

1 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD




 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea


 Organización de las Universidades Vascoas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
 Hezkuntza, Zientzia eta Kulturaren Nazio Batuen Erakundea
 Garapen Inbentario eta Ingarapen Hezkuntza Nazioak (UNESCO)
 UNESCO Katedra - Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la UPV/EHU

MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE, SOSTENIBILIDAD Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

MATERIA

Educación, Sostenibilidad y Calidad de Vida

GESTIÓN DE RESIDUOS

Rubén López Fonseca
Departamento de Ingeniería Química
Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco UPV/EHU
ruben.lopez@ehu.es
www.ehu.es/tqsa

2 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Orozco Barrenetxea y cols, **Contaminación Ambiental. Una Visión desde la Química**, Thomson, 2003.

Escolástico León y cols, **Reciclado y Tratamiento de Residuos**, UNED, 2008.

Tchobanoglous, G., Kreith, F., **Handbook of Solid Waste Management**, McGraw-Hill, 2002.

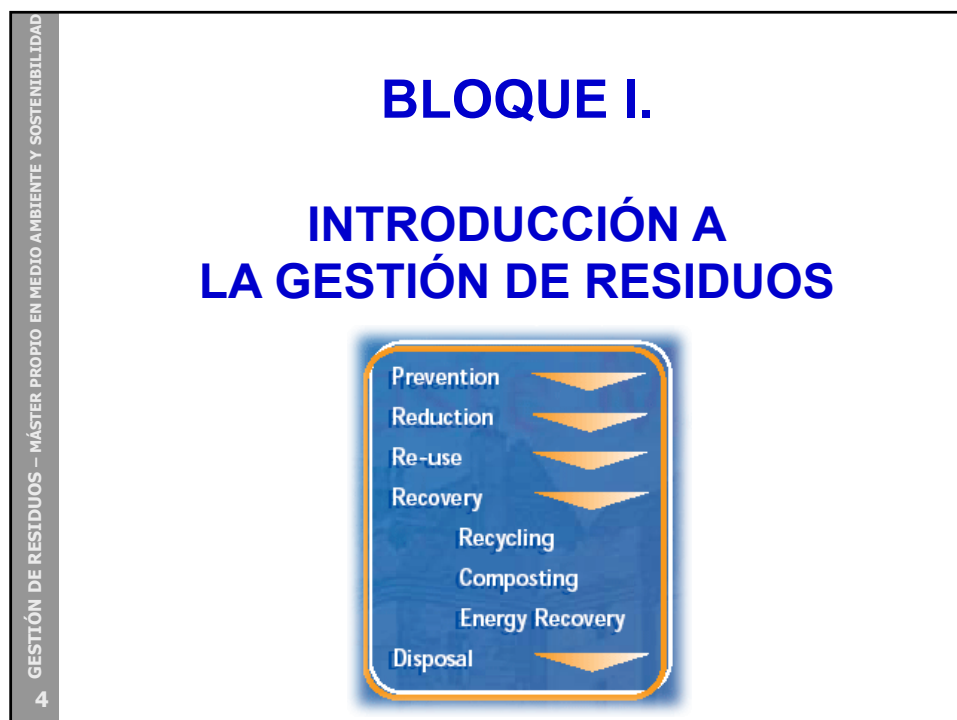
Kiely, G., **Environmental Engineering**, Mc. Graw Hill, 2007.

Rodríguez, J.J., Irabien, A., **Gestión Sostenible de los Residuos Peligrosos**, Síntesis, 2013.

Elias Castells, X., **Tratamiento y Valorización Energética de Residuos**, Fundación Universitaria Iberoamericana, Díaz de Santos, 2005.

Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2024-2035
 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

3 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD	ESTRUCTURA – CONTENIDOS
	BLOQUE I. INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RESIDUOS
	BLOQUE II. RESIDUOS URBANOS
	BLOQUE III. RECICLAJE DE RESIDUOS URBANOS
	BLOQUE IV. RESIDUOS INDUSTRIALES – PELIGROSOS
	BLOQUE V. TRATAMIENTO DE RESIDUOS MEDIANTE VERTEDERO
BLOQUE VI. TRATAMIENTO DE RESIDUOS MEDIANTE INCINERACIÓN	



51 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

**BLOQUE I.
INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RESIDUOS**

- ❑ **CONCEPTO DE RESIDUO**
- ❑ **CONSIDERACIONES PRELIMINARES**
FACTORES RESPONSABLES EN LA GENERACIÓN
PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS
- ❑ **CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS**
- ❑ **NORMATIVA**
NORMATIVA EUROPEA
NORMATIVA NACIONAL
- ❑ **GESTIÓN DE RESIDUOS**

52 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CONCEPTO DE RESIDUO

Unión Europea
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

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)
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

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CONCEPTO DE RESIDUO

En la actualidad:

- Impulso de nuevas tecnologías que posibilitan la **reutilización con rentabilidad económica**
- Introducción de métodos de producción que utilizan **menos recursos** y que generan una **cantidad inferior de residuos**

España (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular - Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados)

Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención de desprenderse

Tiene por finalidad la prevención y la reducción de la generación de residuos y de los impactos adversos de su generación y gestión, la reducción del impacto global del uso de los recursos y la mejora de la eficiencia de dicho uso con el objeto de, en última instancia, proteger el medioambiente y la salud humana y efectuar la transición a una economía circular para garantizar el funcionamiento eficiente del mercado interior y la competitividad de España a largo plazo.

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

FACTORES RESPONSABLES DEL INCREMENTO EN LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

- Crecimiento de la población mundial*
Aumento exponencial en países industrializados
- Concentración de la población en núcleos urbanos*
Aumento en la generación en áreas limitadas geográficamente
- Uso de envases para muchos productos*
Utilización generalizada de los “envases sin retorno” (residuos de plásticos, papel, cartón, vidrio, metales, etc.)
- Temprana obsolescencia para muchos artículos*
(electrodomésticos, muebles, automóviles, etc..)

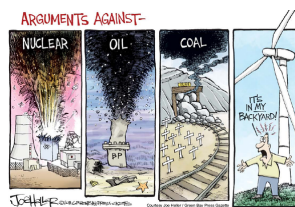
CONSIDERACIONES PRELIMINARES

PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS

La generación masiva de residuos y su gestión/tratamiento inadecuados ocasionan:

- Problemas sanitarios y ecológicos
- Costes económicos elevados:
 - recogida, transformación y eliminación
- Contaminación del aire, agua y suelo
- Escasez de suelo destinado a vertidos
- Rechazo social hacia la localización cercana de plantas de tratamiento

Fenómeno NIMBY (Not In My Back Yard)



CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

CLASIFICACIÓN POR ESTADO FÍSICO Y ORIGEN Y PRINCIPALES COMPONENTES

**R.
S.
Ó.
L.
I.
D.
O.
S**

CATEGORÍA PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN	COMPONENTES PRINCIPALES
Gaseosos	No contaminantes	Dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, etc.
	Contaminantes	Gases clorados, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.
Líquidos	Industriales Urbanos Energéticos	Aguas de proceso Aguas residuales urbanas Aguas de refrigeración y de producción de energía
Depuración de aguas	Lodos	Sólidos, líquidos y pastosos
Sólidos urbanos	Domiciliarios	Materia orgánica, papeles, plásticos, metales, vidrios, etc.
	Voluminosos	Muebles, enseres, vehículos abandonados, animales muertos
	Varios	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.
	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.

11 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

R.
S.
Ó.
L.
I.
D.
O.
S.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

CLASIFICACIÓN POR ESTADO FÍSICO Y ORIGEN Y PRINCIPALES COMPONENTES

CATEGORÍA PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN	COMPONENTES PRINCIPALES
Inertes	Construcción y reforma de viales Construcción en general	Tierras, rocas, restos de vegetales Tierras, escombros, etc.
Mineros	Estériles Tratamiento de menas	Rocas, minerales, polvo Sólidos, lodos y líquidos
Agrícolas y pecuarios	Cultivos Estiércol Purines Agrícolas industriales	Cereales, frutales, etc. Deyecciones de animales Deyecciones de animales Vinazas, alpechines, frutos secos, conservas
Forestales	Entresacas Corte de madera Restos de incendios	Ramas, hojas, malezas Serrín, virutas, ramas, hojas, cortezas Madera quemada
Hospitalarios	Asimilables a urbanos Sanitarios específicos	Papeles, plásticos, restos de comida, envases de bebidas, etc. Agujas, ampollas, gasas, fármacos, jeringas, etc.
Radiactivos	Alta actividad Media y baja actividad	Neptunio-237, Plutonio-239, Americio-241, etc. Estroncio-90, Cesio-137, Cobalto-60, etc.

12 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA

NORMATIVA EUROPEA (UE)

Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos

Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos

(modificación de DIRECTIVA 2008/98/CE)

Consideraciones generales

Los **residuos** no son sólo un **foco potencial de contaminación** sino que, bien gestionados, pueden llegar a ser una importante **fuentes de materias primas secundarias**

Los **residuos** deben ser **valorizados o eliminados** sin poner en peligro la **salud humana** ni perjudicar al **medio ambiente**, en particular sin crear riesgos para el agua, el aire, el suelo, la fauna o la flora, sin provocar problemas derivados de ruidos u olores y sin atentar contra los paisajes o lugares de especial interés

13 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Consideraciones generales

Principios aplicables a la gestión de residuos:

Principio de prevención: La producción de residuos debe evitarse, o al menos reducirse, en lo posible, ya que aquel residuo que no se produce no tiene que ser eliminado
 Una buena gestión de residuos incluye operaciones de minimización en el origen

Principio de quien contamina, paga: El productor de los residuos o el que contamina el medio ambiente debe responsabilizarse de los costes que genere su tratamiento

Principio de precaución: Los problemas potenciales deben ser anticipados

Principio de proximidad: Los residuos deben eliminarse lo más cerca posible de su origen

14 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Jerarquía de opciones de gestión

1. Tomar medidas que tiendan a evitar que se generen residuos (**prevención y minimización**)
2. Fomentar la valorización y reutilización de residuos (**reutilización, reciclaje y valorización energética**)
3. Optimizar los métodos de eliminación definitiva de los residuos no reutilizados o valorizados (**vertedero**)

La **minimización** en la fuente incluye cualquier actividad que optimice el proceso productivo, de manera que se reduzca la formación de contaminantes (residuos)

El **reciclaje** incluye cualquier uso posterior que se le dé a un residuo fuera del proceso productivo

15 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Jerarquía de opciones de gestión

prevention
 minimisation
 reuse
 recycling
 energy recovery
 disposal

reduce
 reuse
 recycle
 recover
 disposal

16 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Jerarquía de opciones de gestión

Prevent
 If you can't prevent, then...
 Re-use
 If you can't re-use, then...
 Recycle
 If you can't recycle, then...
 Recover other value
 If you can't recover value, then...
 Dispose
 Landfill if no alternative available.

Deseable
 evitar
 reducir
 reutilizar
 valorizar
 tratar
 disponer

Most preferred
 AVOID
 REDUCE
 REUSE
 RECYCLE
 RECOVER
 TREAT
 DISPOSE
 Least preferred

17 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Líneas de actuación

Prevención de la producción de residuos, mediante el empleo de **tecnologías limpias** y el fomento del uso de productos que generen menos desechos (**etiquetado ecológico**)

Reciclado y reutilización de los residuos, mejorando al máximo los sistemas de recogida y selección para cada tipología específica (plásticos, materiales metálicos, etc..)

Eliminación segura de aquellos residuos no recuperables mediante el estudio de cualquier posibilidad de tratamiento previa al vertido, para reducir el volumen y el potencial carácter nocivo de los desechos, recurriendo al **vertedero** como solución última para este tipo de sustancias

Introducción del **Catálogo Europeo de Residuos (CER)** que define los distintos tipos de residuos

18 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Catálogo Europeo de Residuos (CER) [Decisión 2014/955/UE]

01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales
02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos
03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón
04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil
05	Residuos del refinado de petróleo, purificación del gas natural y tratamiento pirolítico del carbón
06	Residuos de procesos químicos inorgánicos
07	Residuos de procesos químicos orgánicos
08	Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión
09	Residuos de la industria fotográfica
10	Residuos de procesos térmicos
11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea
12	Residuos del moldeado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos

19 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NORMATIVA EUROPEA (UE)
Estrategia Comunitaria para la Gestión de Residuos
Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos
Catálogo Europeo de Residuos (CER) [Decisión 2014/955/UE]

13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los capítulos 07 y 08)
15	Residuos de envases; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista
17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas) - INERTES
18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)
19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial
20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente - RSU

20 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NACIONES UNIDAS

 **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



The image displays a grid of 17 Sustainable Development Goals (SDGs) icons, each with a number and a title in Spanish. The icons are arranged in four rows: the first row has 6 icons, the second and third rows have 6 icons each, and the fourth row has 5 icons. The titles of the goals are: 1. FIN DE LA POBREZA, 2. HAMBRE CERO, 3. SALUD Y BIENESTAR, 4. EDUCACIÓN DE CALIDAD, 5. IGUALDAD DE GÉNERO, 6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO, 7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE, 8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO, 9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA, 10. REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES, 11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES, 12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES, 13. ACCIÓN POR EL CLIMA, 14. VIDA SUBMARINA, 15. VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES, 16. PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS, 17. ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS. A small logo for 'OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE' is located at the bottom right of the grid.

21 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NACIONES UNIDAS

12 PRODUCCIÓN
Y CONSUMO
RESPONSABLES



El consumo y la producción sostenibles consisten en **hacer más y mejor con menos**.

Desvincular el crecimiento económico de la **degradación medioambiental**

Aumentar la **eficiencia de recursos**

Promover **estilos de vida sostenibles**

Transición hacia **economías verdes** y con bajas emisiones de carbono

22 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA
NACIONES UNIDAS

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Meta 12.2. De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales

Meta 12.4. De aquí a 2030, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente

Meta 12.5. De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización

Meta 12.6. Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes

Meta 12.a. Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles

NORMATIVA	
NACIONES UNIDAS	
Ind. 12.2	Consumo nacional de materiales
Ind. 12.2	Consumo de materiales por PIB
Ind. 12.2	Consumo de materiales per cápita
Ind. 12.4	Total residuos peligrosos generados en la economía per cápita
Ind. 12.4	Proporción de residuos peligrosos reciclados
Ind. 12.4	Proporción de residuos peligrosos tratados mediante operaciones de relleno
Ind. 12.4	Proporción de residuos peligrosos incinerados
Ind. 12.4	Proporción de residuos peligrosos vertidos
Ind. 12.5	Residuos generados a nivel municipal per cápita
Ind. 12.6	Número de licencias de Etiqueta Ecológica Europea
Ind. 12.6	Número de Organizaciones con Sistema Comunitario de Gestión y auditoría Medioambientales (EMAS)
Ind. 12.a	Cantidad bruta de apoyo en materia de investigación y desarrollo prestado a los países en desarrollo para el consumo y la producción sostenibles y las tecnologías ecológicamente racionales (euros)

NORMATIVA	
NORMATIVA NACIONAL	
Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular	
Objetivos	
Prevenir la producción de residuos	
Establecer el régimen jurídico de su producción y gestión	
Fomentar, por este orden:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Minimización/prevención en origen 2. Reutilización 3. Reciclado (compostaje) de la materia orgánica 4. Valorización energética del resto de residuos 5. Eliminación (reducir al máximo la cantidad de residuos destinados a depósito en vertedero) 	
Normativa aplicable a todo tipo de residuos	

25 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA

NORMATIVA NACIONAL

Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular
Asignación de responsabilidades/competencias
en materia de residuos (responsabilidad compartida y coordinada)

Administración General del Estado
 Elaboración de los Planes Nacionales de Residuos
 Autorización de los traslados de residuos

Comunidades Autónomas
 Elaborar los planes autonómicos de residuos
 Autorización, vigilancia, inspección y sanción de las actividades de producción y gestión de residuos

Entidades Locales
 Gestión de residuos urbanos
 (recogida selectiva, transporte y eliminación)

26 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

NORMATIVA

NORMATIVA NACIONAL

Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular
Objetivos específicos a alcanzar en 2035

a) La cantidad de **residuos domésticos y comerciales** destinados a la **reutilización y el reciclado** (fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables) deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el **65%** en peso.

b) **Productos de plástico de un solo uso** sujetos a reducción (vasos para bebidas, incluidos sus tapas y tapones, y los recipientes alimentarios destinados al consumo inmediato), cuya comercialización ha de reducirse un 50% en 2026 y un 70% para 2030, respecto a 2022 en ambos casos.

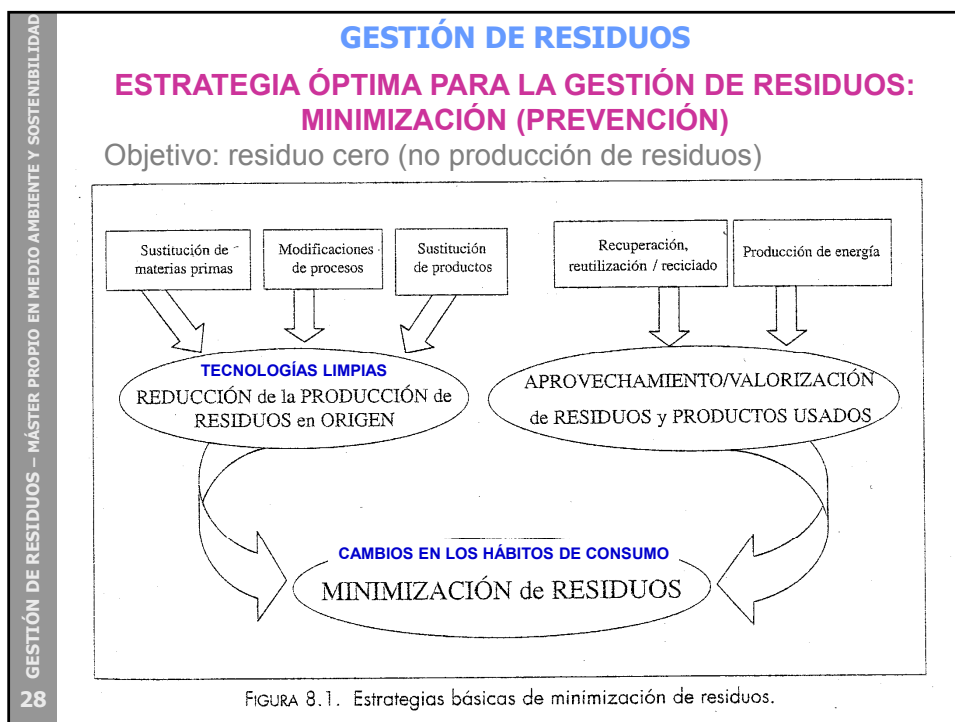
27 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS

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

Es la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia, transporte, procesamiento y evacuación de los residuos de acuerdo con los mejores principios de la salud pública, la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales

También incluye todas las operaciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todo tipo de problemas que pueden ocasionar los residuos



29 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS ECONOMÍA CIRCULAR

El modelo de economía circular:
menos materias primas, menos residuos, menos emisiones

La **economía circular** es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para **crear un valor añadido**. De esta forma, **el ciclo de vida de los productos se extiende**.

En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible gracias al **reciclaje**. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional.

