

# Tema 8.

# CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS

# SÓLIDOS

MÓDULO III  
CONTAMINACIÓN, EQUIPOS/PROCESOS DE DEPURACIÓN Y  
ELIMINACIÓN

Fundamentos de Ingeniería Ambiental.  
Elisabet Segredo Morales  
Oliver Díaz López  
Enrique González Cabrera

## Tema 8.

Tipos de residuos sólidos.

Problemática de los residuos sólidos

Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos.

Ejemplos de plantas de tratamiento de RSU.

Fundamentos de Ingeniería Ambiental.

Elisabet Segredo Morales

Oliver Díaz López

Enrique González Cabrera

# Introducción

---

## ¿Qué es un residuo?

- Según la RAE:  
2. Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo. 3. Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
- Según la Ley 07/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular

**Residuo:** cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar

**Residuo peligroso:** residuo que presenta una o varias características de peligrosidad enumeradas en el anexo I y aquél que sea clasificado como peligroso por el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte. También se comprenden en esta definición los recipientes y envases que contengan restos de sustancias o preparados peligrosos o estén contaminados por ellos, a no ser que se demuestre que no presentan ninguna de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I.



# Introducción

---

## Ley 07/2022, de 8 de abril, de Residuos y suelos contaminados para una economía circular:

Adapta a la legislación española a las normativas europeas, trata sobre:

- Economía circular y prevención de residuos:

Promueve la reducción, reutilización y el reciclaje de residuos con el fin de alargar la vida útil de los productos. Establece principios de economía circular para evitar la generación de residuos y mejorar la eficiencia de los recursos. Fomenta la prevención en la generación de residuos como la prioridad en la jerarquía de la gestión de residuos.

- Responsabilidad ampliada al productor:

Establece la responsabilidad de los productores de productos para asegurar que asuman la gestión de los residuos generados por sus productos al final de su vida útil. Esto incluye la recogida, tratamiento y reciclaje de los mismos. Introduce la responsabilidad ampliada en sectores como el de envases, electrodomésticos, neumáticos, y otros productos



# Introducción

---

## Ley 07/2022, de 8 de abril, de Residuos y suelos contaminados para una economía circular:

- Gestión de Residuos y Reciclaje:

Regula los sistemas de gestión de residuos, impulsando la separación y clasificación de los residuos para facilitar su reciclaje. Establece objetivos ambiciosos de reciclaje, como la reducción del vertido de residuos y la promoción de la reutilización. Fomenta el reciclaje en origen y la creación de infraestructuras para el tratamiento adecuado de los residuos.

- Suelos Contaminados:

Regula la identificación, prevención y restauración de suelos contaminados, con el fin de prevenir los efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente. Establece criterios y procedimientos para declarar un suelo como contaminado y llevar a cabo su limpieza y recuperación.

- Prohibición de Vertido y Incineración:

Establece una prohibición progresiva del vertido de residuos reciclables y biodegradables, fomentando su valorización a través del reciclaje, la reutilización y otras formas de tratamiento. Se reducen también los vertidos de residuos peligrosos e incentivando su gestión mediante tecnologías más limpias.



# Introducción

---

## Ley 07/2022, de 8 de abril, de Residuos y suelos contaminados para una economía circular:

- **Transparencia y Control:**

Se refuerzan los mecanismos de control, seguimiento y fiscalización de la gestión de residuos a nivel nacional, autonómico y local. Establece medidas de información y comunicación pública sobre la gestión de residuos y la calidad ambiental de los suelos.

- **Incentivos y Financiación:**

Introduce incentivos económicos para las empresas que apuesten por la economía circular, la minimización de residuos y la reutilización. Se contempla también la financiación pública para proyectos de innovación en la gestión de residuos y recuperación de suelos contaminados.

- **Concienciación y Educación Ambiental:**

Promueve la educación ambiental y la sensibilización en la ciudadanía para fomentar hábitos de consumo responsable y la participación en la recogida selectiva de residuos.



# Introducción

---

## Ley 07/2022, de 8 de abril, de Residuos y suelos contaminados para una economía circular:

- Adaptación a la Normativa Europea:

Incorpora las directivas de la Unión Europea en materia de residuos y suelos contaminados, y establece normas para su cumplimiento en el territorio español.

