesados, compuestos orgánicos persistentes y		Deposición de sustancias peligrosas en aguas superficiales	Vertido de aguas residuales	Riesgo de contaminación de las aguas de superficie y subterráneas por derrames accidentales

	biodegradables a la capa freática				
Suelos	Acumulación de sustancias peligrosas en el suelo		Depósito de escorias, cenizas y chatarra en vertederos	Depósito de los residuos finales en vertederos	Riesgo de contaminación del suelo por derrames accidentales
Paisajes	Ocupación del suelo, impide otros usos	Ocupación del suelo, impide otros usos	Impacto visual; impide otros usos	Impacto visual	Tráfico
Ecosistemas	Contaminación y acumulación de sustancias en la cadena trófica		Contaminación y acumulación de sustancias en la cadena trófica		Riesgo de contaminación del suelo por derrames accidentales
Zonas Urbanas	Exposición a sustancias peligrosas		Exposición a sustancias peligrosas	Ruido	Riesgo de exposición a sustancias peligrosas por derrames accidentales; tráfico

Tabla 4.- Problemas provocados en el medio ambiente por los distintos métodos de tratamiento de residuos

▪ **Gestión de residuos sólidos urbanos en Melilla**

Al igual que en el resto del territorio nacional, la generación de residuos en la Ciudad Autónoma de Melilla presenta una evolución creciente situándose, en 2004, en 624,52 kg/habitante.año, dato que la sitúa en el tercer lugar del ranking de producción de residuos. Parece ser el tránsito de personas desde Marruecos el responsable de que la proporción de residuos generados sea tan elevada ya que en el cálculo de la generación por habitante y año se contemplan todos los residuos recogidos, pero solamente la población censada.

En el terreno de la gestión, que como hemos comentado conlleva la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, encontramos:

- ➔ En cuanto a la **recogida selectiva**, Melilla dispone de recogidas diferenciadas para:
 - a. Papel y cartón.
 - b. Aceites vegetales de bares y restaurante.
 - c. Aceites minerales de talleres.
 - d. Chatarras de talleres.
 - e. Enseres y residuos voluminosos.
 - f. Vidrio.
 - g. Residuos de mataderos y Residuos MER.

- h. Neumáticos.
- i. Pilas y acumuladores.
- j. Lodos de depuradora.
- k. Residuos sanitarios.
- l. Residuos Vegetales de árboles y jardines públicos.

- ➔ En el ámbito de la **recuperación y reciclaje**, desde el año 2005 se recuperan y se envían para su reciclaje a la Península papel y cartón (60t/mes durante 2006), vidrio (125,80 t/año en 2005) y residuos férricos (1.455,8 t/año 2005).
- ➔ **Valorización.** Durante el año 2005 se valorizaron: aceites minerales (485,28 t); residuos de Hidrocarburos (148,52 t); aceites vegetales (57,35 t); residuos de envases (8.949 t) y otros residuos incinerables (32.272 t).
- ➔ **Compostaje.** Se dispone de una pequeña planta de compostaje para atender las necesidades de los Parques y Jardines públicos, a partir de los restos de podas de árboles urbanos de parques, jardines y alineaciones. Durante el año 2005 se produjeron 12 t.
- ➔ **Vertido controlado.** Se disponía de un vertedero controlado en los Altos del Real que ya ha sido sellado.
- ➔ **Incineración.** Es el principal sistema de eliminación de los RSU en Melilla. La planta incineradora, situada en El Morillo cerca de los acantilados de Horcas Coloradas, entró en funcionamiento en 1996 y es gestionada por REMESA (Residuos de Melilla, S.A.). Junto a los RSU se tratan en esta planta otros residuos como aceites usados, residuos hospitalarios, residuos voluminosos y neumáticos. La capacidad de tratamiento es de 4,5 t/h y la temperatura de combustión es de unos 1.100 °C. Los gases a su salida de la caldera presentan una temperatura de 220°C y dispone de los sistemas para la depuración de los mismos que prescribe la legislación vigente. Las escorias son recogidas, almacenadas y transportadas a la Península.