30 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS ECONOMÍA CIRCULAR

PRINCIPLE 1

Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange

Renewables Finite materials

Regenerate Substitute materials Virtualise Restore

Renewables flow management Stock management

PRINCIPLE 2

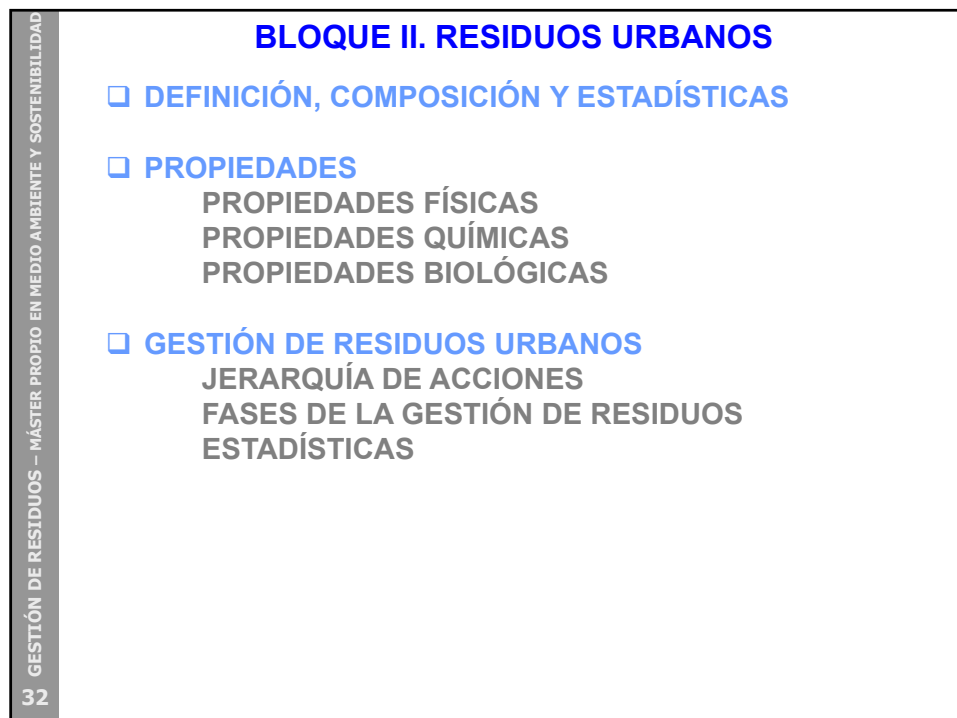
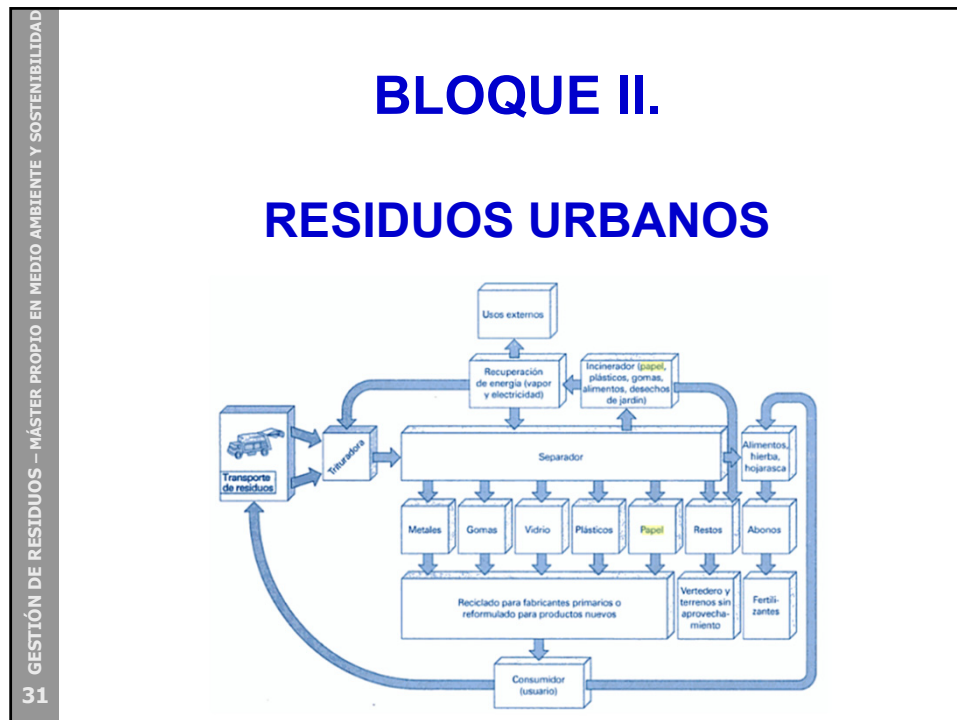
Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop

Minimise systematic leakage and negative externalities

PRINCIPLE 3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers

1. Harvesting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input



3 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN Y ESTADÍSTICAS

Residuos Urbanos (Domésticos o Sólidos Urbanos, RSU)

Residuos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios (comercios, educación, hostelería, hospitales, etc.), así como todos aquellos que no tengan la clasificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades

Sólidos urbanos	Domiciliarios	Materia orgánica, papeles, plásticos, metales, vidrios, etc. Muebles, enseres, vehículos abandonados, animales muertos Restos de limpieza viaria, zonas verdes, playas, etc. Restos de pequeñas reparaciones y obras menores en viviendas
	Voluminosos	
	Viarios	
	Inertes	

3 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN Y ESTADÍSTICAS

Residuos Urbanos (Domésticos o Sólidos Urbanos, RSU)

También tienen la consideración de residuos urbanos (**algunos de carácter peligroso**):

- Artículos *voluminosos* (muebles, lámparas, librerías,...)
- Productos de línea blanca (frigoríficos, lavavajillas, lavadoras,...)
- Otros electrodomésticos (radios, televisores,...)
- Baterías y pilas, aceite, neumáticos, residuos de jardín,...
- Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas (*viarios*)
- Animales domésticos muertos (*viarios*), así como muebles, enseres y vehículos abandonados (*voluminosos*)
- Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria (*inertes*)

35 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN Y ESTADÍSTICAS

Residuos Urbanos (Domésticos o Sólidos Urbanos, RSU)

Datos sobre la recogida (millones de toneladas) de residuos urbanos en España y País Vasco (2023, INE)

	España	País Vasco
Total Residuos	22,4	0,97 (4,3%)
Cantidad (kg) por habitante/año	464,3	398,8
Residuos mezclados (domésticos, vías públicas y enseres voluminosos)	17,1	0,73
Residuos recogidos selectivamente	5,4	0,23
Papel y cartón		29%
Vidrio		17%
Envases mixtos y embalajes		20%
Orgánicos		28%
Otros		6%

36 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN Y ESTADÍSTICAS

Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019

Unidad: miles de toneladas

	Total	Tasa anual	No Peligrosos	Tasa anual	Peligrosos	Tasa anual
Total	133.257,0	-3,3	129.948,4	-3,5	3.308,6	2,6
Industria (Incluidas minería y producción de energía)	38.810,6	-4,4	37.617,7	-4,5	1.192,9	-0,3
Construcción	35.043,8	-8,0	34.953,1	-8,1	90,7	61,1
Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	23.930,9	-1,2	23.241,2	-1,5	689,7	7,7
Servicios	6.496,8	8,8	5.220,7	11,2	1.276,1	0,3
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	6.184,0	-1,2	6.158,1	-1,2	25,9	-8,2
Hogares	17% 22.790,9	0,4	22.757,6	0,4	33,3	11,0

Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2019

- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca 4,6%
- Industria (Incluidas minería y producción de energía) 29,1%
- Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación 18,0%
- Construcción 26,3%
- Servicios 4,9%
- Hogares 17,1%

DEFINICIÓN Y COMPOSICIÓN		
Componentes más habituales en los residuos urbanos		
Materia orgánica	Restos de comidas (fermentables) y de jardinería	49%
Papel y cartón	Periódicos, papel en general, cajas y envases en general	20%
Plásticos y tetrabriks	Bolsas y envases de bebidas, de productos alimentarios y de productos de limpieza, y embalajes Envases de leche y productos alimentarios	12%
Vidrio	Botellas y envases de bebidas y de alimentos	8%
Metales (aleaciones de hierro y aluminio, principalmente)	Envases de conservas y refrescos	5%
Otros componentes	Cenizas, tierras, textiles, medicamentos caducados y fuera de uso, fluorescentes, gomas, bombillas, madera, pilas, etc.	6%

37

PROPIEDADES	
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad o peso específico	
Es un valor fundamental para dimensionar el volumen de los recipientes de pre-recogida, equipos de recogida y transporte, tolvas de recepción, cintas, vertederos, etc.	
Este valor soporta grandes variaciones según el grado de compactación (reducción de volumen) a que están sometidos los residuos	
La reducción de volumen se utiliza para optimizar la gestión, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los problemas fundamentales	

38

39 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

PROPIEDADES
PROPIEDADES FÍSICAS

Humedad

Oscila alrededor del 40% en peso (25-60%)

La máxima aportación la proporcionan las fracciones orgánicas, y la mínima, los productos sintéticos

Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética, y procesos de separación en planta de reciclaje

40 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

PROPIEDADES
PROPIEDADES QUÍMICAS

Composición

TABLA 18.3. Análisis elemental de los componentes de los residuos urbanos en porcentaje

COMPONENTES	C	H	O	N	S	Cenizas
Residuos de comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papel	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Goma	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Cuero	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Residuos de jardín	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
Vidrio	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5
Suciedad, cenizas, etc.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0

PROPIEDADES

PROPIEDADES QUÍMICAS

Poder calorífico

Poder calorífico (contenido energético): medida del calor desprendido en la combustión de los residuos urbanos
El poder calorífico de la totalidad de los residuos sólidos urbanos está entre 1500 y 2200 kcal/kg

CONTENIDO ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS			
Componentes	PCI en Kcal/Kg		Cenizas y otros rechazos en %
	Variación	Típico	
Residuos de comida	600-800	700	8
Madera	4.000-5.000	4.600	2
Papel y cartón	2.400-4.000	2.500	12
Plásticos	6.200-7.200	6.600	3 ¹
Textiles	3.000-4.000	3.400	6 ¹
Vidrio			98
Metales			98

Nota: Valoración sobre base seca.
Fuente: Gestión integral sobre los residuos sólidos

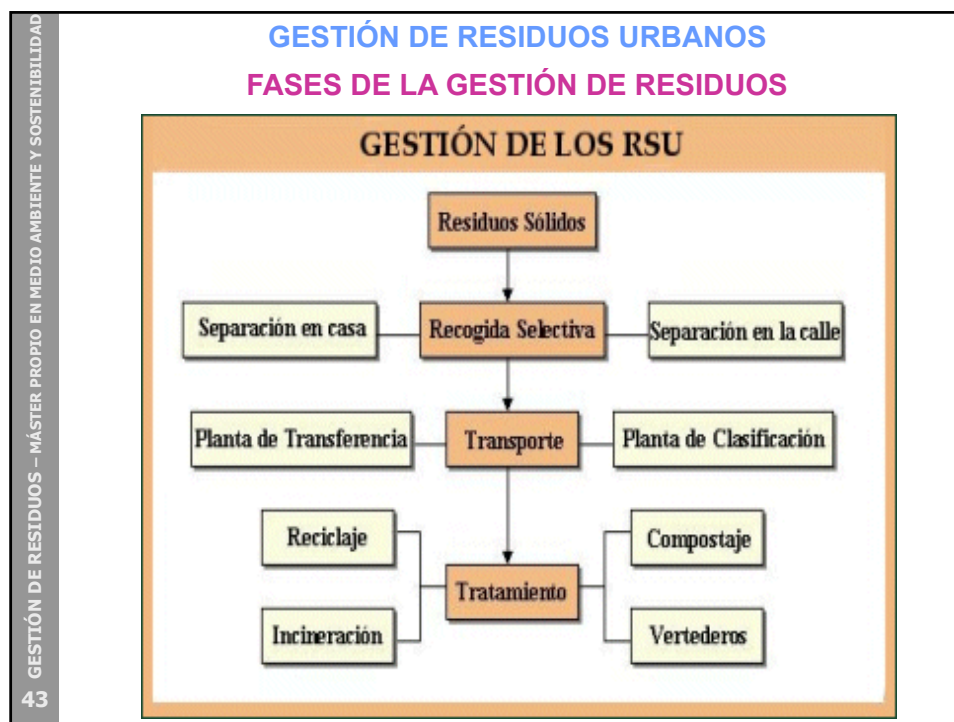
PROPIEDADES

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Sólo afectan a las fracciones orgánicas (no a las inorgánicas)
La fracción orgánica de los residuos está constituida por sustancias biodegradables:

Azúcares, féculas, aminoácidos, ácidos orgánicos, celulosa, grasas y aceites, lignina, proteínas

Pueden ser transformados en sustancias sólidas o gaseosas, relativamente inertes, mediante conversión biológica



44 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Pre-recogida (selectiva o no selectiva) – Puntos limpios

Depósito en **contenedores** (algunos de recogida selectiva) de los residuos en el lugar de generación y posterior recogida por los servicios municipales

Ordenanzas locales para presentar los residuos en las condiciones más idóneas, y en los lugares y horarios establecidos

Código de colores unificado para los contenedores (Plan Nacional de Residuos Urbanos):

- Contenedor verde para el vidrio
- Contenedor azul para el papel y cartón
- Contenedor amarillo para los envases
- Contenedor gris/marrón/verde oscuro para los residuos orgánicos



GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS
FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Pre-recogida (selectiva o no selectiva) – Puntos limpios

Se realiza en “**puntos limpios**”

Recintos cerrados y controlados para el depósito (voluntario) y la gestión de ciertos residuos (algunos de carácter peligroso para el medio ambiente y salud humana)

Baterías de coche	Aceites vegetales
Aceites de motor	Vidrio de envases
Filtros de aceite	Vidrio plano
Fluorescentes	Plásticos
Disolventes y pinturas	Papel y cartón
Medicamentos	Textil
Radiografías	Muebles y maderas
Electrodomésticos	Escombros de pequeñas obras
Neumáticos	Podas de jardín
Envases tóxicos	
Cartuchos de tinta	
Metales	

47

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS
FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Recogida

Comprende las operaciones de **carga de los contenedores** (algunos de recogida selectiva) de los residuos sobre vehículos específicos

El **coste** de esta fase representa un porcentaje **elevado** (60-80%) de los costes globales. Importancia de la optimización de rutas y frecuencias y horarios de recogida y personal

Posibilidades de recogida

Hermética: vaciado de contenedores automática por medio de camiones (ventaja: rapidez)

Neumática: vertido de las basuras domésticas desde los domicilios o desde la calle hasta el lugar receptor por medio de tuberías (escasa implantación)

48

49 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS
FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Recogida

RECOGIDA HERMÉTICA



The slide illustrates urban waste management phases. It features three photographs of collection vehicles: a yellow truck, a white truck with the number 511, and a white truck with a blue bin. The text 'RECOGIDA HERMÉTICA' is highlighted in green.

50 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

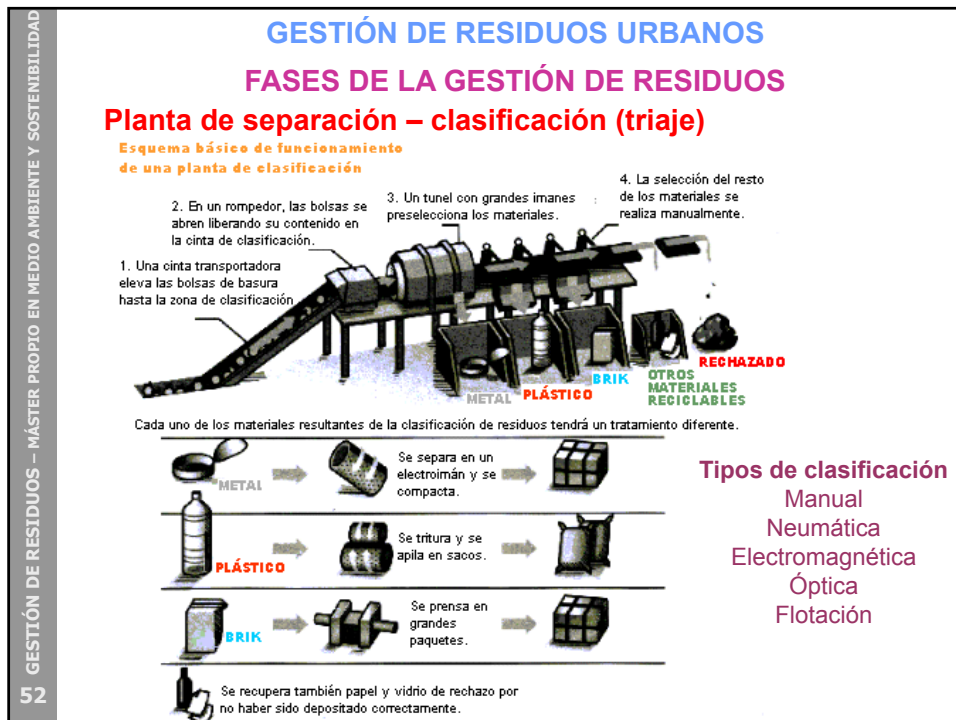
GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS
FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Recogida

RECOGIDA NEUMÁTICA (contenedores soterrados)



The slide illustrates pneumatic waste collection. It features three photographs: two underground containers, a wall-mounted container, and three street-level organic waste bins labeled 'BASURA ORGANICA'. The text 'RECOGIDA NEUMÁTICA (contenedores soterrados)' is highlighted in green.



53 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Transporte

Comprende el recorrido del vehículo cargado con los residuos urbanos hasta el punto final de destino, tras su paso generalmente por **estaciones de transferencia** (puntos intermedios de acumulación de los residuos recogidos)

Objetivo: **reducir el alto coste** que supone el transporte de las basuras a larga distancia (punto final) con los vehículos de recogida tradicionales

Se realiza en camiones o contenedores de mayor volumen
En las estaciones los residuos se **compactan** para reducir su volumen

54 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Transporte

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA CON COMPACTACIÓN



55 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Tratamiento

Conjunto de operaciones tendentes a la **eliminación de los residuos o al aprovechamiento** de los recursos contenidos en los mismos

Los métodos más utilizados (95%) son:
reciclaje, incineración y vertedero

Otros tratamientos (5%) de menor implantación:
 pirólisis, gasificación, biogasificación, estabilización, etc.

Reciclaje: 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

El reciclado de la materia orgánica contenida en los residuos se denomina compostaje

56 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

FASES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Tratamiento

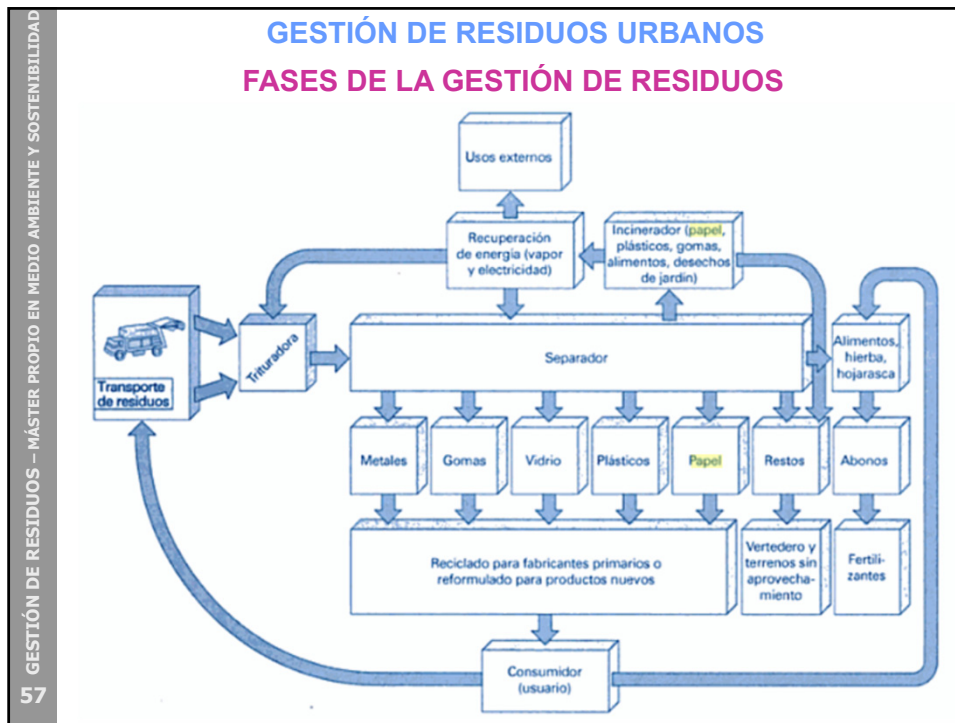
Incineración: proceso de combustión controlada que transforma los residuos urbanos en materiales inertes y gases que deben ser adecuadamente gestionados

No es un tratamiento de eliminación total pero consigue una reducción importante del peso y volumen de los residuos

Debe realizarse con recuperación de energía para la producción de energía eléctrica y aprovechamiento térmico

Vertedero controlado: método más utilizado pero el menos recomendado

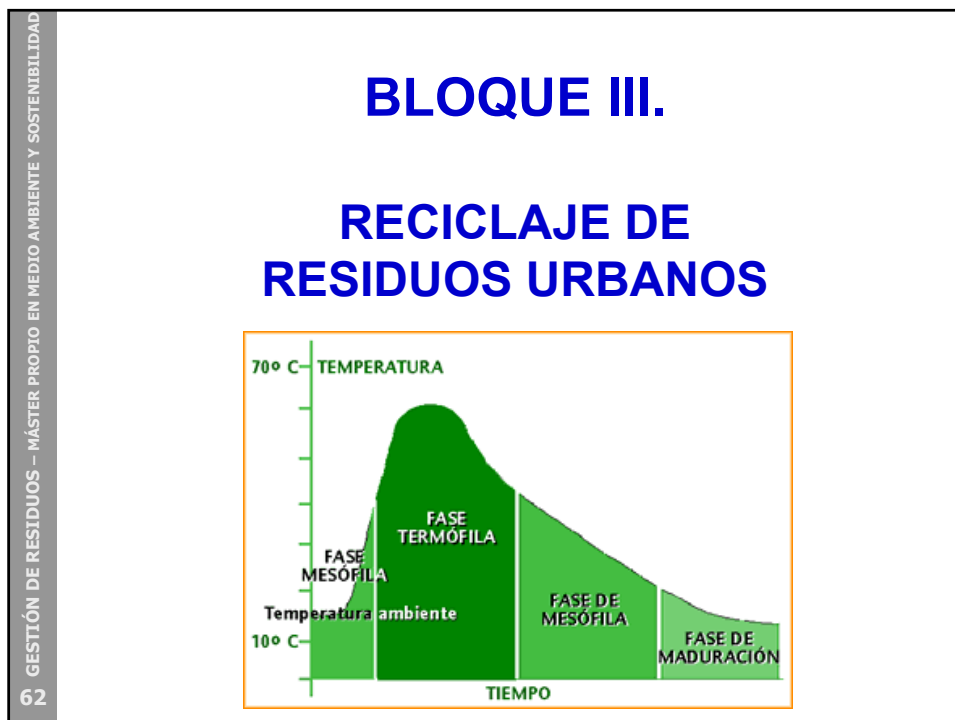
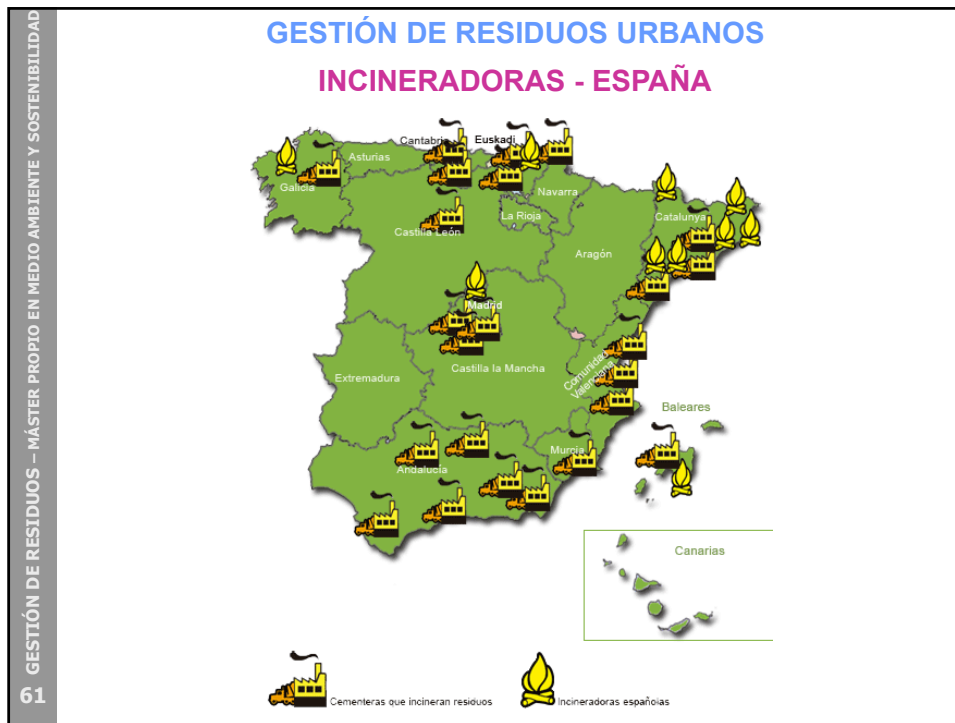
Depósito de los residuos en un lugar adecuado, desde el punto de vista medioambiental, donde los residuos son clasificados, triturados y colocados en capas regulares que se cubren periódicamente con materiales apropiados



GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS ESTADÍSTICAS

Tratamiento final de residuos. Año 2019
Unidad: miles de toneladas

Residuos tratados (por tipo de gestión)	Cantidad	Tasa anual
Total residuos gestionados	115.879,8	-5,0
No peligrosos	113.676,7	-5,0
Peligrosos	2.203,1	-4,6
Reciclado (42.4%)	49.109,7	3,9
No peligrosos	47.572,8	4,3
Peligrosos	1.536,9	-5,7
Vertido (41.6%)	48.291,5	-17,9
No peligrosos	47.789,9	-18,0
Peligrosos	501,6	-3,5
Incineración (3.4%)	3.931,6	5,7
No peligrosos	3.767,0	5,8
Peligrosos	164,6	3,0
Operaciones de relleno (12.6%)	14.547,0	19,4
No peligrosos	14.547,0	19,4
Peligrosos



6 3 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

BLOQUE III. RECICLAJE DE RESIDUOS URBANOS

- **INTRODUCCIÓN**
- **RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA**
 - OBJETIVOS
 - OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE
 - FERMENTACIÓN ANAEROBIA
 - PROCESOS INDUSTRIALES DE COMPOSTAJE
 - FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPOSTAJE
- **RECICLAJE DE VIDRIO**
 - COMPOSICIÓN Y FABRICACIÓN DEL VIDRIO
 - ETAPAS EN EL RECICLADO DEL VIDRIO
 - VENTAJAS DEL VIDRIO RECICLADO Y USOS

6 4 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

BLOQUE III. RECICLAJE DE RESIDUOS URBANOS

- **RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN**
 - FABRICACIÓN DEL PAPEL
 - ETAPAS EN EL RECICLADO DE PAPEL
 - VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PAPEL RECICLADO
- **RECICLAJE DE PLÁSTICOS**
 - TIPOS DE PLÁSTICOS RECICLABLES
 - PROCESOS DE RECICLADO
- **RECICLAJE DE ALUMINIO**
 - ETAPAS EN EL RECICLADO DEL ALUMINIO
 - VENTAJAS EN EL RECICLADO DEL ALUMINIO
- **RECICLAJE DE METALES FÉRREOS (ACERO)**
 - ETAPAS EN EL RECICLADO DE ACERO
 - VENTAJAS EN EL RECICLADO DE ACERO

5 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INTRODUCCIÓN

RECICLAJE

Transformación de los residuos para su fin inicial (**reutilización**) o para otros fines, incluido el **compostaje** y la obtención de gas combustible (**biometanización**), pero no la incineración con recuperación de energía

Tiene como **objetivos**:

- Conservación o ahorro de energía
- Conservación o ahorro de recursos naturales
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar
- Protección del medio ambiente

6 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

OBJETIVOS

Conversión (**recuperación**) de la **fracción orgánica fermentable** de los residuos urbanos, en un compuesto de gran utilidad en agricultura y regeneración de suelo denominado **compost** o “abono orgánico”

Es un proceso de **transformación biológica en condiciones aerobias** por medio de microorganismos presentes en los residuos

Biometanización: proceso de digestión anaerobia que da como resultado una mezcla de gases (CH_4 , NH_3 y CO_2)

El gas combustible (metano) permite obtener **energía**

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

A. Pre-procesamiento de los residuos

- Recepción de los residuos
- Separación de materiales reciclables
- Reducción de tamaño (molienda y cribado)
- Ajuste de propiedades (relación C/N, humedad)

B. Degradación de la materia orgánica

- Fermentación de la materia orgánica
- Maduración
- Afino
- Control de emisiones contaminantes (balsas de lixiviados y biofiltros para gases)

C. Preparación y venta del producto final

- Dosificación de aditivos y granulado

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

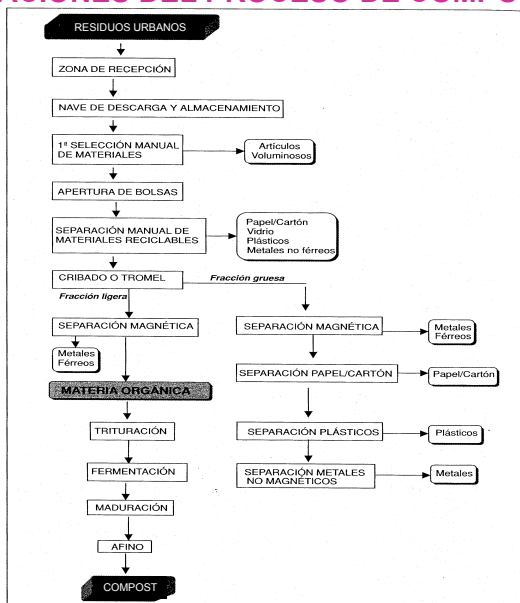
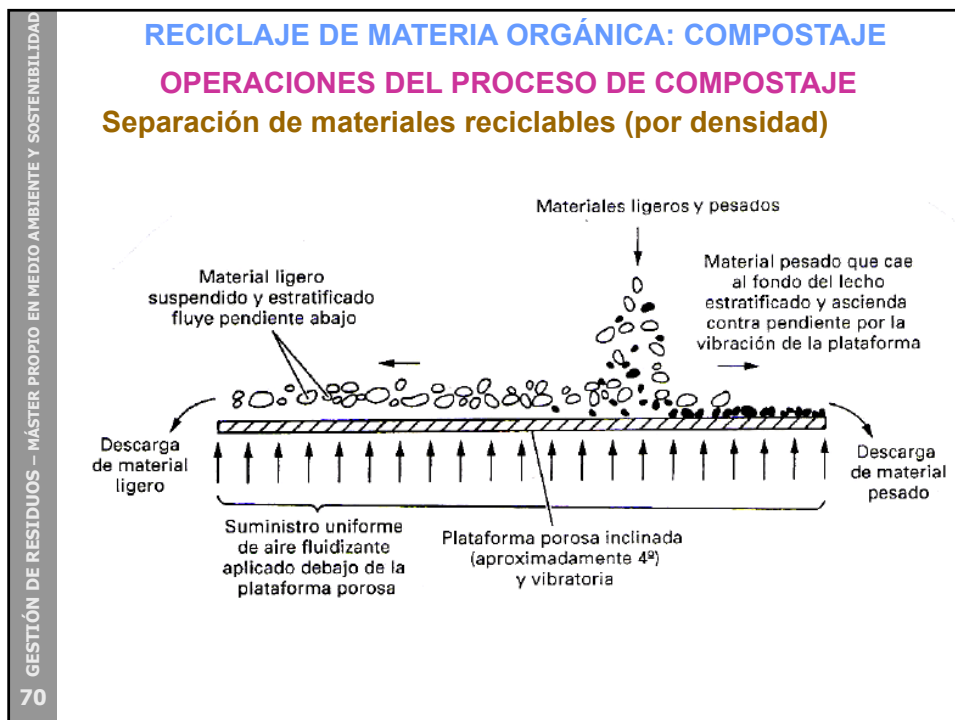
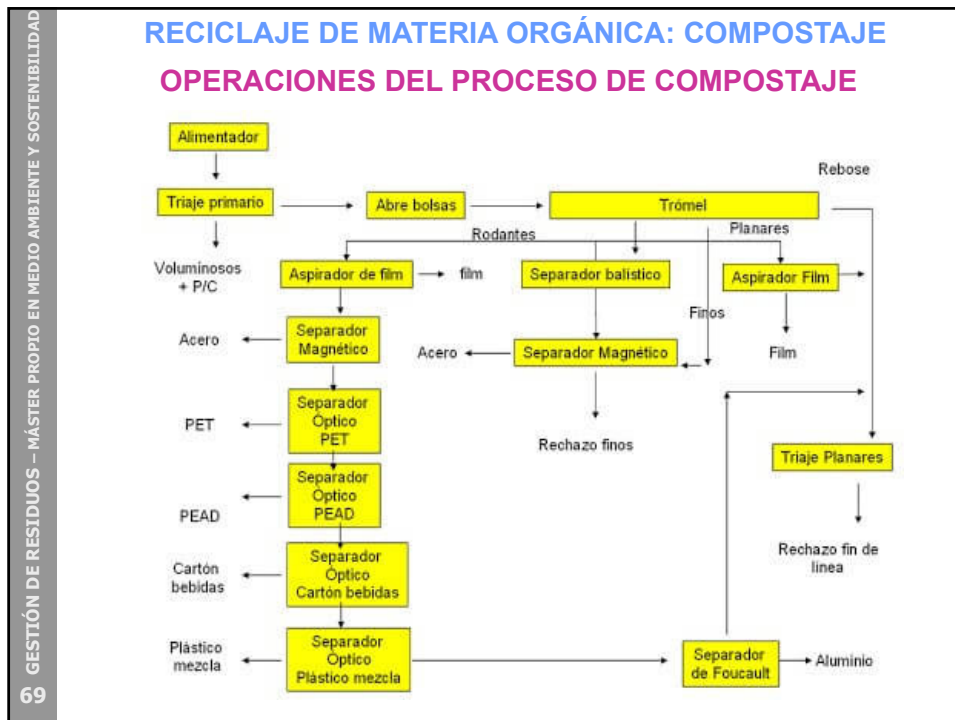


FIGURA 19.1. Diagrama de flujos en una planta de compostaje.


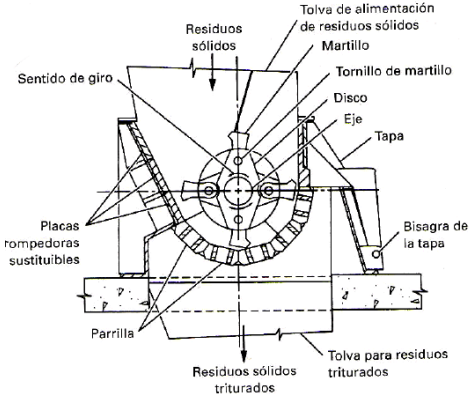


71 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Reducción de tamaño (molienda y cribado)

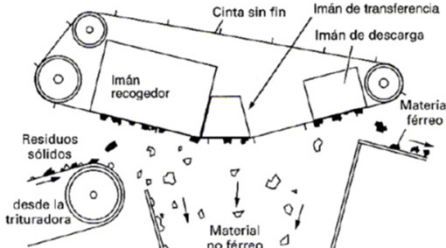



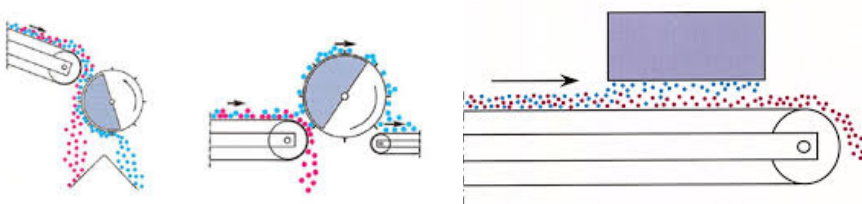
72 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Separación de materiales reciclables (separ. magnética)





GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

FERMENTACIÓN AEROBIA

$\text{Materia Orgánica} + \text{Microorganismos} + \text{Nutrientes} + \text{H}_2\text{O} = \text{Nuevos Microorganismos} + \text{Materia orgánica resistente} + \text{Energía calorífica} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{NH}_3$

Residuos orgánicos

Materia Orgánica
Minerales
Agua
Microorganismos

Agua ↑

Calor ↑

CO₂ ↑

COMPOSTAJE

↓ Aire

COMPOST

Materia Orgánica
Minerales
Agua
Microorganismos

70° C

TEMPERATURA

Temperatura ambiente

10° C

TIEMPO

Compostaje → Física

- 1. Selección y limpieza de los residuos orgánicos
- 2. Mezcla homogénea de los residuos orgánicos
- 3. Volteo periódico de las pilas de compostaje
- 4. Control de la temperatura y humedad de las pilas de compostaje
- 5. Control de la actividad microbiana de las pilas de compostaje
- 6. Control de la actividad de los animales de las pilas de compostaje
- 7. Control de la actividad de las plantas de las pilas de compostaje
- 8. Control de la actividad de los insectos de las pilas de compostaje
- 9. Control de la actividad de los hongos de las pilas de compostaje
- 10. Control de la actividad de los virus de las pilas de compostaje

70

60

40

Temperatura ambiente

TIEMPO

73

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA: COMPOSTAJE

PROCESOS INDUSTRIALES DE COMPOSTAJE

Disposición en hileras (de ~2 m de altura) a cielo abierto, con volteo periódico (facilitar oxigenación y evitar fermentación anaerobia)

Variantes:

- pila estática aireada
- sistemas a cubierto con el fin de optimizar el proceso (control de los parámetros de proceso) y evitar olores (H₂S, NH₃)




74



RECICLAJE DE OTROS COMPONENTES (NO BIODEGRADABLES)

VIDRIO

PLÁSTICOS

METALES FÉRREOS

OTROS MATERIALES

PAPEL Y CARTÓN

ALUMINIO

METALES NO FÉRREOS [PILAS (Hg) Y BATERÍAS (Pb)]
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
NEUMÁTICOS USADOS, MADERA, RESIDUOS DE JARDÍN

El reciclaje de estos componentes supone **un ahorro de materias primas y de energía** (impacto notable sobre la economía)

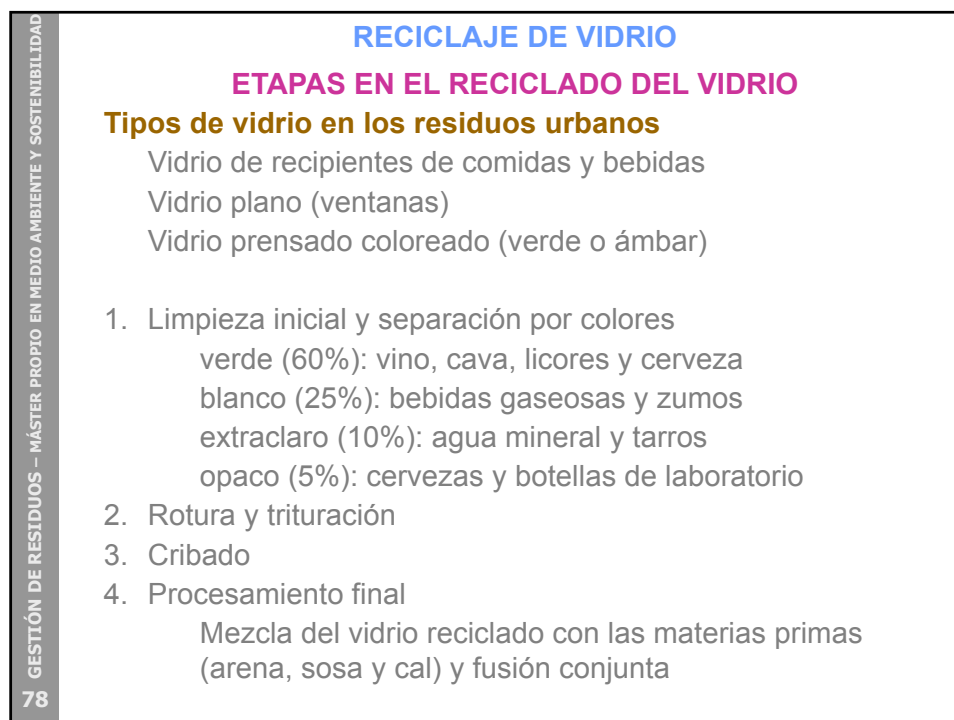
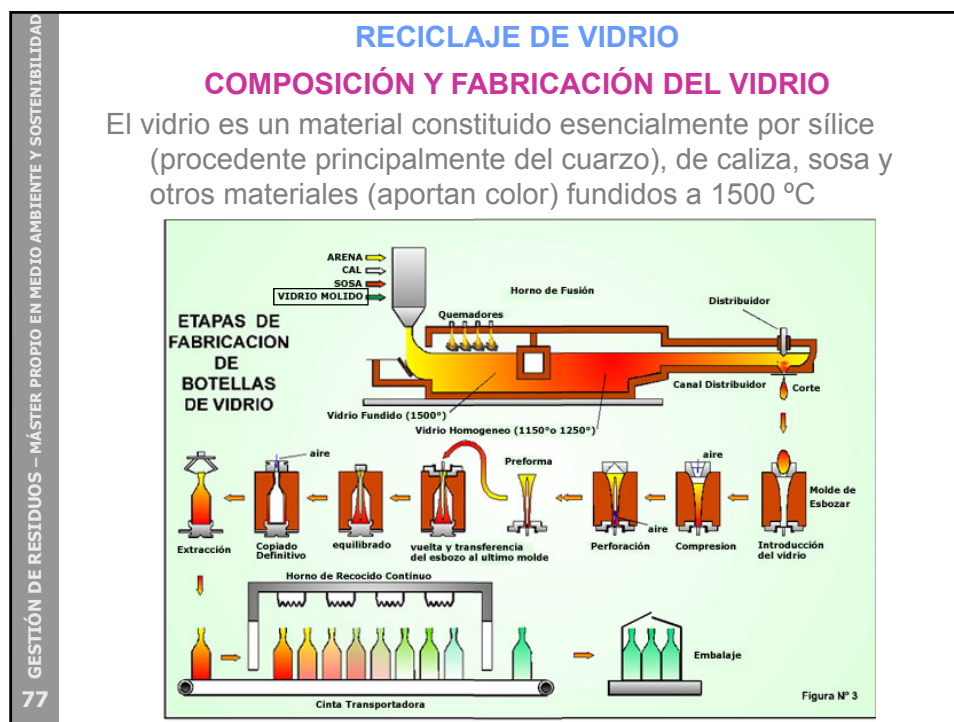
Tabla 19.1. Comparación de las energías necesarias para la elaboración de productos a partir de materias vírgenes y de materias recuperadas

PRODUCTO	Energía necesaria en la producción (kcal/kg)		
	MATERIAS VÍRGENES	MATERIAS RECUPERADAS	% AHORRO
Vidrio	1.200	800	35
Hierro	10.300	5.100	50
Papel	3.700	1.100	70
Polietileno	4.500	500	89
Aluminio	47.000	1.400	97

ENERGÍA AHORRADA
Reciclado vs Material Virgen

- 92% Aluminio
- 90% Cobre
- 87% Plástico
- 68% Papel
- 56% Acero
- 34% Vidrio

Plantilla: 76



GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE VIDRIO

VENTAJAS DEL VIDRIO RECICLADO Y USOS

Ventajas del reciclaje de vidrio

1. Vidrio reciclado tiene propiedades idénticas que el vidrio virgen
2. Ahorro de materias primas
3. Reducción de la basura doméstica
4. Reducción de la contaminación del aire (menor consumo de combustible)

Utilización del vidrio reciclado

- Nuevos recipientes y botellas de vidrio
- Lana de vidrio
- Aislamientos de fibra de vidrio
- Material de pavimentación
- Productos de construcción (ladrillos, azulejos, hormigón)

Año 2024: 1.000.000 t (19 kg/hab; Tasa reciclaje 70%)

<http://www.ecovidrio.es/>

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE VIDRIO

79.8% tasa de reciclado
OFICIAL MITERD 2019*

*Por encima de la media europea

cada español deposita casi **19 kg** EN EL CONTENEDOR

64 ENVASES

en España hay **240.302** CONTENEDORES

1x cada **197** HABITANTES

recogida selectiva **884.050** TONELADAS A TRAVÉS DEL CONTENEDOR VERDE

+5% vs. 2020

*Por encima del incremento de consumo estimado de estos envases (4.2%)

recogida **66.502** TONELADAS RECUPERADAS COMPLEMENTARIAMENTE A TRAVÉS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS URBANOS

+4.3% vs. 2020

datos por comunidades autónomas

datos expresados en kg por habitante

+ transformación digital
+ business intelligence
para una gestión vanguardista de las operaciones

sensibilización **+200** campañas MOVILIZACIÓN SOCIAL AL AÑO

hostelería **51** servicios RECOGIDA PUERTA A PUERTA

96.154 colaboración CON ESTABLECIMIENTOS HOSTELEROS

economía circular y cambio climático

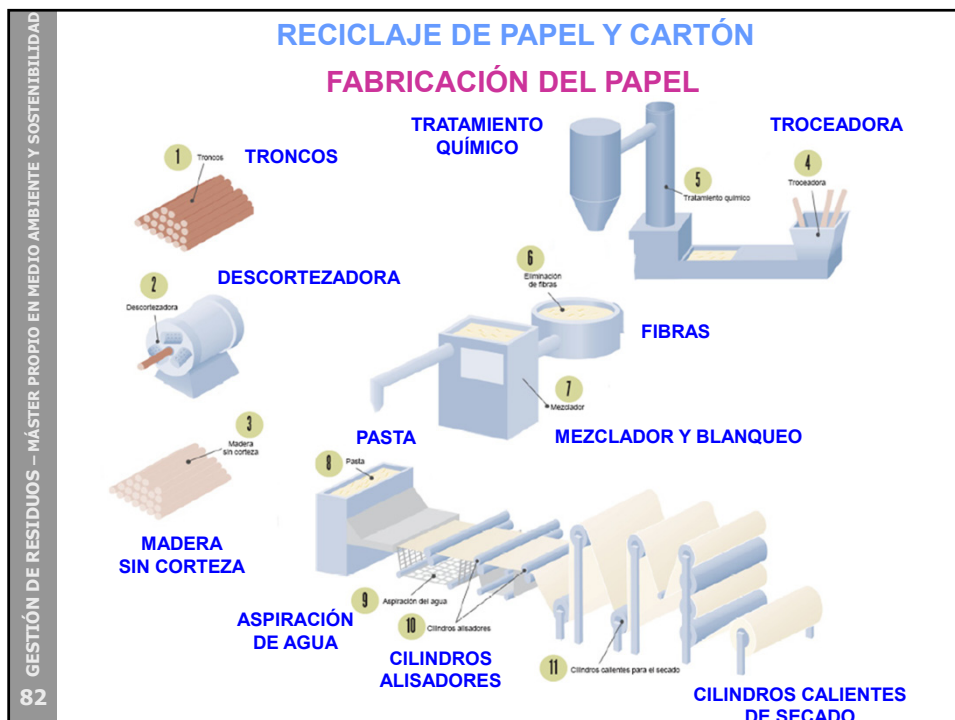
evitar la extracción **1.140.660** TONELADAS DE MATERIAS PRIMAS

evitar la emisión **551.320** TONELADAS DE CO₂ A LA ATMÓSFERA EQUIVALENTE A dar la vuelta al mundo en avión por el ecuador de la tierra

ahorro en consumo **678.884** MEGAVATIOS-HORA DE ENERGÍA

consumo energético de los hospitales de toda España durante **2** MESES

80



83 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN

ETAPAS EN EL RECICLADO DE PAPEL

1. Recolección, transporte y selección del papel de desecho
2. Transformación del papel de desecho en pasta por batido
3. Limpieza de impurezas (plásticos y tintas) por flotación y productos químicos
4. Blanqueo de pasta: tratamiento suave, ya que las fibras ya han sido blanqueadas en sus antiguos procesos de elaboración de papel
5. Proceso de laminación de la pasta en máquina y posterior secado