- Directiva 2008/98/CE sobre residuos (modificada por la Directiva 2018/851/UE)
- Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)
- Directiva 94/62/CE sobre envases y residuos de envases (modificada por la Directiva 2018/852/UE)
- Directiva 2000/53/CE sobre vehículos al final de su vida útil (modificada por la Directiva 2005/64/CE)
- Directiva 2006/66/CE sobre baterías y acumuladores y los residuos de baterías y acumuladores
- Directiva 2004/35/CE sobre la responsabilidad medioambiental en lo que respecta a la prevención y reparación de daños medioambientales
- Directiva 2004/35/CE sobre la responsabilidad medioambiental en lo que respecta a la prevención y reparación de daños medioambientales
- Directiva 2019/904/UE sobre plásticos de un solo uso
- Directiva 2003/35/CE sobre el acceso del público a la información medioambiental y la participación pública en la toma de decisiones



# Tipos de residuos sólidos

## Clasificación de residuos

- Según sus características físico-químicas
  - Sólidos
  - Líquidos
  - Lodos/fangos
  - Pastosos
  - Radiactivos
- Según su origen
  - Sólidos urbanos
  - Comerciales
  - Industriales
  - Agropecuarios
  - Construcción y demolición
  - Sanitarios
  - Mineros
  - Etc.
- Según su peligrosidad
  - Peligrosos
  - Inertes
  - Biocontaminados
  - No peligrosos
  - Radiactivos
  - Infecciosos



# Tipos de residuos sólidos

## Clasificación de residuos

- Según sus posibles tratamientos

Fermentables  
Reciclables  
Valorizables  
Inertizables

- Según flujos temáticos

Aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)  
Vehículos al final de su vida útil  
Neumáticos  
Envases y embalajes  
Construcción y demolición  
PVC  
Etc.



# Tipos de residuos sólidos

---

## Separación de residuos

El artículo 25 de la Ley 07/2022 establece que:

*Para facilitar la preparación para la reutilización y el reciclado de alta calidad, de conformidad con los artículos 24.2 y 24.3, las entidades locales establecerán la recogida separada de, al menos, las siguientes fracciones de residuos de competencia local:*

- *El papel, los metales, el plástico y el vidrio.*
- *Los biorresiduos de origen doméstico antes del 30 de junio de 2022 para las entidades locales con población de derecho superior a cinco mil habitantes, y antes del 31 de diciembre de 2023 para el resto. Se entenderá también como recogida separada de biorresiduos la separación y reciclado en origen mediante compostaje doméstico o comunitario,*
- *Los residuos textiles antes del 31 de diciembre de 2024,*
- *Los aceites de cocina usados antes del 31 de diciembre de 2024,*
- *Los residuos domésticos peligrosos antes del 31 de diciembre de 2024, para garantizar que no contaminen otros flujos de residuos de competencia local,*
- *Los residuos voluminosos (residuos de muebles y enseres) antes del 31 de diciembre de 2024, y*
- *Otras fracciones de residuos determinadas reglamentariamente.*
- *Entre los modelos de recogida de las fracciones anteriores que establezcan las entidades locales se deberán priorizar los modelos de recogida más eficientes, como el puerta a puerta o el uso de contenedores cerrados o inteligentes que garanticen ratios de recogida similares*



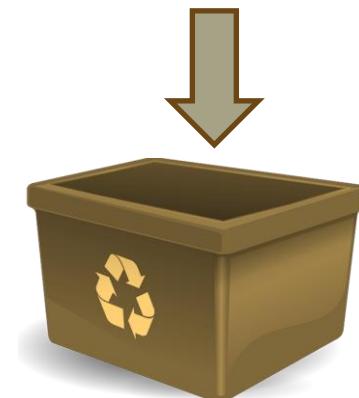
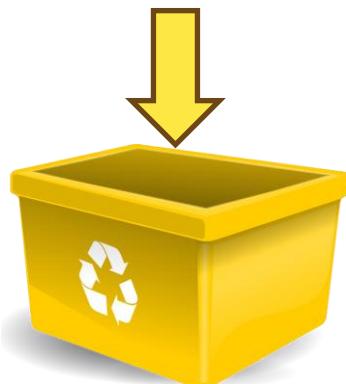
# Tipos de residuos sólidos

## Separación de residuos

El artículo 25 de la Ley 07/2022 establece que:

- **Para 2035, el porcentaje de residuos municipales recogidos separadamente será como mínimo del 50 % en peso del total de residuos municipales generados.**