La incineración se lleva a cabo con recuperación de energía. Los datos relativos a la valorización energética correspondientes al año 2005 (Fuente: REMESA) quedan recogidos en la tabla 5.

	PRODUCIDA		EXPORTADA		CONSUMIDA		IMPORTADA	
	ENERGÍA (Kwh.mes)	POTENCIA (Kw)	ENERGÍA (Kwh.mes)	POTENCIA (Kw)	ENERGÍA (Kwh.mes)	POTENCIA (Kw)	ENERGÍA (Kwh.mes)	POTENCIA (Kw)
TOTAL	8.300.370	1.459	5.925.500	1.042	3.500.420	438	1.112.140	139

Tabla 5.- Energía producida, exportada, consumida e importada por la planta incineradora de Melilla en el año 2005

En cuanto a residuos especiales, la gestión realizada desde la ciudad Autónoma presenta las siguientes características:

- **Vehículos fuera de uso (VFU):** Remesa inició su actividad en el CATVFU'S a finales de enero de 2005 gestionando los siguientes residuos:

	VFU's (unidades)	Chatarra Kg	Baterías Kg	Cables Kg	Electrod. Kg	Aceites Kg	Anticong. Kg
TOTAL	326	1.520.600	29.440	5.320	8.260	320	380

- **Residuos de construcción y demolición (RCD).** Se están llevando a cabo las obras para un vertedero controlado en la Cala del Morrillo. Los objetivos son evitar los vertidos directos al mar de los residuos de demolición y construcción y ganar superficie al mar. En el proyecto final está incluida la construcción de una planta de recuperación de estos residuos.
- **Residuos y despojos animales procedentes de mataderos, decomisos, subproductos cárnicos y animales muertos (RMDSAM).** La gestión de estos residuos se lleva a cabo en el Horno Incinerador de Cadáveres de Animales (HICA) que entró en funcionamiento en el año 2005. Durante ese año se gestionaron 10.287 Kg de estos residuos.
- **Residuos voluminosos (muebles viejos, enseres y electrodomésticos usados, etc.) (RV).** La eliminación se hace en la incineradora o en el centro de tratamiento de VFU.
- **Barros y lodos de la EDAR (LD).** Durante el año 2005 se trataron 1.704.720 kg de lodos en la incineradora.

Otros residuos

➔ Residuos industriales

La industria genera una gran cantidad de residuos muchos de los cuales son recuperables. El problema está en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles son caras y en muchas ocasiones no compensa económicamente hacerlo. De todas formas, está aumentando la proporción de residuos que se valorizan para usos posteriores. Dentro de los residuos industriales podemos diferenciar entre los inertes, los asimilables a urbanos y los peligrosos.

Los residuos inertes son escombros, gravas, arenas y demás materiales que no presentan riesgo para el ambiente. Hay dos posibles tratamientos para estos materiales: reutilizarlos como relleno en obras públicas o construcciones o depositarlos en vertederos adecuados. El principal impacto negativo que pueden producir es el visual, por lo que se debe usar lugares adecuados.

Los residuos similares a los sólidos urbanos que se producen en las industrias suelen ser recogidos y tratados de forma similar al resto de los RSU.

En cuanto a los residuos peligrosos (sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas, que pueden producir reacciones químicas y que pueden ser peligrosos para la salud o para el ambiente cuando están en determinadas concentraciones) los principales problemas que plantean son: la difícil degradación, la

bioacumulación y su posible transformación en sustancias más tóxicas que ellos mismos.

La industria que más contribuye a la producción de residuos peligrosos, en España, es la química, responsable de alrededor de un tercio de todos los que se generan. Después se sitúan la del automóvil (11%), la metalurgia (10%), seguidas por la industria papelera, alimentaria y de la piel.

Las zonas que más residuos de este tipo producen son, lógicamente, las más industrializadas: Cataluña (24%), País Vasco (16%), Asturias (15%) y Galicia (15%). Alrededor de un tercio de los residuos peligrosos que se producen son eliminados en el mismo lugar de su formación por las empresas productoras.