Fuentes de papel y cartón en los residuos urbanos

- Revistas y periódicos
- Envases de productos alimenticios
- Cajas de cartón
- Papel de alta calidad (reproducción e informática)
- Papel mezclado

84 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PAPEL RECICLADO

Ventajas

1. Mejor aprovechamiento de materias primas
Reducción en la tala de árboles (coníferas y eucaliptos), ricos en celulosa
2. Ahorro de energía (~70%) y consumo de agua (~85%)
3. Disminuye la producción de emisiones contaminantes (<25%), incluyendo las sustancias químicas del destintado

Desventajas

1. Ciclo de reciclado limitado (3-8 veces): rotura de las fibras de celulosa. Se mezcla con pasta virgen en diferentes proporciones
2. No válido para usos de alta calidad (fotocopias, edición)

Año 2022: 27,1 kg/hab

En España se recoge para su reciclado entorno al 80% del papel que se consume

<http://www.aspapel.es/>

85 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Plásticos

Son materiales ligeros de baja masa
 Duraderos
 Moldeables
 Flexibles o rígidos
 Aislantes



Fuentes de materiales plásticos en los residuos urbanos

Envases de productos alimenticios
 Envases de bebidas
 Envases de productos del hogar (domésticos)



Contribuyen reducidamente a la masa total de residuos y pero notablemente al volumen



86 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Tipos de plásticos

Polímeros orgánicos: Posee en la cadena principal átomos de carbono

Polímeros vinílicos: exclusivamente átomos de carbono

 Poliolefinas: polietileno y polipropileno

 Polímeros estirénicos: poliestireno

 Polímeros vinílicos halogenados: PVC y PTFE

 Polímeros acrílicos: PMMA

Polímeros orgánicos no vinílicos. Además de carbono, tienen átomos de oxígeno o nitrógeno en su cadena principal

 Poliésteres (PET) Policarbonatos

 Poliamidas (nylon) Poliuretanos

Polímeros inorgánicos. Entre otros:

 Basados en azufre: polisulfuros

 Basados en silicio: silicona

PVC: Policloruro de vinilo
 PTFE: Politetrafluoretileno
 PMMA: Polimetilmetacrilato

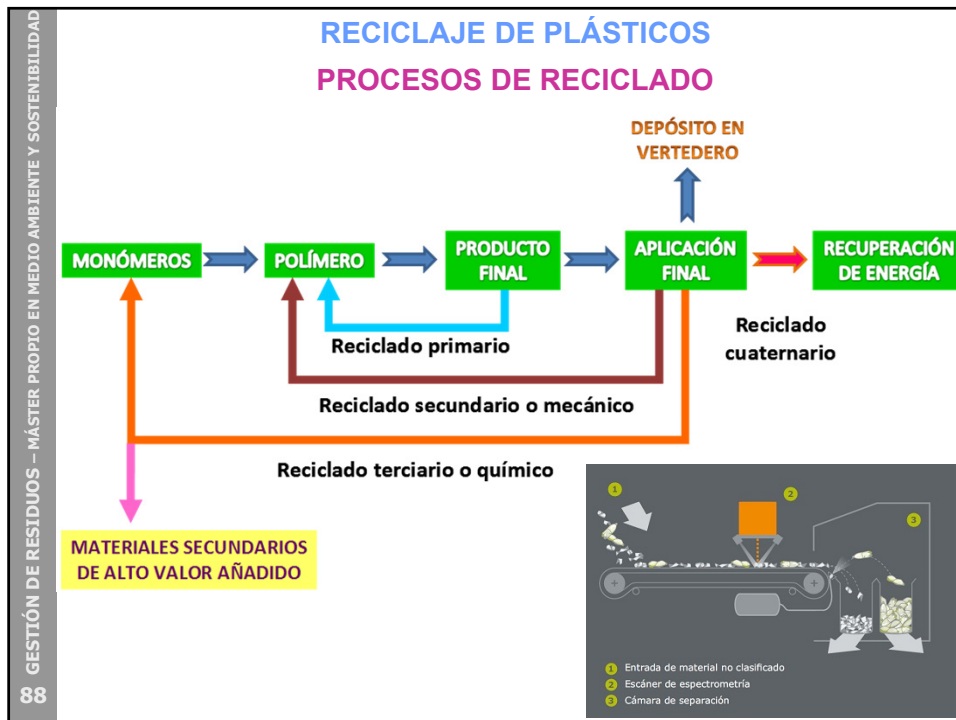
87 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

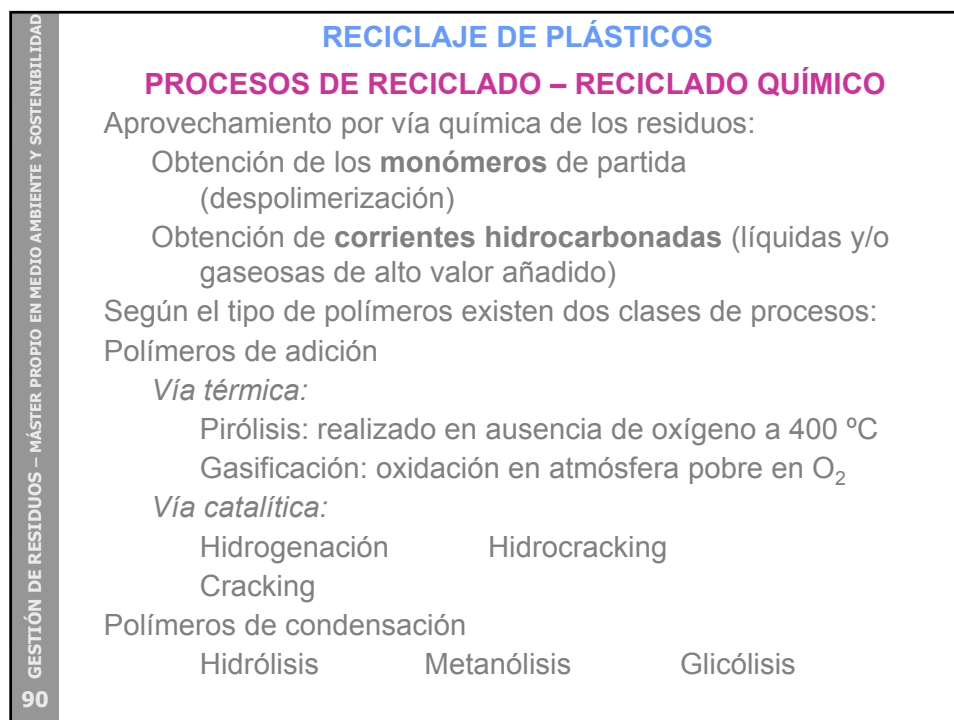
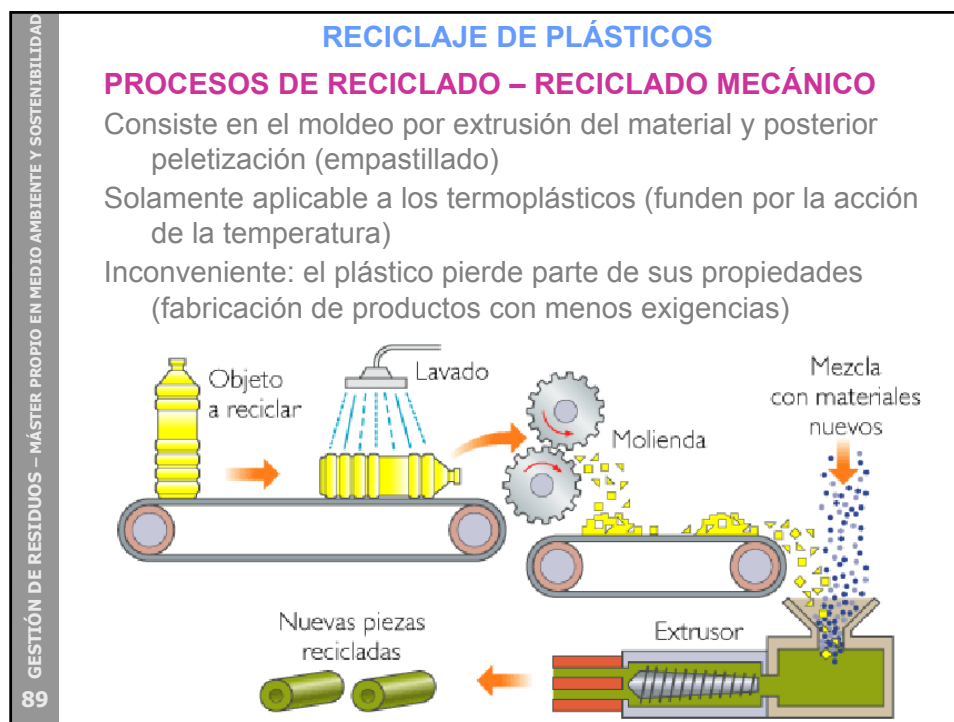
RECICLAJE DE PLÁSTICOS

TIPOS DE PLÁSTICOS RECICLABLES

PLASTIC RESIN IDENTIFICATION CODES

	PETE	Polyethylene Terephthalate		soft drink and water bottles, food packaging, fruit, juice containers and cooking oil, shampoo bottles	Recyclable
	HDPE	High Density Polyethylene		milk, water, juice jugs, yogurt pots, soap dispenser, cleaning products, grocery bags	Recyclable
	PVC	Polyvinyl Chloride		pipe and window fitting, thermal insulation, car parts, trays for sweets, bubble foil, food foil	Non-recyclable
	LDPE	Low Density Polyethylene		frozen food bags, bread bags, food bags, shopping bags, magazine wrapping	Non-recyclable
	PP	Polypropylene		ketchup bottles, microwave meal trays, wall covering, syrup bottle, yogurt container	Recyclable
	PS	Polystyrene		cosmetic bag, plates and cups, CD cases, egg cartones, protective packaging	Non-recyclable
	OTHER	Other		5-gallon water bottles, other plastic including acrylicnylon, fiberglass, baby bottle	Non-recyclable





91 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE ALÚMINIO

Aluminio

El aluminio es un metal que se extrae del mineral bauxita con un coste energético muy importante y una elevada producción de residuos contaminantes

1 tonelada de aluminio \Rightarrow 4 a 5 toneladas de bauxita
coste energético (1 t de aluminio) = 3 veces coste (1 t de acero)

El aluminio laminado es una mezcla de aluminio con plástico:

- Excelente protector contra la luz
- Ligero, resistente, flexible, fácil de imprimir
- El contenido se puede enfriar rápidamente
- Ideal como envase para alimentos, bebidas, productos farmacéuticos, envoltorios
- Además se usa en la construcción en forma de láminas

92 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE ALUMINIO

ETAPAS EN EL RECICLADO DEL ALUMINIO

1. Separación y clasificación de los residuos metálicos (separadores magnéticos o separador de Foucault)
2. Triturado y eliminación de impurezas del aluminio
3. Lavado y secado para eliminar restos orgánicos, humedad y lacas
4. Fundición para formar lingotes
5. Laminación y fabricación de nuevos productos

FIGURA 19.3. Esquema de los procesos a realizar en el reciclaje de latas de aluminio usadas.

Fuentes de aluminio en los residuos urbanos

- Latas de aluminio
- Aluminio secundario: marcos de ventanas, canalones, etc.

93 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE ALUMINIO

VENTAJAS DEL RECICLADO DEL ALUMINIO

- Su recuperación es rentable técnica y económicamente (elevada demanda de latas de aluminio recicladas)
- Se puede reciclar el 100% de los materiales recuperados
- Puede reciclarse indefinidamente sin perder sus propiedades, pudiéndose fabricar producto con idénticas características
- Ahorro muy importante de materias primas y energía (ahorro del 95%)
- En el vertedero ocupa espacio, no se degrada y es irrecuperable

Año 2023 (España): 80.000 t (52,2%) de aluminio reciclado

<http://www.aluminio.org/>

94 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE METALES FÉRREOS (ACERO)

Acero

Es la aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2% en peso

Los aceros son utilizados en la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas

El acero es casi tres veces más pesado que el aluminio

Elementos aleantes del acero:
Al, B, Co, Cr, Sn, Mn, Mo, N, Ni, Pb, Si, Ti, W, V, Zn

95 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE METALES FÉRREOS (ACERO)

ETAPAS EN EL RECICLADO DEL ACERO

1. Separación y clasificación de los residuos metálicos (separadores magnéticos)
2. Triturado y eliminación de impurezas (restos orgánicos)
3. Recuperación del estaño (extracción electroquímica)
4. Incorporación al proceso productivo de acero

Fuentes de acero en los residuos urbanos

- Envases (latas) de hojalata (acero recubierto con estaño) para alimentación, bebidas, pinturas, cosméticos
- Aparatos domésticos e industriales (línea blanca)
- Electrodomésticos rotos o viejos
- Automóviles y bicicletas
- Tuberías, estanterías, puertas
- Materiales desechados de construcción
- Chatarra industrial y virutas



96 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RECICLAJE DE METALES FÉRREOS (ACERO)

VENTAJAS DEL RECICLADO DEL ACERO

Se recicla todo lo que se recupera

El acero se puede reciclar cuantas veces se quiera sin que pierda ni se deteriore ninguna de sus características en cada ciclo

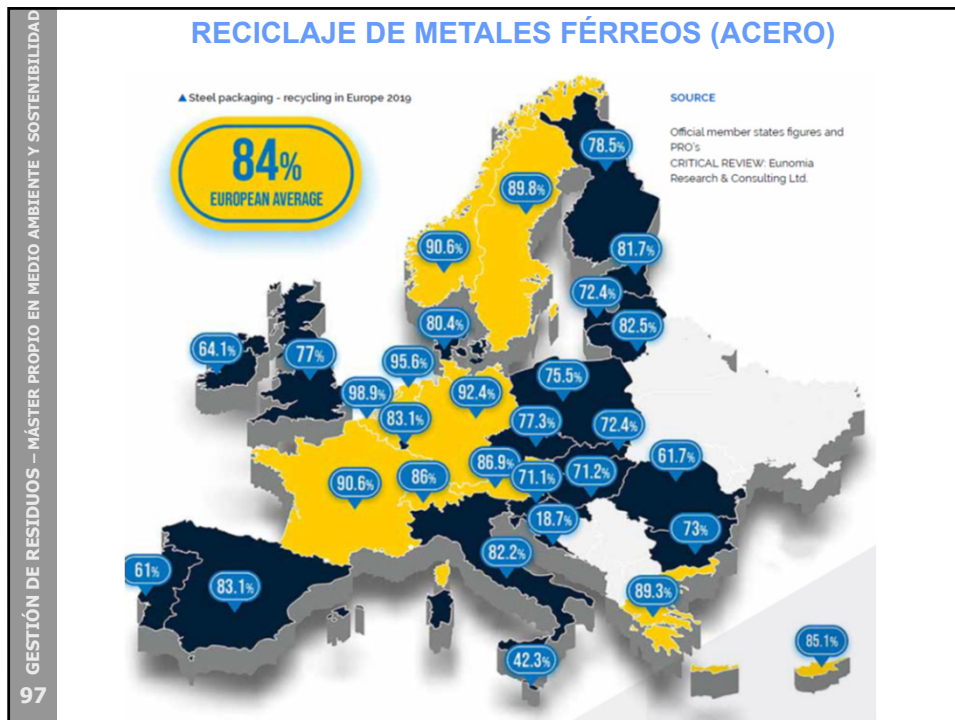
El coste del reciclado es económicamente rentable

- 1 t de acero reciclado \Rightarrow ahorro de 1,5 t de hierro y 0,5 t de carbón
- ahorro energético del 70% y de consumo de agua del 40%

El reciclado es una necesidad de la industria siderúrgica

Acero reciclado (España, 2019): 222.783 t (77%)

<http://www.apeal.org/>




98 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

BLOQUE IV.

RESIDUOS INDUSTRIALES – PELIGROSOS



T Tóxico
T+ Muy tóxico




C Corrosivo




F Fácilmente inflamable
F+ Extremadamente inflamable



N Peligroso para el medio ambiente



E Explosivo



O Comburente



Xn Nocivo
Xi Irritante

9 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD	BLOQUE IV. RESIDUOS INDUSTRIALES - PELIGROSOS
	<input type="checkbox"/> DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN (R. INDUSTRIALES)
	<input type="checkbox"/> RESIDUOS PELIGROSOS
	<input type="checkbox"/> FUENTES Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS
	<input type="checkbox"/> GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN		
Tipos de Residuos		
CATEGORÍA PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN	COMPONENTES PRINCIPALES
Gaseosos	No contaminantes	Dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, etc.
	Contaminantes	Gases clorados, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.
Líquidos	Industriales Urbanos Energéticos	Aguas de proceso Aguas residuales urbanas Aguas de refrigeración y de producción de energía
Depuración de aguas	Lodos	Sólidos, líquidos y pastosos
Sólidos urbanos	Domiciliarios	Materia orgánica, papeles, plásticos, metales, vidrios, etc.
	Voluminosos	Muebles, enseres, vehículos abandonados, animales muertos
	Varios	Restos de limpieza viaria, zonas verdes, playas, etc.
	Inertes	Restos de pequeñas reparaciones y obras menores en viviendas
Industriales	Inertes Asimilables a urbanos Peligrosos	Cenizas, arenas, virutas metálicas, etc. Plásticos, papeles, cartones, vidrios, etc. Aceites industriales, cianuros, baños ácidos o alcalinos, baños de cromados, baños de sales metálicas, líquidos y lodos halogenados, etc.

101 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Definición y origen de Residuos Industriales

Son los residuos generados como consecuencia de la propia actividad industrial

SECTOR INDUSTRIAL	TIPO DE RESIDUOS	COMPOSICIÓN
I. ALIMENTACIÓN	Restos de proceso Embalajes Restos vegetales Derivados lácteos	Vegetales y frutos, cereales, conchas, huesos vegetales, pieles, grasas y aceites, cartonajes, huesos de animales, cáscaras, hojas y raíces, residuos orgánicos, recortes metálicos, semillas, pulpas, grasas, proteínas, orujos, melazas, etc.
I. CEMENTO Y CERÁMICAS	Restos de materias primas	Arcillas, cemento, yeso, alabastro, vidrio, abrasivos, papel y cartonaje.
I. EXTRACTIVA	Recubrimientos Estériles Restos de instalaciones viejas Escombreras Diques estériles Grandes huecos	Silicatos, pizarras, rocas silicatadas y calizas, maderas y chatarra, residuos de las menas, gravas, etc.

102 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Origen de Residuos Industriales

SECTOR INDUSTRIAL	TIPO DE RESIDUOS	COMPOSICIÓN
FABRICACIÓN DE BIENES DE EQUIPO	Restos de materias primas Recortes Embalajes	Chatarras, gomas, maderas, cables, escorias, plásticos, resinas, textiles, pinturas, vidrio, disolventes.
I. FARMACÉUTICA	Productos químicos Microorganismos Compuestos orgánicos	Restos orgánicos e inorgánicos.
I. MADERA Y PAPEL	Residuos celulósicos Papel y pulpas Lejías negras Restos diversos	Productos alcalinos, fibras de celulosa, pulpa y papel, recortes de madera, serrines, metales, plásticos, colas, pinturas, disolventes, tintas, cartones, recortes de papel.
METALURGIA Y SIDERURGIA	Estériles Materias primas	Pulpas y barros, escorias.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN		
Origen de Residuos Industriales		
SECTOR INDUSTRIAL	TIPO DE RESIDUOS	COMPOSICIÓN
I. PETRÓLEO, CAUCHO Y PLÁSTICOS	Restos de productos derivados del petróleo Envases y embalajes	Asfaltos, alquitranes, plásticos, textiles, papel y cartón, gomas, productos petrolíferos, colorantes.
I. QUÍMICA	Restos de productos químicos Envases y embalajes Pulpas	Productos inorgánicos, productos orgánicos, metales, gomas, vidrio, aceites, pinturas, disolventes, pegamentos, etc.
I. TEXTIL	Restos textiles	Fibras naturales y sintéticas.
TRANSFORMADOS METÁLICOS	Restos de producto Recortes Embalajes	Cenizas, arenas, chatarras férricas y no férricas, disolventes, lubricantes, licores de decapado, limaduras cerámicas.
I. DIVERSAS	Restos de materias primas Recortes Embalajes Escombros Lodos de depuración Residuos tóxicos y peligrosos	Metales, chatarras, vidrios, plásticos, cueros, gomas, textiles, pinturas, disolventes, cerámicas, cenizas, lodos de depuración, cables, bienes de equipo, maderas, residuos radiactivos, químicos y biológicos.