- Botellas de plástico
- Bolsas de plástico
- Tapas y tapones de plástico
- Recipientes de plástico
- Latas
- Bricks
- Envases de madera



- Materiales de papel y cartón como:
  - Revistas y periódicos
  - Envases de cartón
  - Papel de envolver

- Botellas de vidrio
- Frascos de vidrio

- Restos de alimentos (pieles de frutas, plantas, cáscaras de huevos, o servilletas y papel de cocina usados)



# Tipos de residuos sólidos

## Domésticos

- Generados en hogares
- Aparatos eléctricos y electrónicos
- Procedente de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas
- Similares a los generados en hogares en servicios e industrias
- Animales domésticos muertos
- Vehículos abandonados

## Comerciales

Generados en:

- Comercios
- Restaurantes
- Bares
- Oficinas
- Mercados

## Industriales

## Peligrosos

# Tipos de residuos sólidos

## Residuos sólidos peligrosos

- Según el Anexo I de la Ley 07/2022, las características que permiten clasificar un residuo como peligroso son:
  - HP 1 Explosivo: residuos que por reacción química pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidades tales que pueden ocasionar daños en su entorno.
  - HP 2 Comburente: residuos que pueden provocar o facilitar la combustión de otras sustancias.
  - HP 3 Inflamables: líquidos o sólidos inflamables, residuos que reaccionan en contacto con el agua u otros residuos inflamables (por ejemplo: aerosoles inflamables).
  - HP 4 Irritante: residuos que cuando se aplican pueden provocar irritaciones cutáneas o lesiones oculares.
  - HP 5 Toxicidad específica en determinados órganos.
  - HP 6 Toxicidad agua: aquellos que pueden provocar efectos tóxicos por administración oral, cutánea o por inhalación.
  - HP 7 Carcinógeno: que pueden provocar cáncer o aumentar su incidencia.



# Tipos de residuos sólidos

## Residuos sólidos peligrosos

- Según el Anexo I de la Ley 07/2022, las características que permiten clasificar un residuo como peligroso son:
  - HP 8 Corrosivo: residuos que cuando se aplican pueden provocar corrosión cutánea.
  - HP 9 Infeccioso: residuos que contienen microorganismos cibales, 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.
  - HP 10 Tóxico para la reproducción: residuos que tienen efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos, así como en el desarrollo de los descendientes.
  - HP 11 Mutagénico: residuos que pueden provocar un cambio permanente en la estructura o cantidad del material genético de una célula.
  - HP 12 Liberación de un gas de toxicidad aguda
  - HP 13 Sensibilizante: residuos que contienen una o varias sustancias que se sabe tienen efectos sensibilizantes para la piel o los órganos respiratorios.
  - HP 14 Ecotóxico: residuos que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para uno o más compartimentos del medioambiente.



# Tipos de residuos sólidos

---

## Clasificación. Lista Europea de Residuos (LER)

- La Decisión de la comisión 2014/955/UE que modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos establece una clasificación armonizada para los residuos de aplicación en la UE.
- Asigna un código de 6 cifras que permite definir plenamente los residuos.
- Para un residuo en la lista se debe:
  1. Localizar la fuente que genera el residuo en los capítulos 01-12 o 17-20 y buscar el código apropiado de seis cifras para el residuo.
  2. Si no se encuentra ningún código apropiado en los capítulos indicados en el punto 1, se ha de acudir a los capítulos 13, 14 o 15 para localizarlo.
  3. Si aún así no se encuentra el residuo, habrá que ir al capítulo 16.
  4. Si tampoco se encuentra en el capítulo 16, se deberá utilizar el código 99 (residuos no especificados en otra categoría) en la parte de la lista que corresponde a la actividad identificada en el primer paso.



# Tipos de residuos sólidos

## Clasificación. Lista Europea de Residuos (LER)

### Paso 1.

Capítulo	Descripción
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 refino 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 tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos
13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05 y 12)
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 ropa 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)
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 depuración 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

# Tipos de residuos sólidos

## Clasificación. Lista Europea de Residuos (LER)

Ejemplo:

Código 14 06 01

Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los capítulos 07 y 08)

14 06 01\*

Clorofluorocarburos, HCFC, HFC

Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes de espuma y aerosoles orgánicos.

¿Todos los residuos incluidos en la lista LER son peligrosos?