En la gestión de los residuos tóxicos, aunque las primeras medidas que se deben considerar son la minimización en su generación y/o su aprovechamiento en otros procesos de fabricación, se busca tratarlos y almacenarlos de forma que no resulten peligrosos, dentro de un costo económico proporcionado. Esto se consigue con diversos procedimientos (tratamientos físicos, químicos o biológicos, incineración, vertido en vertederos de seguridad...) dependiendo de cual sea el tipo de residuo. Una de las cuestiones menos claras en relación a la gestión de estos residuos es la práctica de algunos países industrializados de mandar sus residuos tóxicos y peligrosos a otros países, normalmente, poco desarrollados. Algunos residuos se exportan para su legítimo tratamiento y reciclaje, pero en otros casos es simplemente porque es más barato que tratarlos adecuadamente y en el país que los recibe no existen las trabas y limitaciones que en el que envía.

➤ **Residuos agrarios y similares**

Se incluye en este grupo los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegética) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco.

La mayor parte de los residuos de estas actividades son orgánicos: ramas, paja, restos de animales y plantas, etc. Muchos de ellos se quedan en el campo y no se pueden considerar residuos porque contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo. Algunas granjas intensivas y muchas industrias conserveras, aceiteras o similares generan residuos mucho más contaminantes que, por su gran volumen o su toxicidad, exigirían tratamientos especiales y caros.

Las principales opciones para su gestión son la producción de biogás y el compostaje.

➤ **Residuos hospitalarios**

Los hospitales producen RSU normales, pero además un tipo de residuos muy específicos formados por restos orgánicos, material de quirófano y curas, etc. Los residuos clínicos pueden propagar enfermedades y el tratamiento normal es la incineración que asegura la eliminación de microorganismos. Los residuos

radiactivos o tóxicos y peligrosos deben ser sometidos a tratamiento especial, según cual sea su naturaleza.

➔ **Residuos radiactivos**

Elementos radiactivos de distinto tipo se emplean en muy variadas actividades. Las centrales de energía nuclear son las que mayor cantidad de estos productos emplean, pero también muchas aplicaciones de la medicina, la industria, la investigación, etc. emplean isótopos radiactivos y, en algunos países, las armas nucleares son una de las principales fuentes de residuos de este tipo.

