ASIGNATURA

GRANDES PROBLEMAS AMBIENTALES DE NUESTRO TIEMPO

# LOS RESIDUOS QUE INVADEN EL AMBIENTE


Dr. D. Antonio Gallardo Izquierdo

GRUPO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS

DPTO. ING. MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

# ÍNDICE

4.0. Introducción a los residuos sólidos
4.1. Los residuos sólidos urbanos (RSU)
4.2. La gestión de los RSU
4.3. Los Residuos Peligrosos

# INTRODUCCIÓN

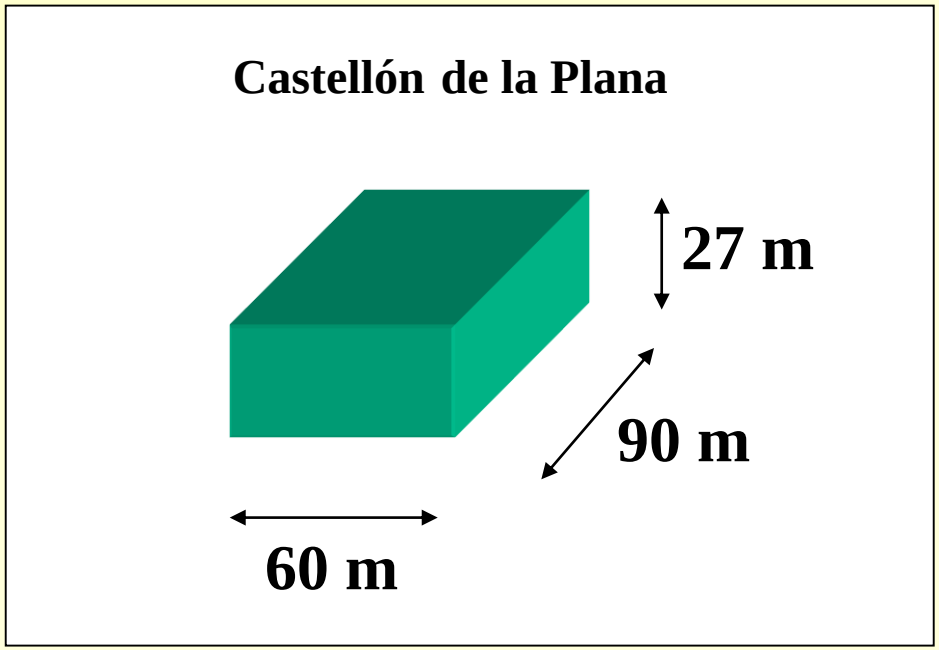
## RESIDUOS SÓLIDOS:

**"cualquier sustancia u objeto que su poseedor desecha o tenga intención o la obligación de desechar" (Ley 22/2011)**

| | Total residuos | | Industria Manufacturera | | Actividad minera y canteras | | Actividad de construcción y demolición | | Sector servicios | | Agricultura y pesca | | Energía y otras actividades económicas | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EUROPA | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab | Miles de t/a | t/a-hab |
| 2004 | 2.918.220 | 6 | 384.676 | 0,8 | 662.115 | 1,4 | | | 146.754 | 0,3 | | | | |
| 2006 | 2.946.667 | 6 | 363.743 | 0,7 | 740.743 | 1,5 | | | 155.807 | 0,3 | | | | |
| 2010 | 2.569.850 | 5,1 | 279.960 | 0,6 | 727.320 | 1,5 | 854.550 | 1,7 | 220.940 | 0,4 | 39.570 | 0,1 | 447.510 | 0,9 |
| 2014 | 2.494.700 | 4,9 | 255060 | 0,5 | 704630 | 1,4 | 858750 | 1,7 | 100330 | 0,2 | 18780 | 0,0 | 557150 | 1,1 |
| ESPAÑA | | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | 160.668 | 5 | 28.377 | 0,9 | 21.760 | 0,7 | 46.320 | 1,4 | 14.194 | 0,4 | | | | |
| 2006 | 160.947 | 3,7 | 22.427 | 0,5 | 26.015 | 0,6 | 47.323 | 1,1 | 15.376 | 0,5 | | | | |
| 2010 | 137.519 | 3,1 | 16.440 | 0,4 | 31.732 | 0,7 | 37.947 | 0,8 | 23.198 | 0,5 | 5.817 | 0,1 | 22.345 | 0,5 |
| 2014 | 110.518 | 2,4 | 14813 | 0,3 | 18640 | 0,4 | 20418 | 0,4 | 6299 | 0,1 | 5817 | 0,1 | 44531 | 1,0 |