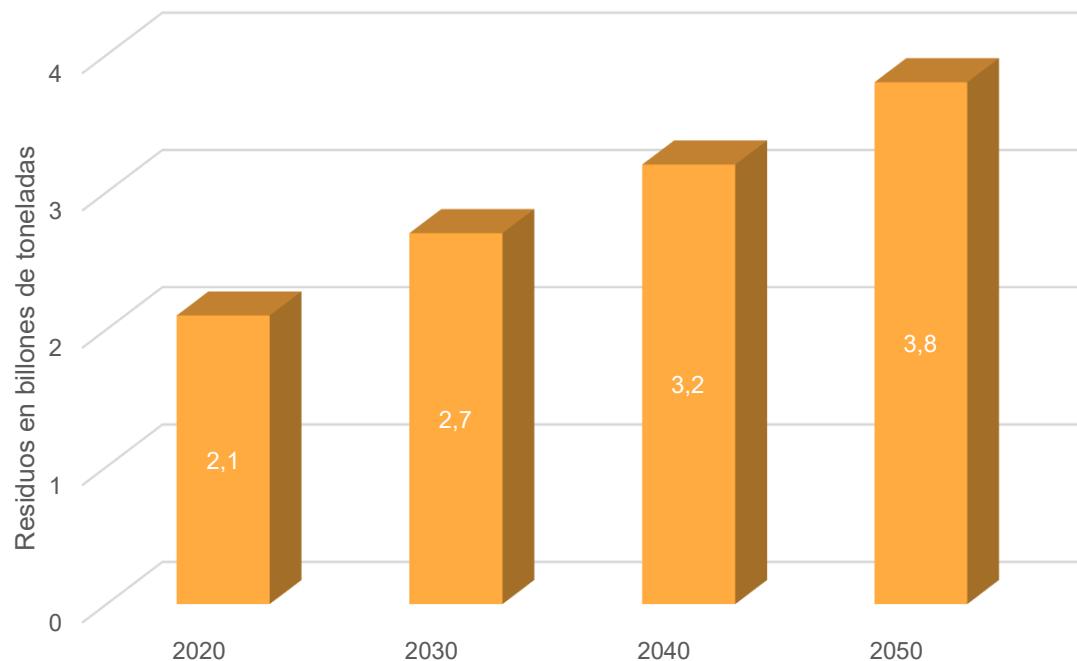
Sólo aquellos que incluyan un asterisco lo son, en el caso del ejemplo, se trata de un residuo considerado como peligroso



# Problemática de los residuos sólidos

## Producción mundial de residuos sólidos

Proyección de la generación de residuos sólidos municipales para los años 2030, 2040 y 2050, si no se llevan a cabo medidas.