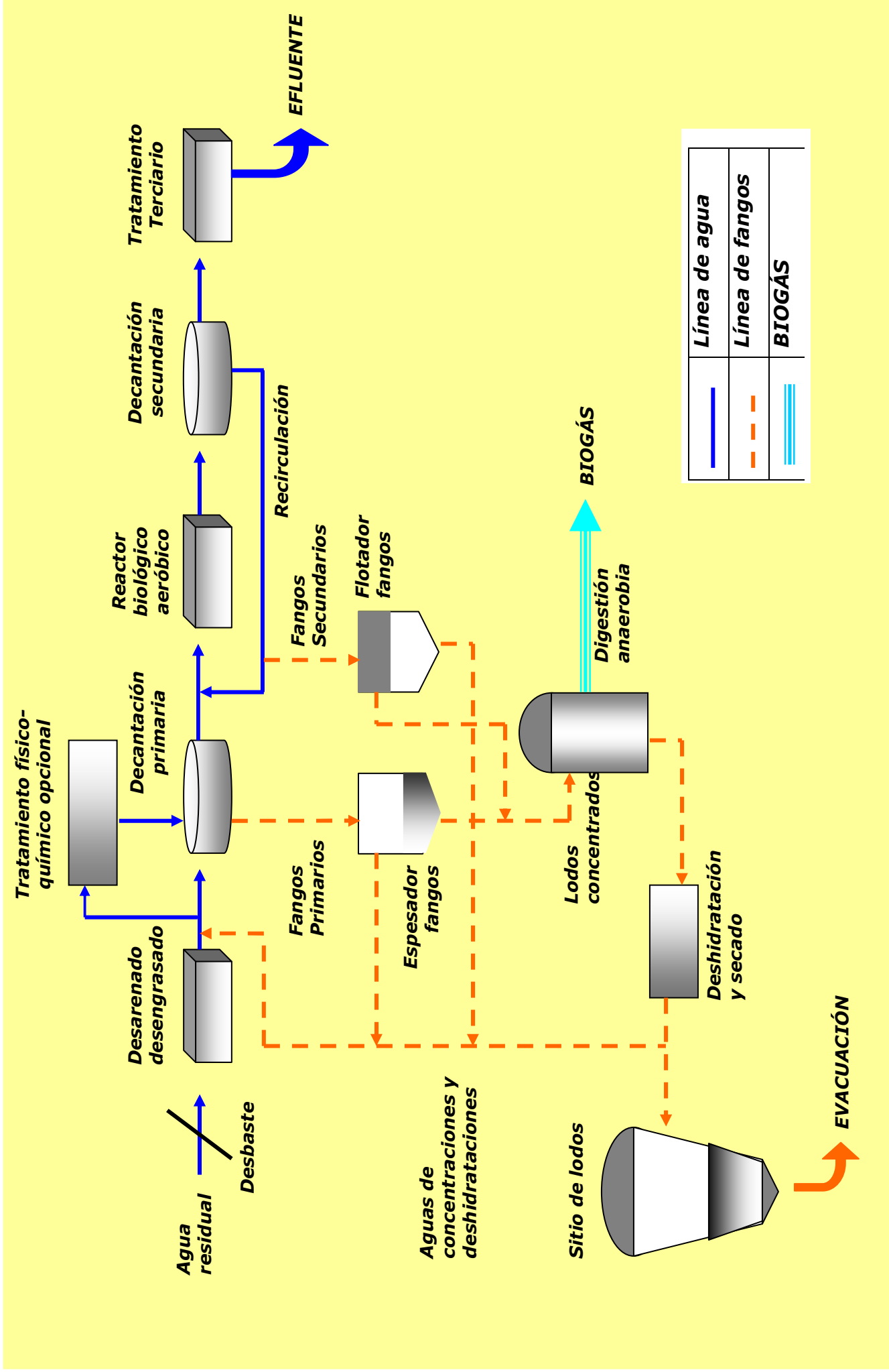
Las características que hacen especiales a estos residuos son su gran peligrosidad (cantidades muy pequeñas pueden originar dosis de radiación peligrosas para la salud humana) y su duración (algunos de estos isótopos permanecerán emitiendo radiaciones miles y decenas de miles de años). Esto explica que, aunque la generación de este tipo de residuos en un país sea comparativamente mucho menor que la de otros tipos, sus tecnologías y métodos de tratamiento sean mucho más complicados y difíciles.

Se distinguen dos grandes grupos de residuos radiactivos:

- ✗ **Residuos de alta actividad.** Son aquellos que emiten altas dosis de radiación. Están formados, fundamentalmente, por los restos que quedan de las varillas del uranio que se usa como combustible en las centrales nucleares y otras sustancias que están en el reactor y por residuos de la fabricación de armas atómicas. También algunas sustancias que quedan en el proceso minero de purificación del uranio son incluidas en este grupo. En las varillas de combustible gastado de los reactores se encuentran sustancias como el plutonio 239 (vida media de 24 400 años), el neptuno 237 (vida media de 2 130 000 años) y el plutonio 240 (vida media de 6 600 años). Se entiende que el almacenamiento de este tipo de residuos debe ser garantizado por decenas de miles de años hasta que la radiactividad baje lo suficiente como para que dejen de ser peligrosos.
- ✗ **Residuos de media o baja actividad.** Aquellos que emiten cantidades pequeñas de radiación. Están formados por herramientas, ropas, piezas de repuesto, lodos, etc. de las centrales nucleares y de la Universidad, hospitales, organismos de investigación, industrias, etc.