103

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	
Clasificación de Residuos Industriales	
Residuos inertes	
<p>Son los que se no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas</p> <p>No son solubles ni combustibles, ni reaccionan químicamente, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que no pueden lugar a contaminación del medio ambiente ni perjudicar a la salud humana (inocuidad)</p> <p>Incluyen residuos de la construcción y demolición no contaminados por sustancias orgánicas e inorgánicas, escombros, escorias inertes, cenizas inertes,...</p> <p>Se gestionan mediante depósito en vertedero para residuos inertes</p>	

104

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	
Clasificación de Residuos Industriales	
Residuos inertes	
Capítulo	Por qué contiene inertes
01 Residuos de prospección, extracción y tratamiento de minerales	Materiales geológicos sin contaminar
10 Agricultura, acuicultura, silvicultura y alimentación	Escorias y materiales minerales no peligrosos
15 Envases y absorbentes	Vidrio de envases
16 Residuos no especificados en otra parte	Materiales minerales y vidrio no peligrosos
17 Construcción y demolición	Principal capítulo de residuos inertes (RCD)
19 Residuos de plantas de tratamiento	Escorias y arenas de tratamiento
20 Residuos municipales	Vidrio y tierras no contaminadas

105

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	
Clasificación de Residuos Industriales	
Residuos asimilables a urbanos	
Los que poseen características similares a los residuos urbanos y se gestionan como tales	
Se incluyen los restos orgánicos procedentes de la alimentación, envases de papel y cartón, plásticos, etc.	
Residuos peligrosos	

106

107 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RESIDUOS PELIGROSOS

Definición

También se denominan **Residuos Tóxicos y Peligrosos**

Un residuo se considera como peligroso si se reconoce en él un **carácter de peligrosidad o de nocividad** que implique un riesgo sobre las personas o el medio

Se diferencian del resto de tipo de residuos en que:

Está identificada una peligrosidad asociada al residuo a corto, medio o largo plazo **sobre el medio ambiente o sobre las personas**

Debido a ello requieren **un manejo y tratamiento en condiciones exigentes**, con un mayor control y seguimiento

Residuos TP en el ámbito urbano/doméstico (ejemplos)	20	Residuos municipales y residuos asimilables procedentes del comercio, industrias e instituciones incluidas las fracciones recogidas selectivamente.
	2001	Fracciones recogidas selectivamente.
	200112	Pinturas, tintes, resinas y pegamentos.
	200113	Disolventes.
	200117	Productos químicos fotográficos.
	200119	Pesticidas.
	200121	Tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio.

108 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RESIDUOS PELIGROSOS

Definición – Legislación europea

Norma que establece el listado de residuos que deberán ser considerados como peligrosos

Directiva 2008/98/CE

Cualquier residuo perteneciente a dicho listado deberá necesariamente ser considerado como peligroso, así como los *recipientes y envases vacíos* que hubieran contenido dichos residuos

Residuos que cumplan alguna de las condiciones fijadas en los **Anexos I, II y III de la Directiva**

109 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RESIDUOS PELIGROSOS

Definición – Legislación europea
Directiva 2008/98/CE

Anexo I (I.A y I.B) [40]

Categorías o tipos genéricos de residuos peligrosos clasificados según su naturaleza o la actividad que los genera (los residuos pueden presentarse en forma líquida, sólida o de lodos)

Anexo II [51]

Constituyentes de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos

Anexo III [14]

Características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos

110 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

RESIDUOS PELIGROSOS

Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)

ANEXO I.A: Residuos que contengan alguna de las propiedades enumeradas en el Anexo III y estén formados por los compuestos siguientes:	
1	Sustancias anatómicas: residuos hospitalarios u otros residuos clínicos
2	Productos farmacéuticos, medicamentos, productos veterinarios
3	Conservantes de la madera
4	Biocidas y productos fitofarmacéuticos
5	Residuos de productos utilizados como disolventes
6	Sustancias orgánicas halogenadas no utilizadas como disolventes, excluidas las materias polimerizadas inertes
7	Sales de temple cianuradas
8	Aceites y sustancias oleosas minerales (lodos de corte, etc.)
9	Mezclas aceite/agua o hidrocarburo/agua, emulsiones
10	Sustancias que contengan PCB y/o PCT (dieléctricas, etc.)
11	Materias alquitranadas procedentes de operaciones de refinado, destilación o pirólisis (sedimentos de destilación, etc.)
12	Tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas, barnices
13	Resinas, látex, plastificantes, colas

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO I.A: Residuos que contengan alguna de las propiedades enumeradas en el Anexo III y estén formados por los compuestos siguientes:	
14	Sustancias químicas no identificadas y/o nuevas y de efectos desconocidos en el hombre y/o el medio ambiente que procedan de actividades de investigación y desarrollo o de actividades de enseñanza (residuos de laboratorios, etc.)
15	Productos pirotécnicos y otros materiales explosivos
16	Sustancias químicas y productos de tratamiento utilizados en fotografía
17	Todos los materiales contaminados por un producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados
18	Todos los materiales contaminados por un producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas policloradas

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO I.B: Residuos que contengan cualquiera de los componentes que figuran en la lista del Anexo II y que presenten cualquiera de las propiedades mencionadas en el Anexo III y que estén formados por:	
19	Jabones, materias grasas, ceras de origen animal o vegetal
20	Sustancias orgánicas no halogenadas no empleadas como disolventes
21	Sustancias inorgánicas que no contengan metales o compuestos de metales
22	Escorias y/o cenizas
23	Tierra, arcillas o arenas incluyendo lodos de dragado
24	Sales de temple no cianuradas
25	Partículas o polvos metálicos
26	Catalizadores usados
27	Líquidos o lodos que contengan metales o compuestos metálicos
28	Residuos de tratamiento de descontaminación (polvos de cámaras de filtros de bolsas, etc.), excepto los mencionados en los puntos
29	Lodos de lavado de gases
30	Lodos de instalaciones de purificación de agua

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO I.B: Residuos que contengan cualquiera de los componentes que figuran en la lista del Anexo II y que presenten cualquiera de las propiedades mencionadas en el Anexo III y que estén formados por:	
31	Residuos de descarbonatación
32	Residuos de columnas intercambiadoras de iones
33	Lodos de depuración no tratados o no utilizables en la agricultura
34	Residuos de la limpieza de cisternas y/o equipos
35	Equipos contaminados
36	Recipientes contaminados (envases, bombonas de gas, etc.) que hayan contenido uno o varios de los constituyentes mencionados en el Anexo II
37	Baterías y pilas eléctricas
38	Aceites vegetales
39	Objetos procedentes de recogidas selectivas de basuras domésticas y que presenten cualquiera de las características indicadas en el Anexo III
40	Cualquier otro residuo que contenga uno cualquiera de los constituyentes enumerados en el Anexo II y presente cualquiera de las características que se enuncian en el Anexo III

113

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO II: Constituyentes de los residuos del Anexo I.B que permiten calificarlos de peligrosos cuando presentan las características enunciadas en el Anexo III.	
Residuos que tengan como constituyentes:	
C1	Berilio; compuestos de berilio
C2	Compuestos de vanadio
C3	Compuestos de cromo hexavalente
C4	Compuestos de cobalto
C5	Compuestos de níquel
C6	Compuestos de cobre
C7	Compuestos de zinc
C8	Arsénico; compuestos de arsénico
C9	Selenio; compuestos de selenio
C10	Compuestos de plata
C11	Cadmio; compuestos de cadmio
C12	Compuestos de estaño
C13	Antimonio; compuestos de antimonio
C14	Telurio; compuestos de telurio

114

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO II: Constituyentes de los residuos del Anexo I.B que permiten calificarlos de peligrosos cuando presentan las características enunciadas en el Anexo III.	
Residuos que tengan como constituyentes:	
C15	Compuestos de bario, excluido el sulfato bórico
C16	Mercurio; compuestos de mercurio
C17	Talio; compuestos de talio
C18	Plomo; compuestos de plomo
C19	Sulfuros inorgánicos
C20	Compuestos inorgánicos de flúor, excluido el fluoruro cálcico
C21	Cianuros inorgánicos
C22	Los siguientes metales alcalinos o alcalinotérreos: litio, sodio, potasio, calcio, magnesio en forma no combinada
C23	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
C24	Soluciones básicas o bases en forma sólida
C25	Amianto (polvos y fibras)
C26	Fósforo; compuestos de fósforo, excluidos los fosfatos minerales
C27	Carbonilos metálicos

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO II: Constituyentes de los residuos del Anexo I.B que permiten calificarlos de peligrosos cuando presentan las características enunciadas en el Anexo III.	
Residuos que tengan como constituyentes:	
C28	Peróxidos
C29	Cloratos
C30	Percloratos
C31	Nitratos
C32	PCB y/o PCT
C33	Compuestos farmacéuticos o veterinarios
C34	Biocidas y sustancias fitofarmacéuticas (plaguicidas, etc.)
C35	Sustancias infecciosas
C36	Creosotas
C37	Isocianatos, tiocianatos
C38	Cianuros orgánicos (nitrilos, etc.)
C39	Fenoles; compuestos de fenol
C40	Disolventes halogenados
C41	Disolventes orgánicos, excluidos los disolventes halogenados

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO II: Constituyentes de los residuos del Anexo I.B que permiten calificarlos de peligrosos cuando presentan las características enunciadas en el Anexo III.	
Residuos que tengan como constituyentes:	
C42	Compuestos organohalogenados, excluidas las materias polimerizadas inertes y las demás sustancias mencionadas en el presente Anexo
C43	Compuestos aromáticos; compuestos orgánicos policíclicos y heterocíclicos
C44	Aminas alifáticas
C45	Aminas aromáticas
C46	Éteres
C47	Sustancias de carácter explosivo, excluidas las ya mencionadas en el presente Anexo
C48	Compuestos orgánicos de azufre
C49	Todo producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados
C50	Todo producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas
C51	Hidrocarburos y sus compuestos oxigenados, nitrogenados y/o sulfurados no incluidos en el presente Anexo

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO III: Características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos	
H1	« Explosivo »: se aplica a sustancias y preparados que pueden explosionar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o las fricciones que el dinitrobenzenceno
H2	« Comburente »: se aplica a sustancias y preparados que presenten reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables
H3-A	« Fácilmente inflamable »: <ul style="list-style-type: none"> - se aplica a sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación inferior a 21 °C (incluidos los líquidos extremadamente inflamables) - se aplica a sustancias y preparados que puedan calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aplicación de energía

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO III: Características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos	
H3-A (cont.)	<p>«Fácilmente inflamable»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se aplica a sustancias y preparados sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúen ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición - se aplica a sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en el aire a presión normal - se aplica a sustancias y preparados que, en contacto con agua o aire húmedo, emitan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas
H3-B	<p>«Inflamable»: se aplica a sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21 °C e inferior o igual a 55 °C</p>
H4	<p>«Irritante»: se aplica a sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas</p>

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO III: Características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos	
H5	<p>«Nocivo»: se aplica a sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud</p>
H6	<p>«Tóxico»: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte</p>
H7	<p>«Cancerígeno»: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia</p>
H8	<p>«Corrosivo»: se aplica a sustancias o preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos</p>
H9	<p>«Infeccioso»: se aplica a sustancias que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos</p>

RESIDUOS PELIGROSOS	
Definición – Legislación europea (Directiva 2008/98/CE)	
ANEXO III: Características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos	
H10	« Teratogénico »: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarios o aumentar su frecuencia
H11	« Mutagénico »: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia
H12	Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido
H13	Sustancias o preparados susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un lixiviado que posee alguna de las características enumeradas anteriormente
H14	« Ecotóxico »: se aplica a sustancias y preparados que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente

121

FUENTES Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
Las fuentes de residuos peligrosos se clasifican en tres grandes bloques o tipos:	
<p>Residuos generados en los procesos de transformación como consecuencia de ineficacias en el uso de las materias primas y de la energía, así como de la propia complejidad de gran parte de las materias primas y energéticas en cuanto a su constitución</p> <p><i>Ejemplos: fabricación de polímeros, productos farmacéuticos, pigmentos,...</i></p>	
<p>Productos agotados, que una vez cumplidos su ciclo de vida útil son desechados o destinados al abandono.</p> <p><i>Ejemplos: agentes de limpieza, baterías, aceites lubricantes,...</i></p>	

122

1.23 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

FUENTES Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Residuos generados en las propias operaciones de tratamiento de otros residuos, que requieren a su vez de algún tipo de gestión

En procesos de descontaminación los componentes peligrosos no se destruyen, sino que experimentan transformaciones parciales o se transfieren de una fase a otra, con lo que se nuevos residuos a ser tratados y gestionados

Ejemplos: lodos resultantes de la depuración de aguas residuales industriales contaminadas por metales pesados

No Peligrosos	Peligrosos	Total
96.643,2	2.354,9	98.998,1
97,6%	2,4%	100%

1.24 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

FUENTES Y PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Tipos de residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019
Unidad: miles de toneladas

	Total	%	Sectores de actividad	%	Hogares	%
Residuos generados	133.257,0	100,0	110.466,1	100,0	22.790,9	100,0
Minerales	67.040,2	50,3	66.518,6	60,2	521,6	2,3
Residuos mezclados	37.533,1	28,2	18.940,4	17,1	18.592,7	81,6
Animales y vegetales	9.230,1	6,9	8.061,4	7,3	1.168,7	5,1
Metálicos	6.263,3	4,7	6.241,4	5,7	21,9	0,1
Papel y Cartón	4.212,9	3,2	2.925,5	2,7	1.287,4	5,6
Químicos	2.362,1	1,8	2.357,2	2,1	4,9	0,0
Equipos desechados	1.475,5	1,1	1.413,0	1,3	62,5	0,3
Lodos comunes	1.337,3	1,0	1.337,3	1,2
Vidrio	1.272,2	0,9	367,2	0,3	905,0	4,0
Madera	1.088,7	0,8	949,3	0,9	139,4	0,6
Plásticos	933,3	0,7	893,8	0,8	39,5	0,2
Otros	508,3	0,4	461,0	0,4	47,3	0,2

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

**CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS**

1. Código de identificación de los residuos peligrosos
(Real Decreto 833/1988 que ejecuta la ley 20/1986 de RTP)
Esta ley adjunta siete tablas con códigos que permiten caracterizar e identificar los residuos basado en un sistema de códigos de la OCDE:

Código Q: Categorías de residuos. Considera 16 posibles categorías de residuos (**código Q**).

Código D/R: Operaciones de tratamiento (**código D/R**). Se distinguen dos tipos generales de operaciones que dan lugar a dos códigos diferentes:

Parte A – operaciones de eliminación que no conducen a una posible recuperación o valorización, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos
(15 operaciones con **códigos D**)

125

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

**CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS**

1. Código de identificación de los residuos peligrosos
Parte B – operaciones que llevan a una posible recuperación o valorización, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos
(13 operaciones con **códigos R**)

Código L/P/S/G + código: Estado físico (estado de agregación del residuo) [**L: líquida; P: lodos; S: sólido; G: gaseoso**] y tipos genéricos de residuos peligrosos (**código correspondiente a los Anexos I.A y I.B**)

Código C: Constituyentes que dan a los residuos su carácter peligroso (**código C** del Anexo II)

Código H: Características de los residuos peligrosos (**código H de Anexo III**)

Código A/B: Identificación del origen del residuo (actividades generadoras de los residuos (**código A**) y procesos en los que se generan los residuos (**código B**))

126

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Operaciones de eliminación, que no conducen a una posible recuperación o valoración, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos (CÓDIGO D)	
D1	Depósito sobre el suelo o en su interior (por ejemplo: vertido, etcétera).
D2	Tratamiento en medio terrestre (por ejemplo: biodegradación de residuos líquidos o lodos en el suelo, etcétera).
D3	Inyección en profundidad (por ejemplo: inyección de residuos bombeables en pozos, minas de sal, fallas geológicas naturales, etcétera).
D4	Embalse superficial (por ejemplo: vertido de residuos líquidos o lodos en pozos, estanques o lagunas, etcétera).
D5	Vertido en lugares especialmente diseñados (por ejemplo: colocación en celdas estancas separadas, recubiertas y aisladas entre sí y el medio ambiente, etcétera).
D6	Vertido en el medio acuático, salvo en el mar.
D7	Vertido en el mar, incluida la inserción en el lecho marino.
D8	Tratamiento biológico no especificado en otro apartado de la presente tabla y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante alguno de los procedimientos enumerados entre D1 a D12.

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Operaciones de eliminación, que no conducen a una posible recuperación o valoración, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos (CÓDIGO D)	
D9	Tratamiento fisicoquímico no especificado en otro apartado de la presente tabla y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante uno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12 (por ejemplo: evaporación, secado, calcinación, etcétera).
D10	Incineración en tierra.
D11	Incineración en mar.
D12	Depósito permanente (por ejemplo: colocación de contenedores en una mina, etcétera).
D13	Combinación o mezcla previa a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D12.
D14	Reenvasado previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D13.
D15	Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D14 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de producción).

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Operaciones que llevan a una posible recuperación o valorización, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos (CÓDIGO R)	
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 o recuperación de metales y 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 suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos.

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Operaciones que llevan a una posible recuperación o valorización, regeneración, reutilización, reciclado o cualquier otra utilización de los residuos (CÓDIGO R)	
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 de 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 la producción).

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Actividades que pueden generar residuos tóxicos y peligrosos (CÓDIGO A)	
[A100-A130]	Agricultura-industria agrícola
[A150-A181]	Energía
[A200-A248]	Metalurgia. Construcción mecánica y eléctrica
[A260-A280]	Minerales no metálicos. Materiales de construcción. Cerámica y vidrio
[A300-A669]	Industria química
[A700-A812]	Paraquímica
[A820-A850]	Servicios comerciales
[A860-A889]	Servicios colectivos
[A900-A936]	Descontaminación. Eliminación de residuos
[A940-A975]	Recuperación de residuos

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Procesos generadores de residuos (CÓDIGO B)	
General [B0001-B0019]	
Agricultura-ganadería [B1001-B1412]	Fabricación de harinas
	Fabricación de azúcar
	Fabricación de conservas
	Industrias de fermentación
	Fabricación de la cerveza
Energía [B2001-B2311]	Minería del carbón
	Destilación seca del carbón
	Refinerías de petróleo
	Centrales térmicas
Metalurgia-construcción [B3001-B-3522]	Minería metálica
	Siderurgia
	Metalurgia
	Galvanizado
	Fabricación de pilas y baterías
	Fabricación de componentes eléctricos y electrónicos

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Procesos generadores de residuos (CÓDIGO B)	
Minerales no metálicos. Materiales de construcción, cerámica y vidrio [B4001-B4519]	Fabricación de cales
	Fabricación de yesos
	Fabricación de productos cerámicos
	Fabricación de cementos
	Carga. Descarga
	Distribución. Expedición Granel
	Fabricación de productos a base de amianto
	Industria del vidrio
Industria química [B5001-B5819]	Industria química inorgánica
	Industria petroquímica
	Carboquímica
	Industria química orgánica
	Fabricación de materias plásticas
Industria paraquímica [B6001-B6519]	Fabricación de pesticidas
	Procesos paraquímicos generales

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
Procesos generadores de residuos (CÓDIGO B)	
Textiles, cueros, madera y muebles [B7001-B7205]	Industria textil
	Industria del curtido
	Industrias de la madera
	Fabricación de pasta de papel
Descontaminación Eliminación de residuos [B9001-B9711]	Estaciones de depuración urbana
	Tratamiento de residuos urbanos
	Tratamiento físico-químico
	Tratamientos biológicos
	Eliminación por vertido o depósito en medios acuosos
	Operaciones de almacenaje o preparación de residuos








135 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD	CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
	1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
	Procesos generadores de residuos (CÓDIGO B)	
	Recuperación de residuos [B10001-10712]	Recuperación de disolventes
		Recuperación de sustancias orgánicas no utilizadas como disolventes
		Recuperación de metales o compuestos metálicos
		Recuperación de otras materias inorgánicas
Recuperación de ácidos y bases		
Recuperación de productos descontaminantes		
	Recuperación de aceites	

136 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD	CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	
	1. Código de identificación de los residuos peligrosos	
	Estructura final de la identificación de residuos	
	Q – N // R o D – N // L, P, S o G – N // C – N // H – N // A – N // B – N	
	<i>Ejemplos de asignación de códigos de identificación como Residuos Peligrosos de los Residuos Industriales</i>	
	1.	Un residuo líquido consistente en disoluciones ácidas provenientes de una fundición de metales ferrosos en la que tiene lugar la fabricación Q7 // R6 // L27 // C23 // H6 // A231 (1) // B3124
	2.	Un residuo consistente en lodos procedentes de lavado de gases de una acería, que han de ser desecados previo a su vertido en un depósito de seguridad Q9 // D9 // P29/27 // C8 /11/18 // H3/6 // A211 // B0011

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

2. Pictogramas. Etiquetado de los residuos

<p>H6 H7 H9 H10 H11</p>				<p>H3</p>
	T Tóxico T+ Muy tóxico	C Corrosivo	F Fácilmente inflamable F+ Extremadamente inflamable	
		H8		
				<p>H14</p>
		N Peligroso para el medio ambiente		
<p>H1</p>				<p>H4 H5</p>
	E Explosivo	O Comburente	Xn Nocivo Xi Irritante	
		H2		

137

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

3. Código CER (catalogación)

Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo a su origen, independientemente de que se destinen a operaciones de eliminación o recuperación, a través del Catálogo Europeo de Residuos (CER)

La aparición de un residuo en el CER **no presupone su clasificación como peligroso**

Nivel 1. Grupos de materiales residuales generales, 20 grupos
 Nivel 2. Grupos de procesos más definidos
 Nivel 3. Procesos específicos que dan lugar a la generación de los residuos