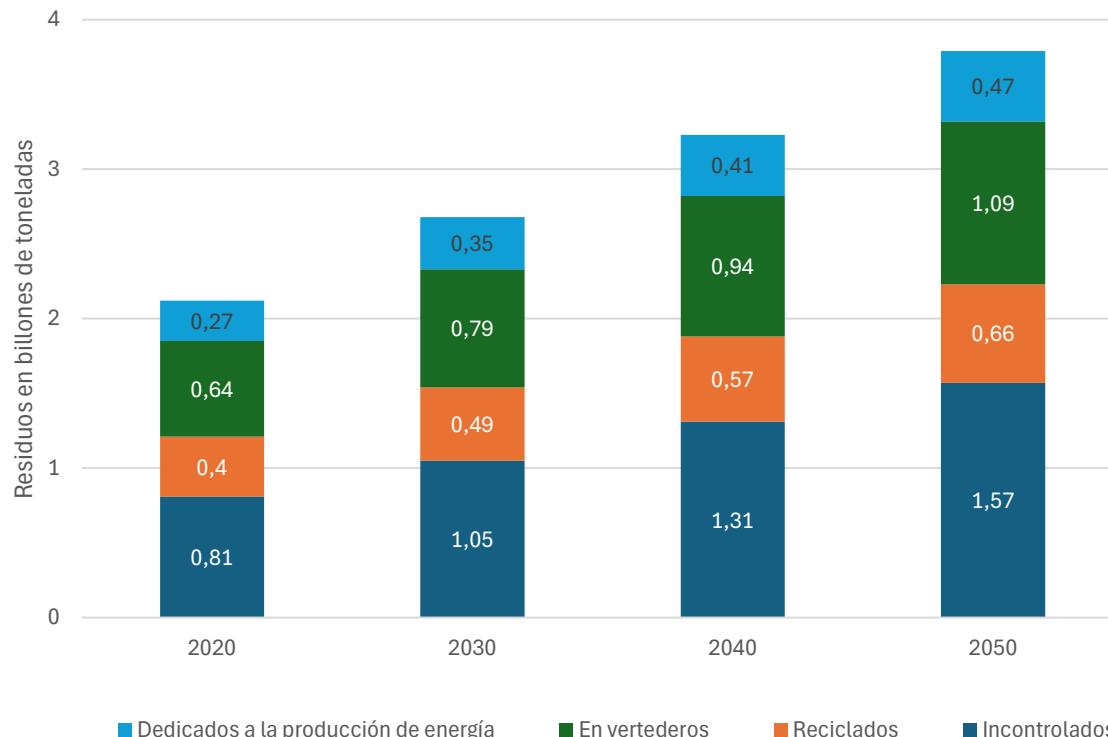


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Waste Management Outlook 2024. ISWA. UNEP



# Problemática de los residuos sólidos

## Producción mundial de residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Waste Management Outlook 2024. ISWA. UNEP



# Problemática de los residuos sólidos

## Producción de residuos sólidos en España (2022)

Residuos generados por tipo de residuo en el año 2022 en España en miles de toneladas

	Total	Tasa anual	No peligrosos	Tasa anual	Peligrosos	Tasa anual
Residuos generados	110104	-5,4	106650	-5,3	3454	-6,9
Minerales	43426	-7,7	42773	-7,8	652	-3,7
Residuos mezclados	38079	-6,7	38001	-6,6	78	-16,6
Animales y vegetales	9303	-2,6	9303	-2,6	--	--
Metálicos	5811	-3,8	5811	-3,8	--	--
Papel y cartón	4014	1,5	4014	1,5	--	--
Químicos	2612	2,1	1085	5,5	1527	-0,2
Vidrio	1407	9,6	1406	9,5	0,9	--
Equipos desechados	1359	-15,4	229	-12,8	1130	-15,9
Lodos comunes	1345	52,2	1345	52,2	--	--
Plásticos	1122	16,7	1122	16,7	--	--
Madera	1089	2,4	1089	2,4	0,5	-36,3
Otros	535	-4,7	471	-5,6	64	2,6

Tasa anual: porcentaje de reducción (-) o aumento (+) respecto al mismo dato del año anterior.



# Problemática de los residuos sólidos

---

## Producción de residuos sólidos en España (2022)

La economía española generó 110,1 millones de toneladas de residuos en 2022, un 5,4% menos que en el año anterior. De estos, 3,5 millones correspondieron a residuos peligrosos (un 6,9% menos que en 2021) y 106,6 millones a residuos no peligrosos (un 5,3% menos).

Las categorías de residuos generados más relevantes fueron los Minerales (43,4 millones de toneladas), los Mezclados (38,1 millones) y los de Animales y Vegetales (9,3 millones).

Las actividades que generaron mayor cantidad de residuos en el año 2022 fueron la Construcción (32,9% del total) y el Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación (21,4%).

Por sectores, los Residuos Minerales fueron originados principalmente por la Construcción (35,9 millones de toneladas, un 2,2% menos que en 2021) y la Industria (5,8 millones de toneladas, un 33,7% menos). Y los Residuos Mezclados por el Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación (16,7 millones, un 14,9% menos que en el año anterior).



# Problemática de los residuos sólidos

---

## Producción de residuos sólidos en España (2022)

El 78,5% de los residuos generados en 2022 correspondieron a Sectores de actividad y el 21,5% a los Hogares.

La actividad que experimentó mayor crecimiento fue Servicios (un 7,1%). Por el contrario, la generación de residuos se redujo en los Industria (-14,4%).

Los Hogares como consumidores generaron un 0,4% más de residuos.

De los 110,1 millones de toneladas de residuos generados en 2022, las empresas de tratamiento final de residuos gestionaron 89,5 millones, un 9,6% menos que en el año anterior.

En concreto, trajeron 87 millones de toneladas de residuos no peligrosos (un 9,9% menos que en 2021) y 2,5 millones de residuos peligrosos (un 2,1% más).

Del total de residuos tratados, el 34,6% acabaron en el vertedero, el 54,7% se reciclaron, el 7,3% se reutilizaron en operaciones de relleno y el 3,4% se incineraron.