En cuanto a su gestión, lógicamente dependerá de cual sea su actividad. Así, algunos *residuos de baja actividad* se eliminan muy diluidos echándolos a la atmósfera o las aguas en concentraciones tan pequeñas que no son dañinas y la ley permite; los residuos de *media o baja actividad* se introducen en contenedores especiales que se almacenan durante un tiempo en superficie hasta que se llevan a vertederos de seguridad (hasta 1992 algunos países vertían estos barriles al mar, pero en ese año se prohibió esta práctica) que son, en general, subterráneos, asegurando que no sufrirán filtraciones de agua que pudieran arrastrar isótopos radiactivos fuera del vertedero (en España la instalación preparada para esto es la de El Cabril, Córdoba) y los de *alta actividad*, los más difíciles de tratar, se suelen **vitrificar** (fundir junto a una masa vítrea) e introducir en contenedores muy especiales capaces de resistir agentes muy

corrosivos, el fuego, terremotos, grandes colisiones, etc. que se almacenarían en vertederos definitivos que deben estar contruidos a gran profundidad, en lugares muy estables geológicamente (depósitos de arcilla , sales o macizos graníticos) y bien refrigerados porque los isótopos radiactivos emiten calor. Actualmente se están estudiando varios emplazamientos para este tipo de almacenes, pero aun no existe ninguno, por lo que por ahora, la mayoría de los residuos de alta actividad se almacenan en lugares provisionales o en las piscinas de la misma central nuclear.



Anexo I.- Esquema de una planta depuradora de aguas residuales con un sistema de lodos activos

Anexo II.- Planes Nacionales de Residuos

- **Residuos Urbanos**
 - [Resolución de 13 de enero de 2000](#), de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 7 de enero de 2000, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Residuos Urbanos** ([BOE nº 28, de 02.02.00](#))
- **Residuos Peligrosos**
 - [Resolución de 28 de abril de 1995](#), de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Residuos Peligrosos**. (BOE nº 114 de 13.05.95)
- **Residuos industriales**
 - [Resolución de 24 de julio de 1989](#), por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el **Plan Nacional de Residuos Industriales** y se constituye la Comisión de Seguimiento del mismo. (BOE nº 179, de 28.07.89)
- **Lodos de EDAR**
 - [Resolución de 14 de junio de 2001](#), de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales 2001-2006** ([BOE nº 166, de 12.07.01](#)).
- **Residuos construcción**
 - [Resolución de 14 de junio de 2001](#), de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006** ([BOE nº 166, de 12.07.01](#)).
- **Vehículos**
 - [Resolución de 25 de septiembre de 2001](#), de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 3 de agosto de 2001, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Vehículos al final de su vida útil (2001-2006)** ([BOE nº 248, de 16.10.01](#))
- **Neumáticos**
 - [Resolución de 8 de octubre de 2001](#), de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 5 de octubre de 2001, por el que se aprueba el **Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso, 2001-2006** ([BOE nº 260, de 30.10.01](#)).
- **Suelos contaminados**
 - [Resolución de 28 de abril de 1995](#), de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda, por la que se aprueba el

Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados
(BOE núm. 172 de 20-7-1995)

- **Borrador Plan Nacional Integrado de Residuos 2007 – 2015.**
Disponible en
http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/residuos/planificacion_residuos/borrador_pnir.htm

Anexo III.- Operaciones de valorización

Anexo II B de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996.

OPERACIONES DE VALORIZACIÓN

Nota: La finalidad del presente Anexo es enumerar las operaciones de valorización tal y como ocurren en la práctica. Según el artículo 4 de la Ley 10/1998 de Residuos, los residuos deben valorizarse sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

- R1. Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía.
- R2. Recuperación o regeneración de disolventes.
- R3. Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidas las operaciones de formación de abono y otras transformaciones biológicas).
- R4. Reciclado y recuperación de metales o de compuestos metálicos.
- R5. Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.
- R6. Regeneración de ácidos o de bases.
- R7. Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación.
- R8. Recuperación de componentes procedentes de catalizadores.
- R9. Regeneración u otro nuevo empleo de aceites.
- R10. Tratamiento de los suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos.
- R11. Utilización de residuos obtenidos a partir de cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R10.
- R12. Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R11.
- R13. Acumulación residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de producción).