138

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

CARACTERIZACIÓN – IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

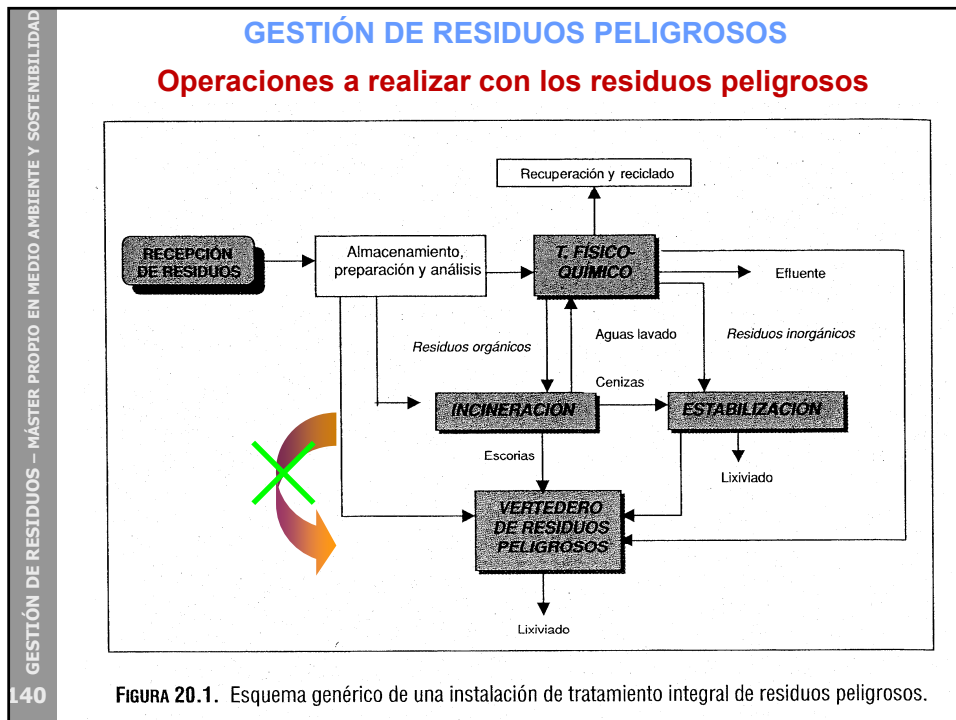
3. Código CER (catalogación)

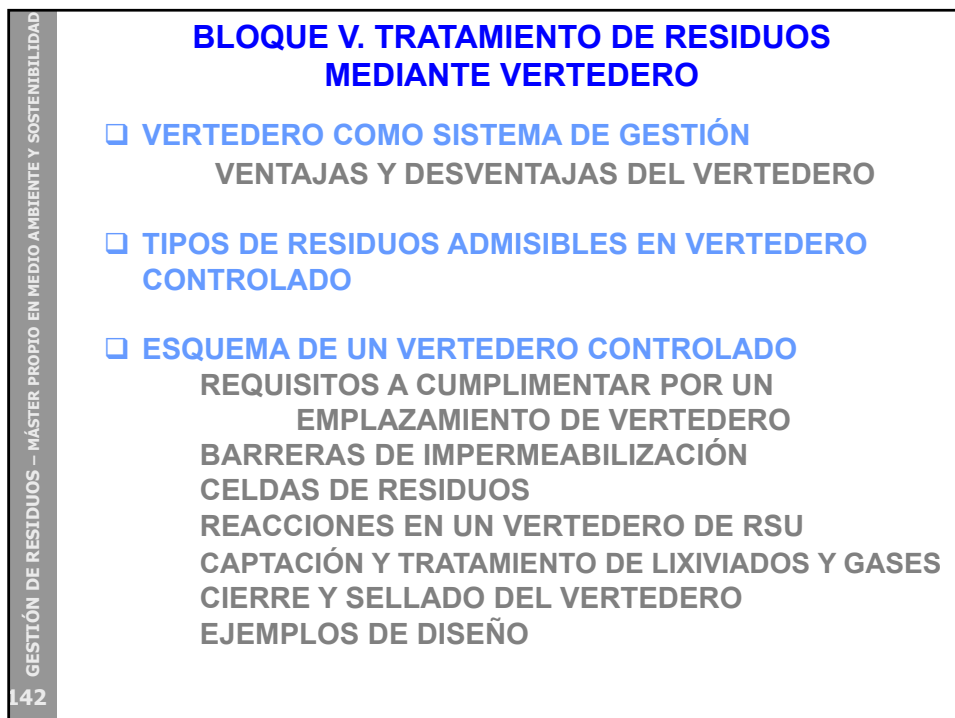
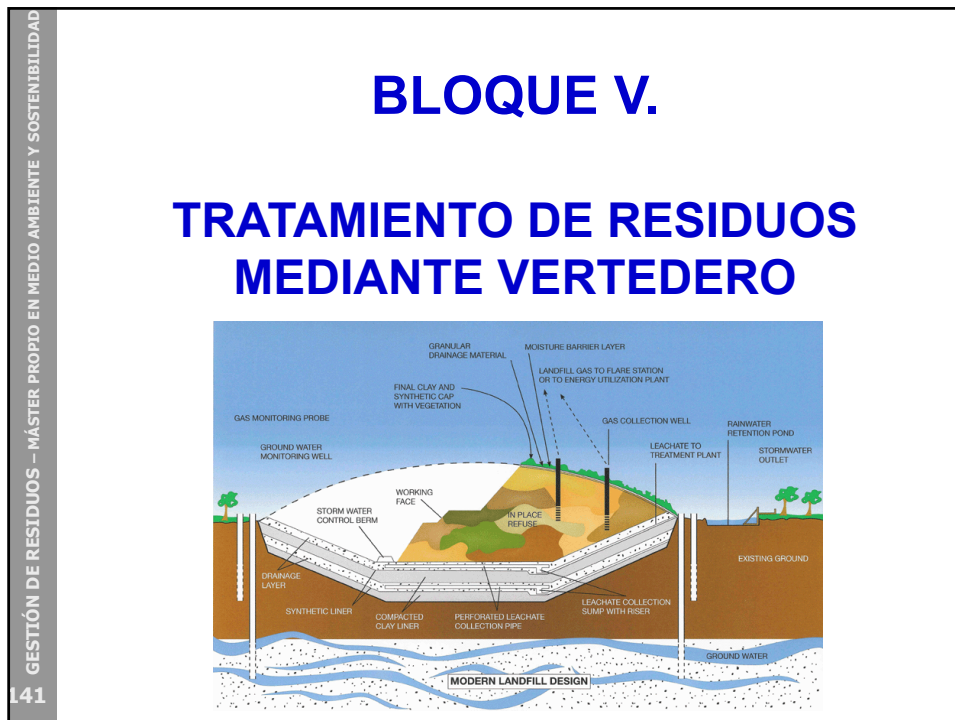
Ejemplo: identificar el código en el CER de los conservantes de carácter organometálicos utilizados en la fabricación de tableros y muebles

03 RESIDUOS DE LA TRANSFORMACION DE LA MADERA Y DE LA PRODUCCION DE TABLEROS Y MUEBLES, PASTA DE PAPEL, PAPEL Y CARTON

03 01	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles
03 01 01	Residuos de corteza y corcho
03 01 04*	Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas que contienen sustancias peligrosas
03 01 05	Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas distintos de los mencionados en el código 03 01 04
03 01 99	Residuos no especificados en otra categoría
03 02	Residuos de los tratamientos de conservación de la madera
03 02 01*	Conservantes de la madera orgánicos no halogenados
03 02 02*	Conservantes de la madera organoclorados
03 02 03*	Conservantes de la madera organometálicos
03 02 04*	Conservantes de la madera inorgánicos
03 02 05*	Otros conservantes de la madera que contienen sustancias peligrosas
03 02 99	Conservantes de la madera no especificados en otra categoría
03 03	Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón
03 03 01	Residuos de corteza y madera
03 03 02	Lodos de lejjas verdes (procedentes de la recuperación de lejjas de cocción)
03 03 05	Lodos de destintado procedentes del reciclado de papel
03 03 07	Desechos, separados mecánicamente, de pasta elaborada a partir de residuos de papel y cartón
03 03 08	Residuos procedentes de la clasificación de papel y cartón destinados al reciclado
03 03 09	Residuos de lodos calizos
03 03 10	Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica
03 03 11	Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 03 03 10
03 03 99	Residuos no especificados en otra categoría

139





143 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

VERTEDERO COMO SISTEMA DE GESTIÓN

Es un sistema de gestión que **no incide sobre la prevención de residuos y no los aprovecha como recurso**, por lo que no constituye una eliminación propiamente dicha, ni del material ni de sus características nocivas

Deberá formar parte de un sistema global de gestión en el que previamente se deberá evaluar toda posibilidad de tratamiento de tratamiento anterior, lo que permitirá reducir el volumen y la nocividad potencial de los mismos

Es una instalación permanente para el **aislamiento de residuos estabilizados** y el tratamiento de las emisiones producidas

El aislamiento de los residuos se fundamenta en la interposición de diferentes barreras independientes: **concepto multibarrera**

144 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

VERTEDERO COMO SISTEMA DE GESTIÓN

Son instalaciones construidas para la eliminación de los residuos mediante su depósito en zonas superficiales o subterráneas

Sólo deben eliminarse mediante vertido aquellos residuos que, en la medida de lo posible, experimenten transformaciones predecibles

Tipos de vertederos

- Directiva 2018/850, Real Decreto 646/2020
- Vertedero para residuos no peligrosos (residuos urbanos)
- Vertedero para residuos inertes
- Vertedero para residuos peligrosos

145 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

VERTEDERO COMO SISTEMA DE GESTIÓN VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL VERTEDERO

Ventajas

- Fácil implantación
- Costes reducidos de implantación y funcionamiento
- Capacidad de absorber variaciones de producción
- Posibilidad de reutilización del terreno tras clausura

Desventajas

- No se aprovechan los recursos contenidos en los residuos
- Es aconsejable tratamientos previos de reciclaje y compostaje para evitar riesgos medioambientales y minimizar el espacio ocupado por los residuos
- Necesidad de una gran **superficie de terreno**
- Coste de transporte** hasta el lugar de ubicación

146 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

TIPOS DE RESIDUOS ADMISIBLES EN VERTEDERO CONTROLADO

Vertedero de residuos sólidos urbanos

Vertedero de residuos peligrosos

- Fangos industriales: fangos de hidróxidos metálicos, de papelera, y de aguas residuales (tratamiento físico-químico e incineración)
- Productos polimerizados: pinturas, colas, barnices, resinas, látex, grasas, ceras, parafinas
- Subproductos de la industria química: colas de destilación de procesos extractivas, carbones activos, tierras de filtración, escorias, cenizas, tierras adsorbentes
- Residuos minerales: arenas de fundición, amianto, catalizadores
- Embalajes vacíos que han contenido residuos peligrosos: sacos, papeles, cartones, botellas, trapos, palets

Vertedero de residuos inertes

- Escombros, residuos de construcción y demolición, residuos inertizados

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

**TIPOS DE RESIDUOS ADMISIBLES
EN VERTEDERO CONTROLADO**

Residuos no admisibles en vertedero

- Residuos líquidos
- Residuos explosivos, radioactivos, corrosivos, oxidantes o inflamables
- Residuos sanitarios (de hospitales o clínicos) o de establecimientos veterinarios (son infecciosos)
- Neumáticos
- Residuos de disolventes (no halogenados o halogenados) concentrados
- Residuos de elevada acidez (pH<3) o basicidad (pH>13)
- Residuos con un elevado contenido de agua (>65%)
- Residuos que alteren el sistema de impermeabilización

147

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

**ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
REQUISITOS A CUMPLIMENTAR POR UN
EMPLAZAMIENTO DE VERTEDERO**

- Impermeabilidad natural** del terreno (rocas duras sin fracturas ni elevada porosidad)
- Ausencia de acuíferos** subterráneos
- Zona estable** (no debe haber sufrido inundaciones no movimientos sísmicos de alta intensidad)
- No excesiva proximidad a núcleos urbanos** (mínimo 0,5 km para RSU y 2 km para RTP)
- Buenas **vías de comunicación y proximidad** a los núcleos generadores (urbanos o industriales) de residuos
- Climatología favorable:** precipitaciones bajas y predominio de vientos que no dirijan olores, materiales ligeros o polvos hacia núcleos de población o vías de comunicación próximas
- Impacto mínimo sobre el paisaje (**estudio de impacto ambiental**)

148

149 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
REQUISITOS A CUMPLIMENTAR POR UN EMPLAZAMIENTO DE VERTEDERO

El parámetro más importante en la construcción de un vertedero es la **impermeabilización** (confinamiento seguro)

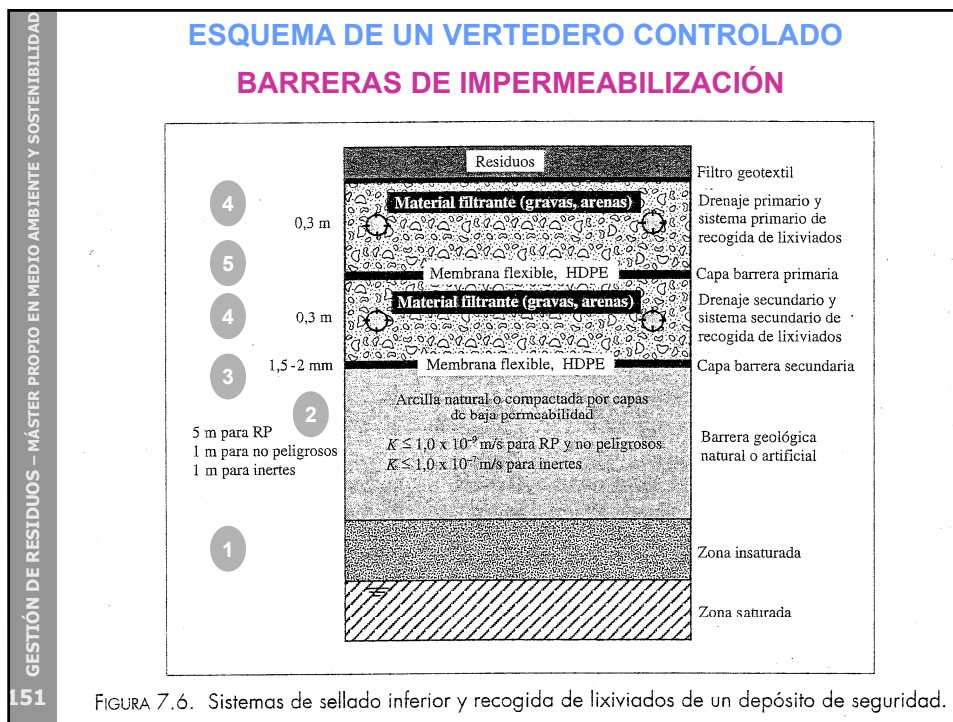
La impermeabilización debe evitar la salida de aguas, que pueden arrastrar contaminantes vertidos y la entrada de aguas exteriores

Se pueden aprovechar las condiciones de impermeabilidad naturales del terreno junto a la aplicación de otros métodos (**multibarreras**)

150 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
BARRERAS DE IMPERMEABILIZACIÓN

1. **Recompactación del fondo y paredes** de la excavación para eliminar las alteraciones producidas por la excavación y las operaciones de limpieza y desbroce
2. Relleno del fondo con una capa de **arcilla** recompactada o mezclada con suelo natural, para conseguir una barrera geológica natural o artificial (si la natural no cumple) que cumpla ciertos requisitos de permeabilidad y espesor:
Permeabilidad $<1,0 \times 10^{-9}$ m/s; $<1,0 \times 10^{-7}$ m/s (inertes)
Espesor >5 para RTP; >1 m RSU
3. Colocación sobre la capa de arcilla de una **geomembrana** flexible impermeable (PEAD o PP) que previene el flujo descendente de lixiviados
4. Colocación de una **capa de grava** en la que ira englobada la red de tuberías de captación y conducción de lixiviados
5. Colocación opcional sobre la capa drenante de una lámina geotextil para protección de la capa drenante



152 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO CELDA DE RESIDUOS

Colocación de las distintas **capas de residuos**, rematadas por **capas de arcilla** y sobre ellas una **capa drenante** de grava para el drenaje de la capa superior de residuos, hasta agotar la capacidad del depósito

En el caso de RTP

Se agrupan los residuos de diferentes características para su deposición, evitando **posibles incompatibilidades y efectos negativos**

Compatibilidad = capacidad de dos o más materiales de existir en asociación cercana el uno con el otro, sin la formación de reacciones químicas o físicas dañinas

153 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
CELDA DE RESIDUOS
En el caso de RSU

Celdas de residuos, en las que se acumulan los residuos y ocurren una serie de **reacciones químicas entre los diferentes componentes**

En la zona superior → **fermentación aerobia**: CO₂, H₂O y nitratos

En la zona inferior → **fermentación anaerobia**: CO, CH₄, H₂O, compuestos amoniacales, ácidos orgánicos, H₂S

Se analizarán posteriormente las reacciones en un vertedero de RSU

Es aconsejable un tratamiento previo de los residuos de **trituration y compactación**

154 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
REACCIONES EN UN VERTEDERO DE RSU

Vertedero: **gran reactor químico** con una gran variedad de compuestos reactivos y reacciones

Compuestos reactivos
 Conjunto de **residuos depositados** (constituidos por C, H, O, N y P, mayoritariamente y, S y Cl minoritariamente)

Oxígeno, que se difunde a través de la capa superior

Agua de hidratación de los residuos y de escorrentía

Microorganismos incorporados en los residuos, que activan ciertas reacciones químicas

155 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO

REACCIONES EN UN VERTEDERO DE RSU

Principales reacciones en un vertedero

Reacciones biológicas: procesos de descomposición (aerobios y anaerobios) de la materia orgánica biodegradable

Reacciones de oxidación-reducción asociadas a compuestos inorgánicos (de nitrógeno, fósforo y azufre)

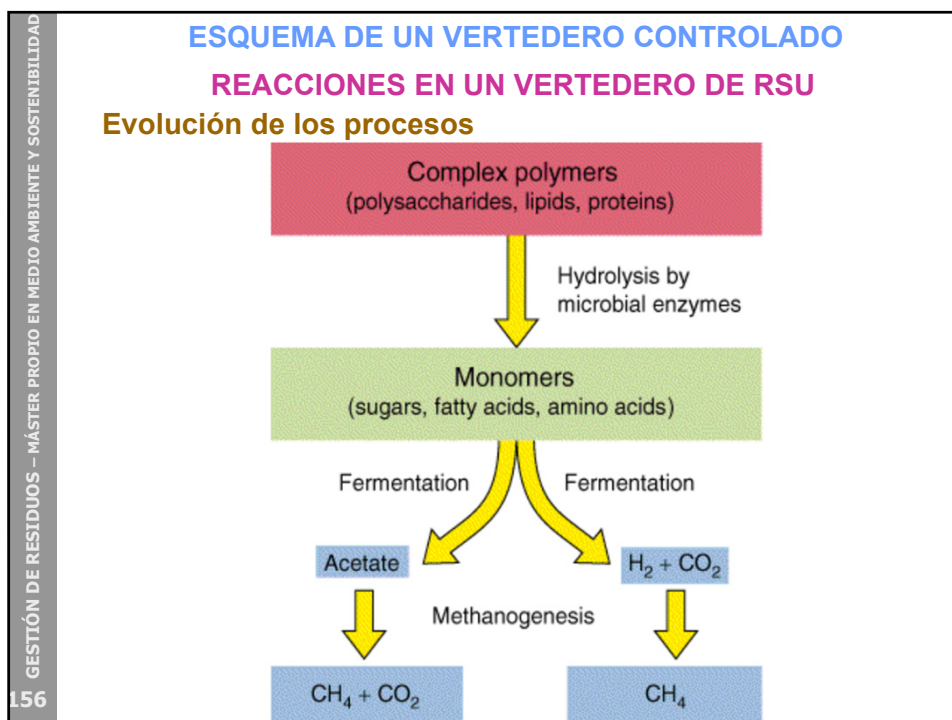
Reacciones de adsorción: enlaces físico-químicos entre especies químicas y partículas coloidales presentes en los residuos

Reacciones de complejación

Reacciones ácido-base

Todas las reacciones (de carácter biológico o no) están condicionadas por:

- Naturaleza de los compuestos reactivos presentes
- Humedad, pH, temperatura y presión



GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS Y GASES

Balsas de lixiviados y redes de desviación de aguas de lluvia
Pozos de captación de los gases

Composición de los lixiviados
Constituido por el líquido que entra en el vertedero desde **fuentes externas** (lluvia, aguas subterráneas, drenaje superficial) y el **liquido producido procedente de la descomposición de los residuos** (que contiene materia orgánica bio y no biodegradable, nutrientes, sales y metales)

Es necesario un **tratamiento de los lixiviados**

L57

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO
CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS Y GASES

Composición (RSU - biogás)

Metano	45-60%
Dióxido de carbono	40-60%
Nitrógeno	2-5%
Oxígeno	0,1-1%
Compuestos de azufre (sulfuros, mercaptanos)	0-1%
Amoniaco	0,1-1%
Hidrógeno	0-0,2%
Monóxido de carbono	0-0,2%
Compuestos traza (COV)	0,01-0,06%
Tolueno, diclorometano, etilbenceno, acetona	0,01-0,06%

Tratamiento
Destrucción térmica completa con recuperación de energía (alto poder calorífico) para producción de electricidad

L58

159 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO CIERRE Y SELLADO DEL VERTEDERO

Incorporación de una **cobertura final** para:

- Asegurar la inmovilidad de los residuos depositados
- Impedir el contacto con el medio exterior

Consta de:

- Colocación sobre la última capa de residuos de una **capa de arcilla**
- Colocación de una lámina **geotextil** (PE)
- Colocación de otra **capa de arcilla**
- Colocación de una **capa drenante** de grava que recoge los lixiviados procedentes de las capas superiores
- Colocación opcional de una **capa de geotextil**
- Remate de la capa superior del depósito con una **capa de tierras** que permite reducir la erosión e infiltraciones de aguas de lluvia y minimizar el impacto paisajístico