# Problemática de los residuos sólidos

## Soluciones:

**Reducir** la cantidad y tipo de residuos generados mediante una gestión eficiente de los recursos (materiales, energéticos, térmicos).

**Reutilizar** cuando ya se hayan generado los residuos, darles una segunda vida utilizándolos aprovechando sus propiedades al máximo. Por ejemplo, realización de manualidades.

**Reciclar** cuando no sea posible su reutilización, reciclar los residuos tratándolos para fabricar materiales que se utilizarán para producir otros nuevos.



# Problemática de los residuos sólidos

---

## Soluciones. Beneficios de aplicar las 3R

### Reducir

Reduciendo el consumo, disminuimos la demanda de materias primas y la energía necesaria para su extracción y procesado, lo que implica una reducción de la contaminación del aire, suelo y agua.

### Reutilizar

Al reutilizar los productos alargamos su vida útil, evitamos su desecho ahorrando recursos naturales.

### Reciclar

Al reciclar contribuimos al cierre del ciclo de los materiales, minimizando la necesidad de extraer nuevas materias primas con la consiguiente disminución de la contaminación.

Se contribuye a la conservación de los recursos naturales, la protección de la diversidad, la reducción de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. También se genera una economía asociada a la gestión adecuada y al reciclaje de los residuos sólidos.



# Problemática de los residuos sólidos

---

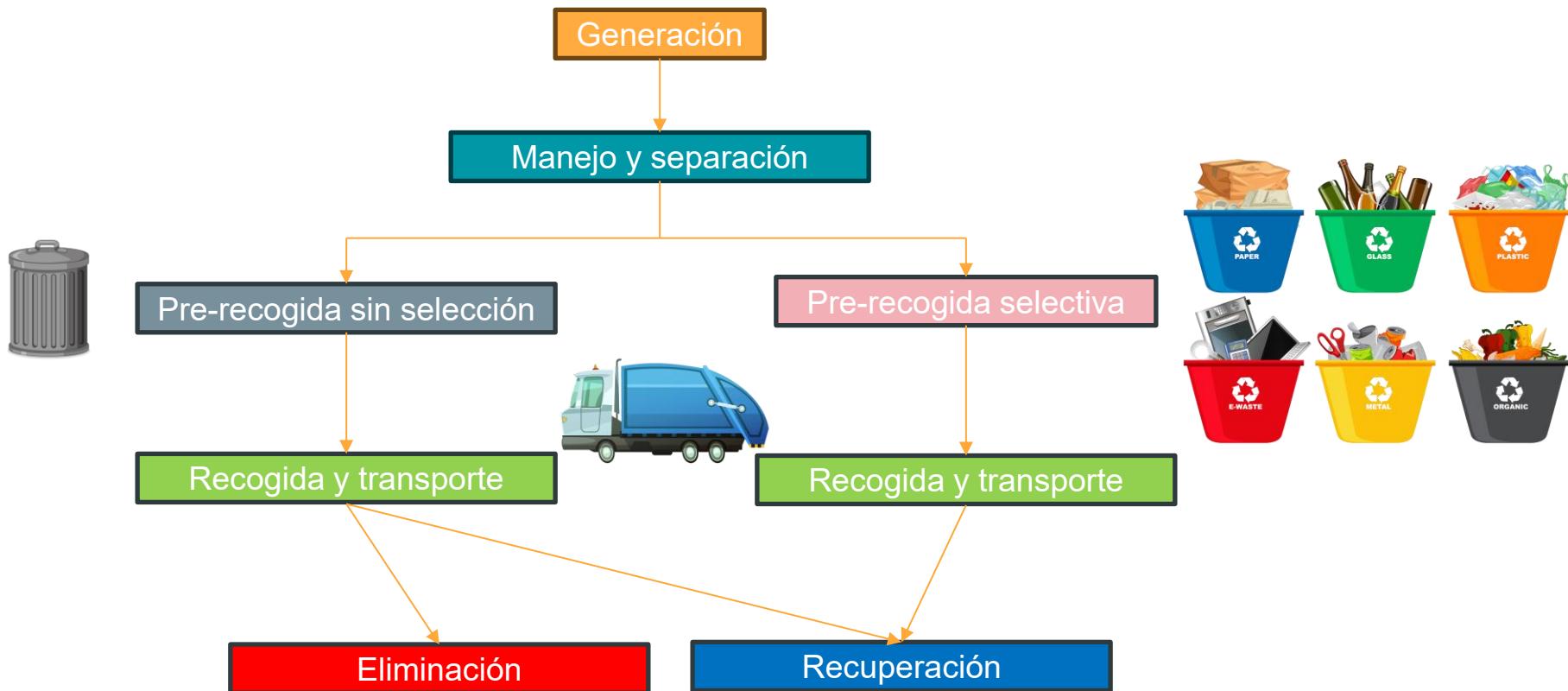
## Soluciones. Prevención:

- Cuantitativa: prevenir la cantidad de residuos generados (peso, volumen, número)
- Cualitativa: prevenir la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes contenidas en los productos/residuos



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

## Recogida de Residuos Sólidos Urbanos.



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

---

## Recogida de Residuos Sólidos Urbanos.

### Sistemas de recogida:

Puerta a puerta: Los residuos son recogidos directamente en la puerta de los domicilios o empresas

Contenedores: el productor de los residuos debe depositarlos en contenedores que pueden estar en superficie o soterrados

Sistema neumático: los residuos se depositan sobre sistemas que los trasladan a un sistema central

Puntos limpios: puntos limpios móviles o fijos

Recogidas comerciales: retirados directamente en los comercios

Recogidas específicas: residuos voluminosos, RAEE, etc.



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

---

## Recogida de Residuos Sólidos Urbanos.

### Transporte, factores a tener en cuenta:

Tipo de residuo,

Situación del contenedor,

Ruta más eficiente,

Horarios de recogida,

Volumen de producción

### Transferencia:

Estación de transferencia: punto intermedio de recogida y transporte hasta el tratamiento de final de los residuos. En ellas los residuos se acondicionan para su traslado posterior mediante contenedores y vehículos específicos de transporte.

[Estaciones de transferencia Tenerife](#)



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

## Tratamiento de residuos sólidos urbanos:

1. Recepción de residuos
2. Selección
3. Prensado y embalaje
4. Almacenamiento



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

---

## Tratamiento de residuos sólidos urbanos:

### 1. Recepción de residuos

Foso de recepción de residuos

### 2. Selección de residuos

Los residuos se seleccionan mecánica o manualmente para separar algunas fracciones (fracciones de papel, plásticos, envases, etc.) o eliminar residuos peligrosos que en procesos posteriores puedan causar problemas en los equipos o riesgos para la salud o para el medioambiente (RAEE, baterías, etc.)

Después de la inspección manual, los residuos pasan a una clasificación automática. Se utilizan técnicas como el magnetismo para atrapar metales mezclados con plásticos. Se pueden emplear técnicas de cribado.

La normativa actual obliga a que los tapones de plástico vayan unidos a los envases, mejorando la clasificación.

#### - Uso de detectores ópticos:

Detectores ópticos realizan un descarte minucioso de residuos no aptos para el reciclaje



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

---

## Tratamiento de residuos sólidos urbanos:

2. Selección de residuos. Procesos específicos según el tipo de residuo:

### Papel y Cartón:

Separación, desentintado y fabricación de pulpa. El papel usado se convierte en nuevos productos de papel.

### Plástico:

Clasificación y lavado de diferentes tipos de plástico. Triturado y transformación en gránulos para fabricar nuevos productos plásticos, como botellas, envases y mobiliario urbano.

### Vidrio:

Trituración, limpieza y fundición del vidrio usado. Transformación en nuevos envases de vidrio o materia prima para la industria de la construcción.

### Residuos orgánicos:

Utilización de restos de alimentos y poda. Procesos de compostaje y digestión anaerobia para convertir estos residuos en compost.



# Tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos

## Tratamiento de residuos sólidos urbanos:

### 3. Prensado y embalaje

Una vez separados, los residuos se prensan y embalan para su disposición final.

### 4. Almacenamiento

Disposición final en vertedero



# Ejemplos de plantas de tratamiento de RSU

---

## Ejemplos de plantas de tratamiento en Tenerife

Visita virtual Complejo Ambiental de Tenerife

<https://www.youtube.com/watch?v=VVbs-vHz2TE>

### Caso de El Palmetum:

[Historia](#)



# Bibliografía.

---

- Glynn Henry, J., Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Pearson.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. McGraw Hill.
- Corbitt, R. A. (2003). *Manual de referencia de la Ingeniería Ambiental*. McGraw Hill.