**Fuente: Eurostat 2018**

# INTRODUCCIÓN




## Residuos urbanos

Castellón de la Plana: 180.000 hab

Generación en un año: 144.540 $m^3$

(densidad 500 kg/m3)

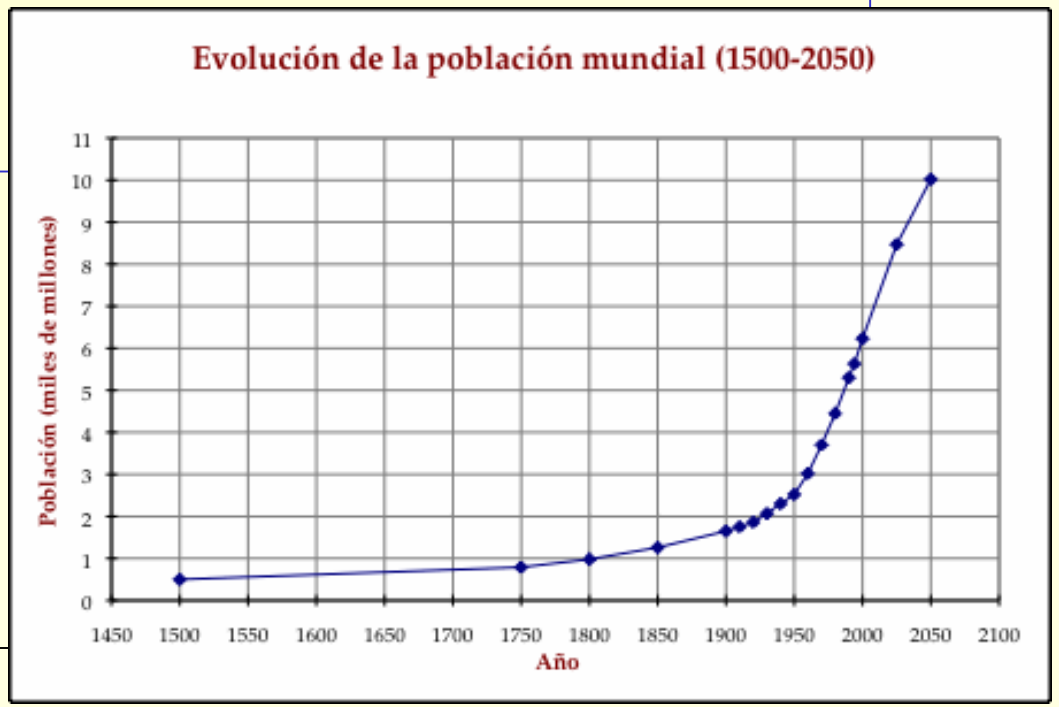
Producción: 72.270 t/año

Tasa de generación: 1,1 kg/hab-día

# *INTRODUCCIÓN*

**CAUSAS QUE HAN PROVOCADO EL AUMENTO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS:**

- **El crecimiento absoluto de la población**
- **La industrialización de los países**
- **Temprana obsolescencia de los productos de uso común**
- **Uso generalizado de los envases**
- **Aumento de la calidad de vida**