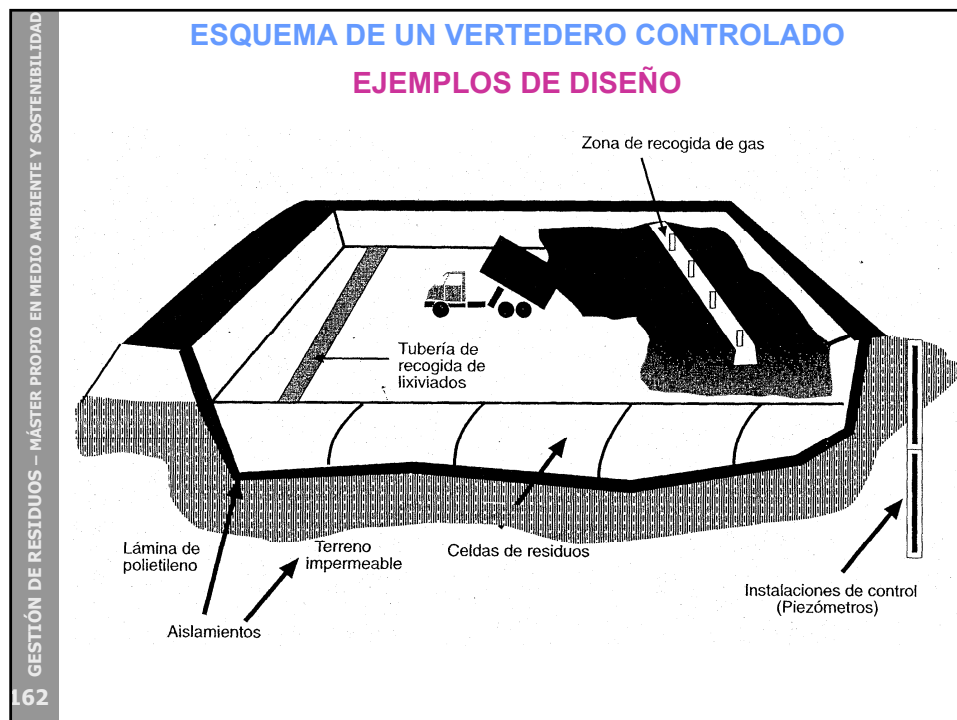
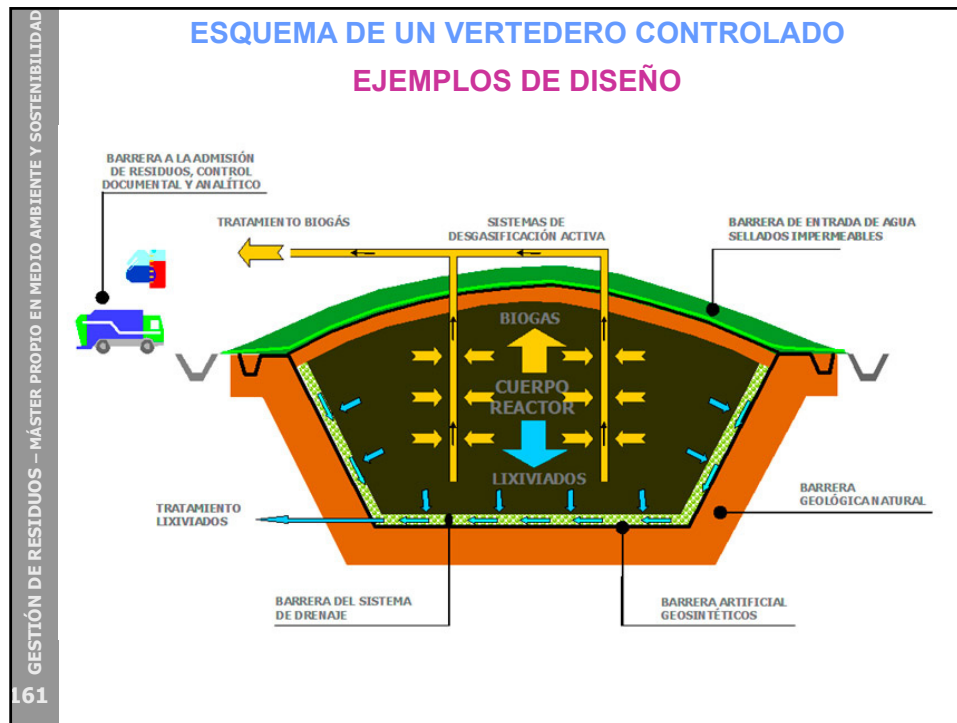
160 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO CIERRE Y SELLADO DEL VERTEDERO

El diagrama muestra la estructura de la cobertura superior de un depósito de residuos peligrosos (RP) con las siguientes capas y características:

- Cubierta superior de tierra:** Espesor > 1 m. Función: Capa de soporte vegetal.
- Filtro geotéxtil:** Función: Filtro geotéxtil.
- Material filtrante (gravas, arenas):** Espesor > 0,5 m. Función: Drenaje lateral.
- Membrana flexible, HDPE:** Función: Capa barrera.
- Arcilla compactada por capas de baja permeabilidad:** Permeabilidad $K \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Espesor 5/3 m. Función: Capa mineral.
- Membrana flexible, HDPE:** Función: Capa barrera.
- Material filtrante (gravas, arenas):** Función: Drenaje de gases.
- Cobertura de suelo:** Función: Capa sub-base.
- Residuos:** El material a ser depositado.

FIGURA 7.8. Cobertura superior de un depósito de RP.



163 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO EJEMPLOS DE DISEÑO

Cómo contamina un relleno sanitario | Existen elementos críticos para la seguridad de un relleno: la cobertura superior, la base y el sistema recolector de lixiviados.]

1 LA COBERTURA SUPERIOR

Cuando un relleno se completa, se lo cubre con un sistema multicapa en forma de cúpula, para evitar la acumulación de agua de lluvia y el filtrado de la misma.

- 1 - Suelo para vegetación
- 2 - Tierra compactada
- 3 - Arena
- 4 - Residuos

2 BASE DEL RELLENO

La barrera geotéxtil (arcilla) puede fisurarse, permitiendo el paso de los lixiviados hacia las napas freáticas.

La membrana plástica (PEAD) puede ser alterada por la acción de químicos propios de los residuos o de la descomposición de ellos.

Los recursos naturales y la energía empleada en fabricar bienes de consumo no vuelven a los ciclos naturales porque la biodegradación se ve limitada y cuando ocurre, los nutrientes no ingresan al suelo.

Corte de un relleno sanitario cubierto

EMISIONES TÓXICAS

EMISIONES TÓXICAS

EMISIONES TÓXICAS

EMISIONES TÓXICAS

Los rellenos emiten mezclas de gases como metano, dióxido de carbono, tolueno, benceno, cloruro de vinilo, etc. Algunas de estas sustancias son tóxicas, cancerígenas o provocan el efecto invernadero.

3 RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS

Los sistemas de recolección de lixiviados a menudo fallan y se contaminan el suelo y las aguas subterráneas con plomo, cadmio, níquel, arsénico y otros metales.

Sistema de cañerías
Conducen a la planta de tratamiento. El tratamiento de los líquidos lixiviados no elimina las sustancias tóxicas, que igualmente terminan contaminando las aguas subterráneas, los ríos y el suelo.

164 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

ESQUEMA DE UN VERTEDERO CONTROLADO EJEMPLOS DE DISEÑO

Se debe de todo el terreno para evitar la entrada de animales y personas. Los residuos deben estar a disposición del público y en forma de pilas.

Se debe de todo el terreno para evitar la entrada de animales y personas. Los residuos deben estar a disposición del público y en forma de pilas.

Se debe de todo el terreno para evitar la entrada de animales y personas. Los residuos deben estar a disposición del público y en forma de pilas.

Se debe de todo el terreno para evitar la entrada de animales y personas. Los residuos deben estar a disposición del público y en forma de pilas.

Se debe de todo el terreno para evitar la entrada de animales y personas. Los residuos deben estar a disposición del público y en forma de pilas.

ZONA DE VERTIDO

REPOSICIÓN DE COBERTURA VEGETAL

Sistema de recuperación de gases

Recubrimiento con tierra vegetal

Capa impermeable de tierra

Residuos sólidos urbanos

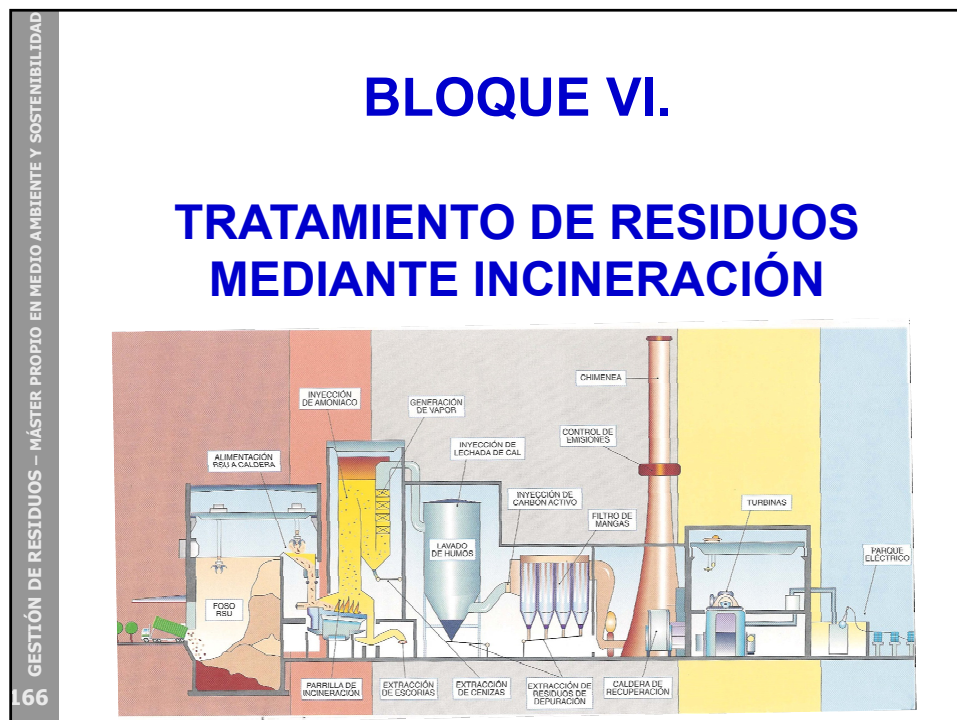
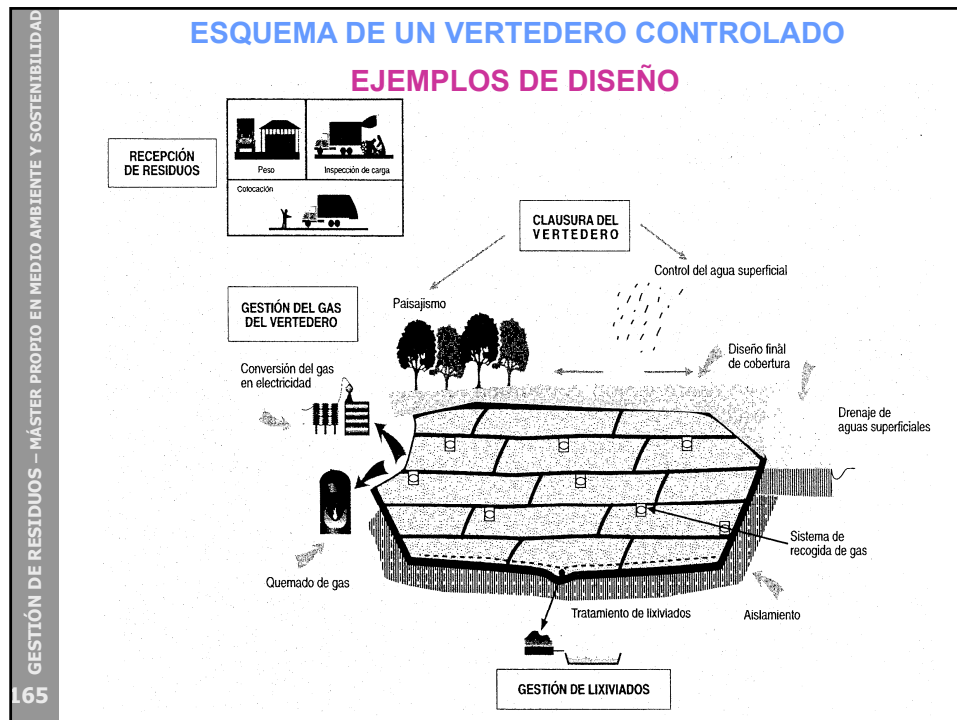
Acciones o recubrimiento final

Recubrimiento diario con tierra y material impermeable

Drenaje para los líquidos lixiviados

Tubo de evacuación de lixiviados

Chimeneas salida de gases



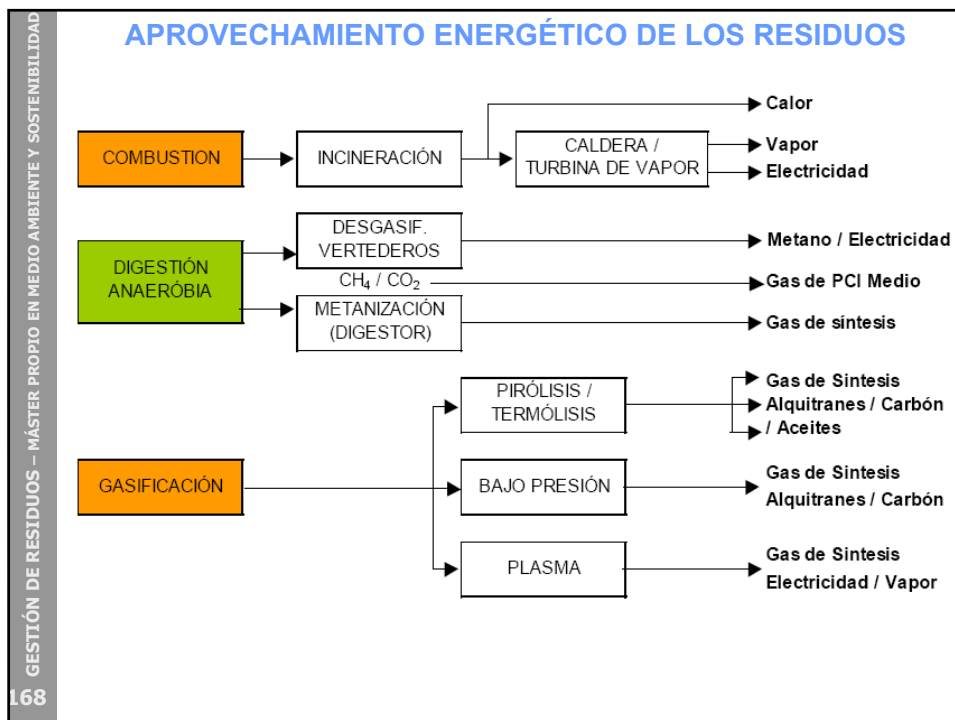
GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

BLOQUE VI. TRATAMIENTO DE RESIDUOS MEDIANTE INCINERACIÓN

- **INCINERACIÓN**
 - CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN
 - VENTAJAS Y DESVENTAJAS
 - RESIDUOS INCINERABLES
 - PARÁMETROS DE CONTROL
 - ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO

- **OTROS TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS URBANOS CON FINES ENERGÉTICOS - GASIFICACIÓN**
 - FERMENTACIÓN ANAEROBIA
 - PIROLISIS/TERMOLISIS
 - GASIFICACIÓN

167



16 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

CARÁCTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN

Procesamiento térmico de los residuos sólidos (urbanos o peligrosos) mediante oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno para transformarlos idealmente a CO₂ y H₂O

La eficacia de transformación de la materia orgánica combustible requiere **niveles de destrucción elevados**, especialmente para residuos peligrosos (99,99%) → etapa de combustión secundaria (1000-1100 °C, 1-2 s)

Los productos finales incluyen **gases calientes** de combustión y rechazos no combustibles (**cenizas o escorias**)

Se puede **recuperar energía** mediante el intercambio del calor procedente de los gases calientes de combustión

Aprovechamiento energético significativo para RSU
Poder calorífico de RSU: 1800-2000 kcal/kg

Se consigue **reducir el volumen original** de la fracción combustible entre un 90-95%

170 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

Los componentes de los residuos son **destruidos**

El **volumen** y el peso de los residuos se **reduce** de forma muy significativa de manera inmediata

Posibilidad de **recuperación de energía** (ahorro de otros recursos energéticos: carbón, petróleo, etc.)

Posibilidad de tratamiento de **numerosos tipos de residuos** (urbanos y/o peligrosos) si su poder calorífico es adecuado

Posibilidad de implantación **cerca del núcleo urbano**

Escasa utilización de **terrenos** (respecto a vertedero)

Su funcionamiento no está afectado por ningún tipo de condiciones meteorológicas

Adecuación para la eliminación de **lodos de aguas residuales**

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Desventajas

Algunos **materiales no son incinerables**

No es un sistema de eliminación total de los residuos; es necesario un vertedero para el **depósito de las cenizas**

Requiere una **alta inversión económica** y los **costes** de operación son **elevados**

La justificación económica deberá considerarse frente a la eliminación del coste de transporte que pudiera suponer la utilización de otro sistema de tratamiento

Se generan **gases y partículas en suspensión** que deben ser gestionados adecuadamente

Precisan (en mayor o menor grado) **aporte de energía** para la operación a temperaturas elevadas (gas natural o propano)

Posibilidad de **paros y averías**, por lo que se necesita un sistema de tratamiento alternativo

171

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

RESIDUOS INCINERABLES

Un residuo ideal para incineración es aquel que contenga una proporción de materia orgánica y baja de agua e inertes, de forma que pueda ser quemado sin el empleo de combustible adicional y con aprovechamiento del calor producido, para dar lugar a un residuo final cuyo volumen represente una pequeña fracción del de partida

```

graph LR
    R((RESIDUO)) --> E1(Estado y propiedades físicas)
    R --> E2(Análisis elemental e inmediato)
    R --> E3(Poder calorífico)
    R --> E4(Análisis de compuestos de alta peligrosidad y/o toxicidad)
    R --> E5(Cenizas)
    E1 --> B1[Estado físico  
Envasado  
Promoción de agua  
Viscosidad]
    E2 --> B2[Atención especial a elementos  
como N, S, P, Cl y otros  
Halógenos, metales pesados.]
    E4 --> B3[Establecer niveles de destrucción  
para compuestos como PCB,  
clorofenoles, PAH, cianuros, etc.]
    E5 --> B4[Fusibilidad  
Constituyentes metálicos]
  
```

172

FIGURA 6.1. Esquema de caracterización de un residuo incinerable.

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN
RESIDUOS INCINERABLES

Residuos Sólidos Urbanos

Residuos Peligrosos

Adsorbentes	Aceites
Barnices	Breas y ceras
Disolventes	Resinas
Embalajes contaminados por residuos orgánicos	
Grafitos	Grasas
Hidrocarburos	Insecticidas
Látex	Pinturas
PCBs	Taladrinas
Productos orgánicos resultantes de síntesis	

No incinerables

Explosivos	Radioactivos	No orgánicos
------------	--------------	--------------

173

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN
PARÁMETROS DE CONTROL (3Ts)

Temperatura (depende del tipo de compuestos presentes en los residuos y afecta al grado de combustión y a la formación de subproductos de reacción perjudiciales, típicamente las temperaturas oscilan entre 900-1000 °C)

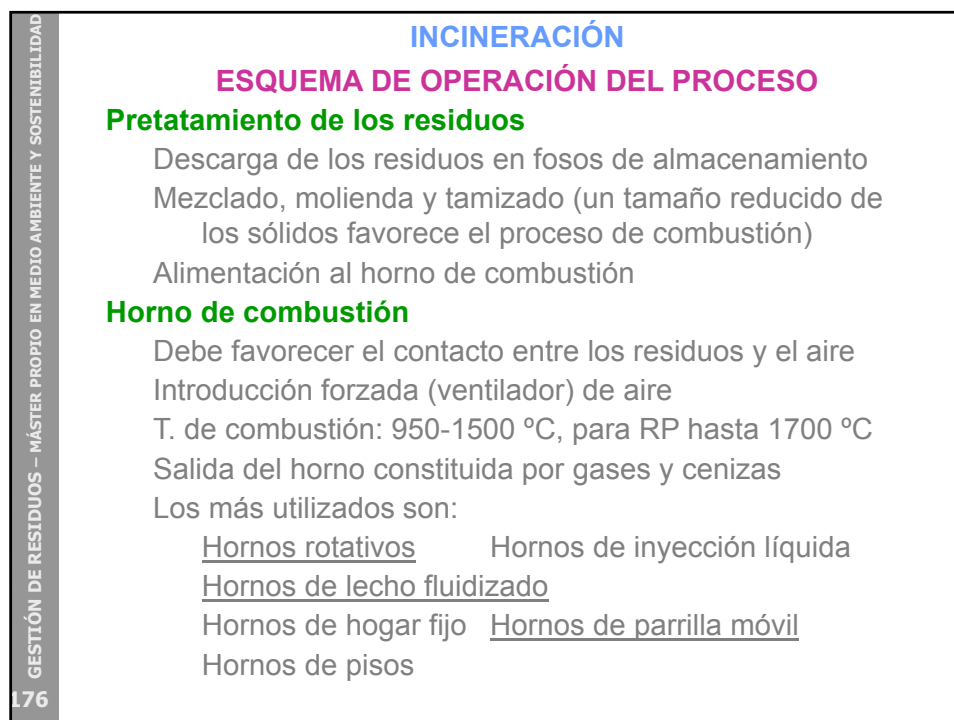
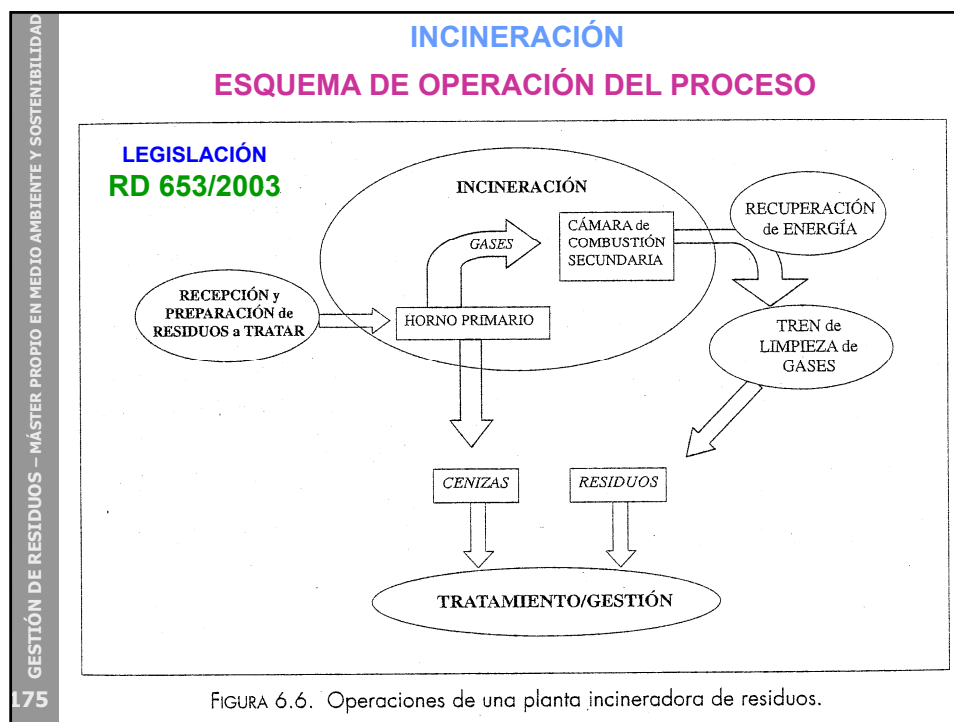
Tiempo de residencia de los residuos en contacto con el oxígeno dentro de la cámara de incineración y grado de mezcla (**turbulencia**)

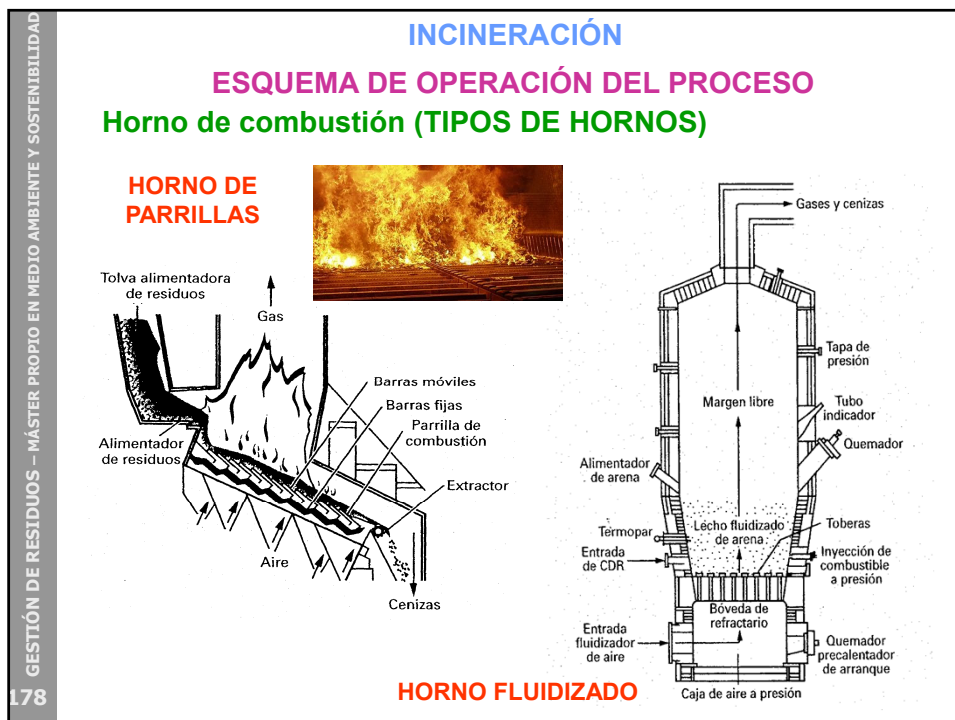
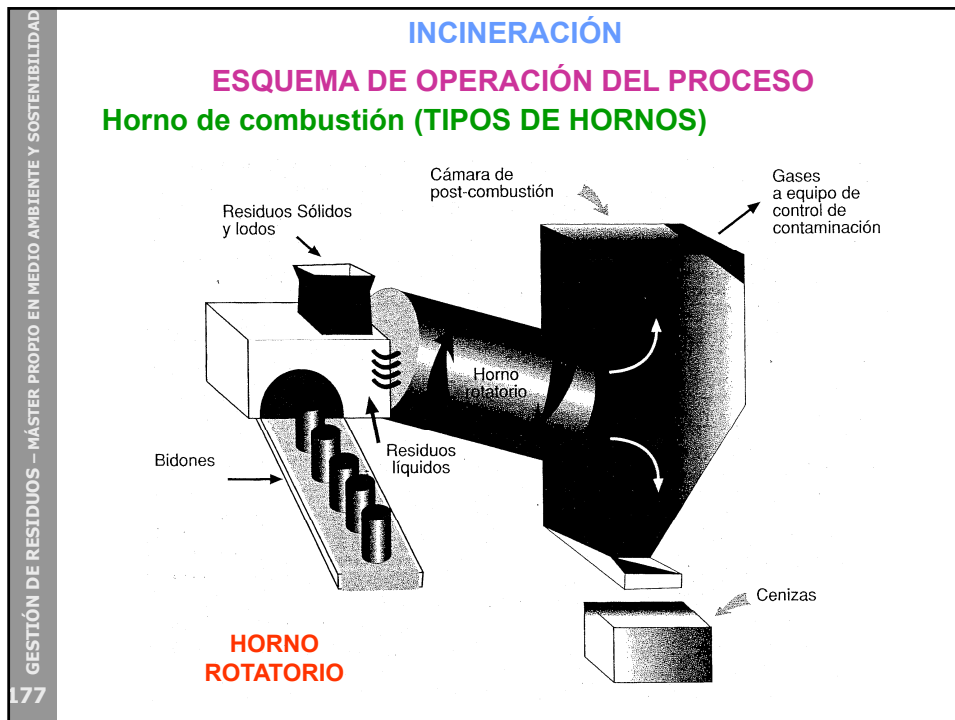
Relación entre las cantidades de oxígeno y residuos a incinerar (operación con exceso de oxígeno para asegurar la combustión)

Estado (físico) de agregación de los residuos (condiciona el tipo de reactor utilizado y las operaciones de manejo y manipulación de los residuos a incinerar)

Composición (afecta a la temperatura de combustión del residuo, el poder calorífico, la composición de los residuos de la operación y el tipo de tratamiento de dichos residuos)

174





GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO

Cámara de post-combustión

Completar la combustión de los gases de salida
Adición de exceso de aire y combustible suplementario
Temperatura: 1000-1200 °C

Recuperación de calor

Precalentamiento del aire alimentado como combustible
Producción de vapor sobrecalentado (por intercambio de calor entre los gases de combustión y agua)
Producción de energía a partir del vapor sobrecalentado mediante turbinas (problemática de corrosión del equipamiento en residuos peligrosos)
Salida de los gases a 200° C hacia el sistema de depuración
Si los gases no se utilizan para producir energía deben enfriados con agua (hasta 200 °C)

179

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

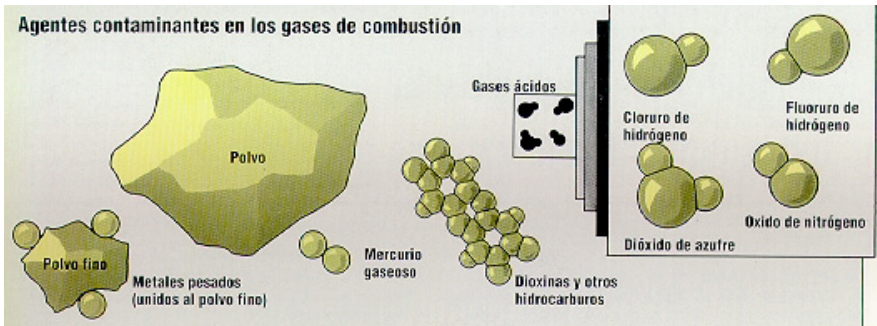
INCINERACIÓN

ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO

Control de emisiones contaminantes (gases + cenizas)

CONTAMINANTES ORIGINADOS EN LA INCINERACIÓN

Agentes contaminantes en los gases de combustión



Polvo

Polvo fino

Metales pesados (unidos al polvo fino)

Mercurio gaseoso

Dioxinas y otros hidrocarburos

Gases ácidos

Cloruro de hidrógeno

Fluoruro de hidrógeno

Dióxido de azufre

Oxido de nitrógeno

180

181 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO

Control de emisiones contaminantes (gases)

Óxidos de nitrógeno (NO_x: NO + NO₂): se generan por reacción entre N₂ y O₂ a alta temperatura. Se eliminan por reducción con amoníaco (reducción selectiva no catalítica)

Óxidos de azufre (SO_x): se forma por la combustión de materiales que contienen azufre. Se depuran con hidróxido cálcico vía seca o húmeda (absorción). Tb para NO_x

Cloruro de hidrógeno (HCl): se elimina por absorción vía húmeda con una base (hidróxido cálcico o sódico). Es importante su conversión a Cl₂ (de mayor toxicidad y complejidad de eliminación). Menos común: HBr, HI

Metales (volátiles): problema asociado fundamentalmente al Hg (ebullición a 329 °C). Se eliminan con lechada de cal

Dioxinas y furanos: debido a la presencia de cloro en los residuos. Se eliminan por adsorción con carbón activo o enfriamientos bruscos de la corriente gaseosa (<250 °C)

182 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

INCINERACIÓN

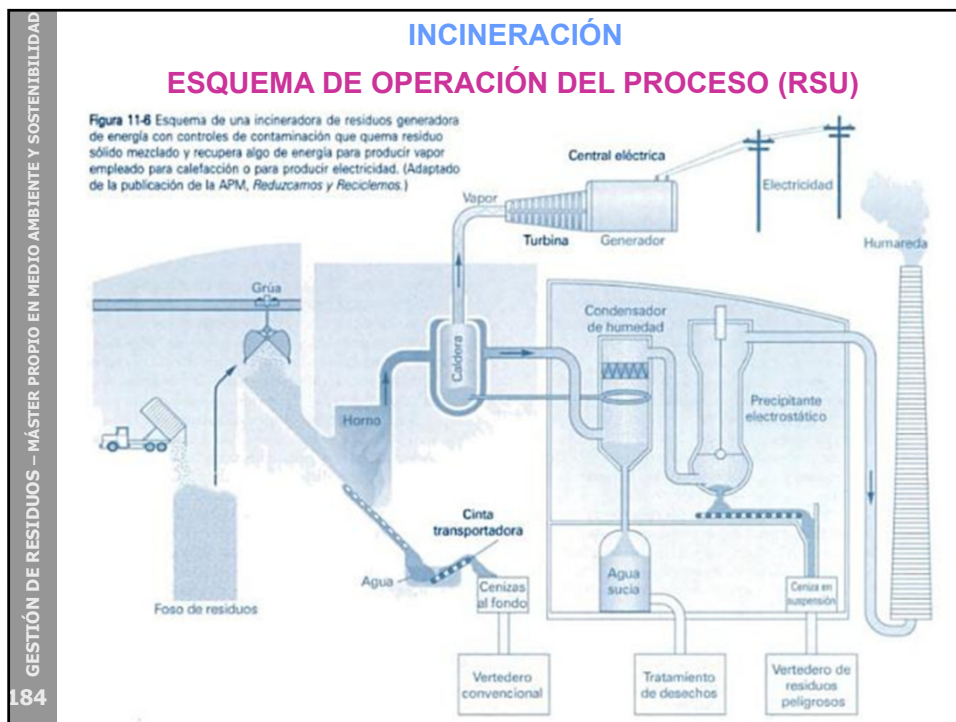
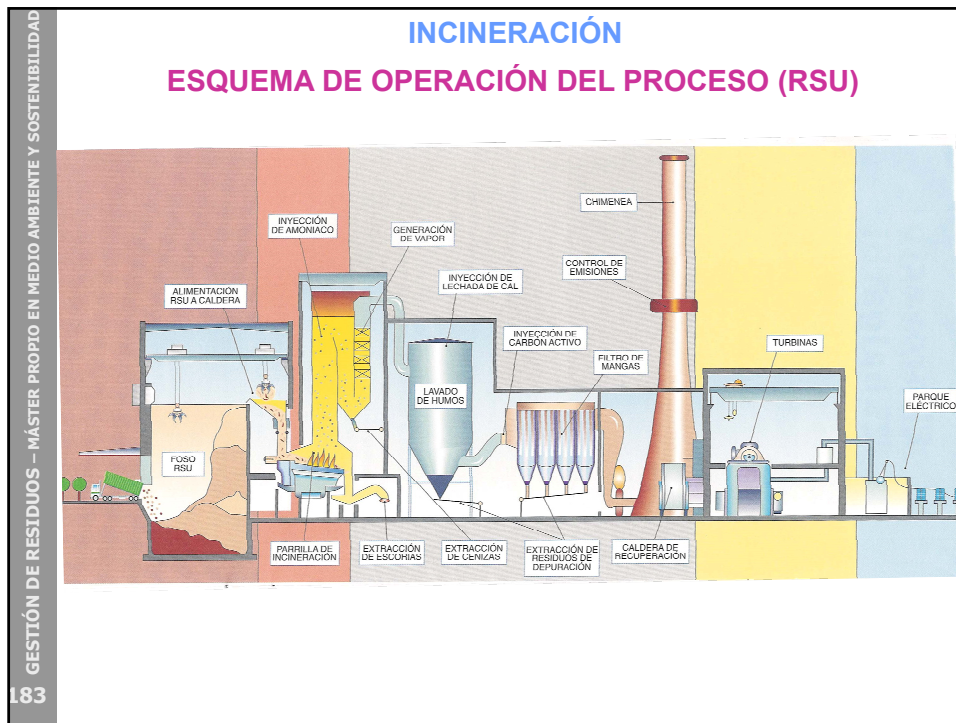
ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO

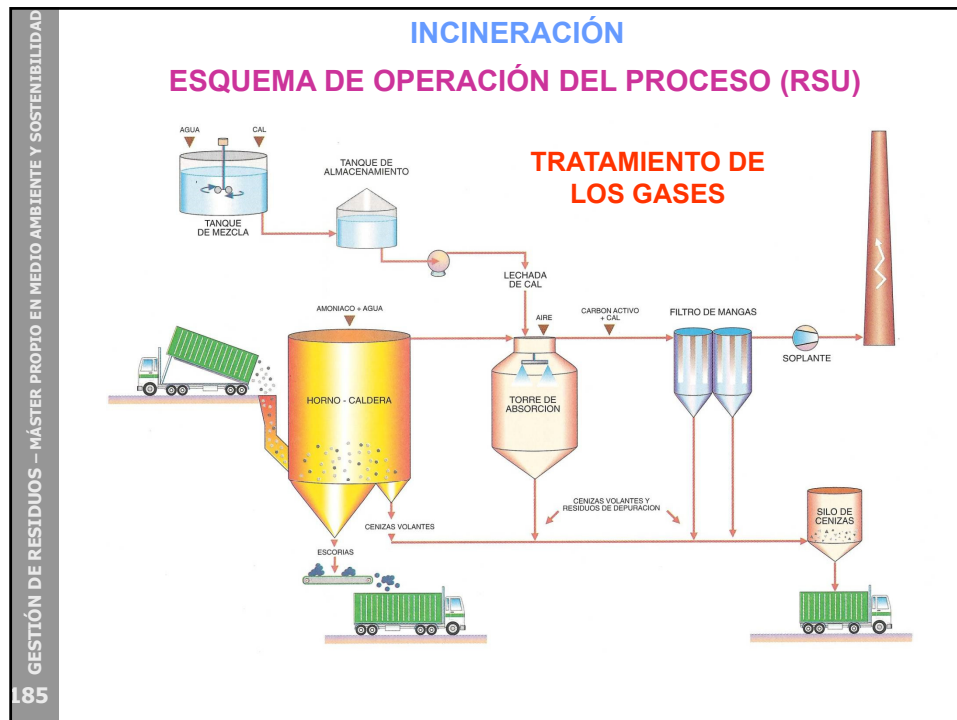
Control de emisiones contaminantes (cenizas)

Recolección en tolvas situadas en los hornos de combustión (cenizas fijas) y sistemas de separación de partículas (cenizas volantes)

Cenizas fijas: son las más importantes en volumen (80-95%)
Constituidas por SiO₂, Al₂O₃, sulfatos, y cloruros metálicos
Tratamiento en vertedero como residuo inerte o peligroso (vertedero de seguridad), dependiendo del contenido en metales y su toxicidad (Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, y Hg)
Tratamiento eficaz: vitrificación 1200-1300 °C

Cenizas volantes (15-35%, 1µm-1mm)
Se forman por combustión incompleta de los residuos y por arrastre mecánico de materiales no combustibles
Pueden retener dioxinas o mercurio en su estructura
Se separan con filtros de mangas, ciclones o precipitadores electrostáticos





OTROS TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS URBANOS CON FINES ENERGÉTICOS - GASIFICACIÓN

FERMENTACIÓN ANAEROBIA o BIOGASIFICACIÓN

Es la **transformación de la materia orgánica** por medio de bacterias y en ausencia de oxígeno (**biogás**) y una fracción sólida de calidad inferior que el compost

El proceso se lleva a cabo de **forma controlada** (a diferencia del vertedero) en digestores anaerobios

El biogás está constituido fundamentalmente por **metano** (50-60%) y dióxido de carbono (30-40%) y otros componentes (<5%) como H_2O , H_2 , O_2 , H_2S e hidrocarburos (clorados)

Utilización del biogás (alto poder calorífico debido al CH_4)

Producción de electricidad utilizando motores o turbinas

Producción de calor en calderas

Introducción del biogás a la red de distribución de gas natural

Empleo como combustible para vehículos

186

GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

187 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

OTROS TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS URBANOS CON FINES ENERGÉTICOS

PIROLISIS /TERMOLISIS

Descomposición térmica (400-550 °C **termólisis**; 800-1100 °C **pirolisis**) de la materia orgánica en **ausencia o con defecto de oxígeno** (*ejemplo*: residuos plásticos)

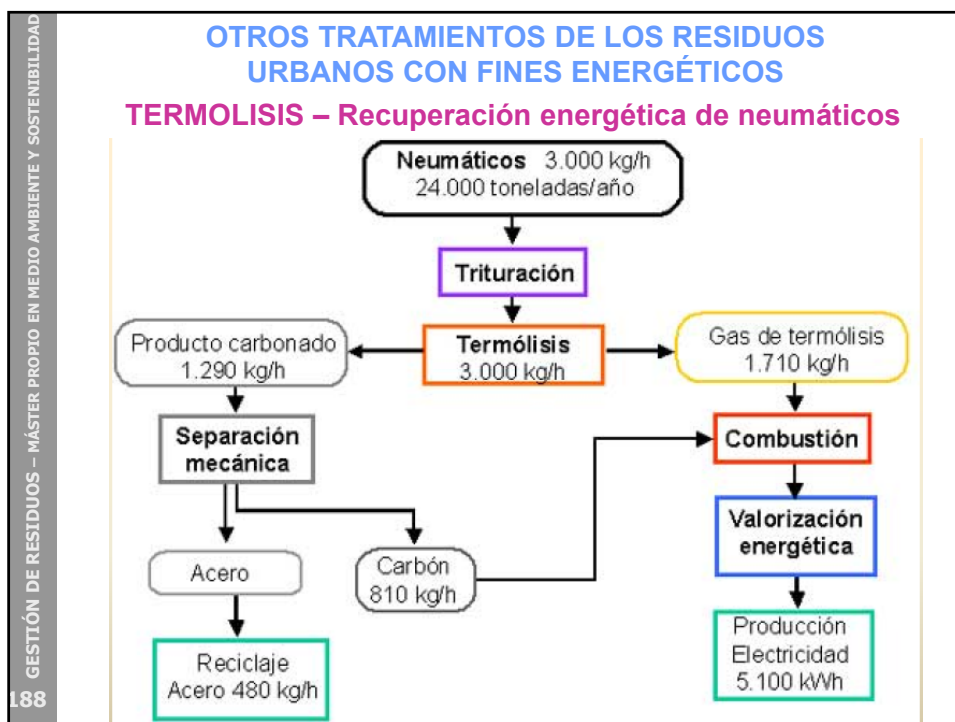
Se generan como productos:

- Mezcla de **gases** formada por hidrocarburos, CO, CO₂ e H₂
- Mezcla de **líquidos** formado por hidrocarburos condensables y con valor añadido elevado
- Un **residuo carbonoso** denominado *char* constituido por carbón con elementos inertes no pirolizables

Los rendimientos hacia los diferentes productos dependen de las condiciones de operación (tipo de reactor, tamaño del residuo alimentado y tiempo de residencia)

Inconvenientes

- Gasificación parcial (residuos no gasificados completamente)
- Sub-productos contaminantes (dioxinas y furanos) y no comercializables



189 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

OTROS TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS URBANOS CON FINES ENERGÉTICOS

GASIFICACIÓN

Proceso de **combustión parcial** (con **defecto de oxígeno y/o vapor de agua**) de los residuos orgánicos a temperaturas elevadas (900-1500 °C)

Se genera **gas** rico en CH₄, CO, H₂ e hidrocarburos saturados, mezcla de **líquidos** condensables y un **material carbonoso** de características similares a los de la pirólisis

189

190 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

OTROS TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS URBANOS CON FINES ENERGÉTICOS

GASIFICACIÓN

La materia orgánica se gasifica formando gas de síntesis con un alto contenido de H₂ y CO (85-90%)

APLICACIONES DEL GAS DE SÍNTESIS

190

191 GESTIÓN DE RESIDUOS – MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD





Universidad
del País Vasco Euskal Herriko
Unibertsitatea



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura
Hezkuntza
Zentzua eta Kulturaren
Nazio Batuen Erakundeak

MÁSTER PROPIO EN MEDIO AMBIENTE, SOSTENIBILIDAD Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

MATERIA

Educación, Sostenibilidad y Calidad de Vida

GESTIÓN DE RESIDUOS

Rubén López Fonseca
Departamento de Ingeniería Química
Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco UPV/EHU
ruben.lopez@ehu.es
www.ehu.es/tqsa