# *INTRODUCCIÓN*

# *INTRODUCCIÓN*

**Problemas directos que crean los residuos:**

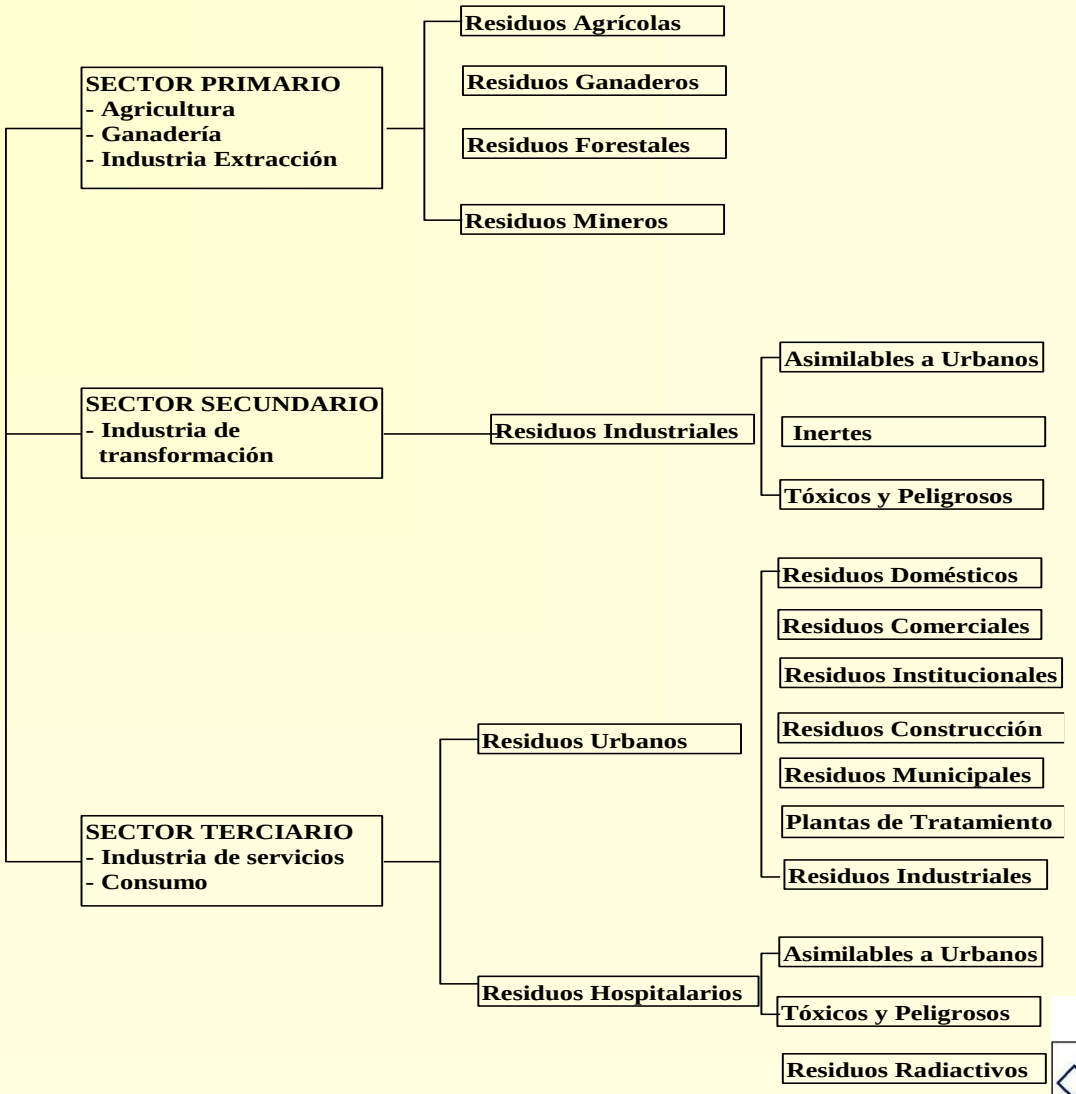
- **Vertidos incontrolados**
- **Malos olores**
- **Incendios incontrolados. Contaminación atmosférica**
- **Contaminación de aguas superficiales y subterráneas**
- **Proliferación de roedores e insectos portadores de enfermedades**
- **Problemas sociales importantes**

# *INTRODUCCIÓN*

# *INTRODUCCIÓN*

# *INTRODUCCIÓN*

**CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS**



# 4.1 DEFINICIÓN DE RESIDUO SÓLIDO URBANO (RSU)

**“los generados en los hogares como consecuencia de la actividad doméstica. Se consideran también los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.**

**Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.**

**También los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados” (Ley 22/2011).**

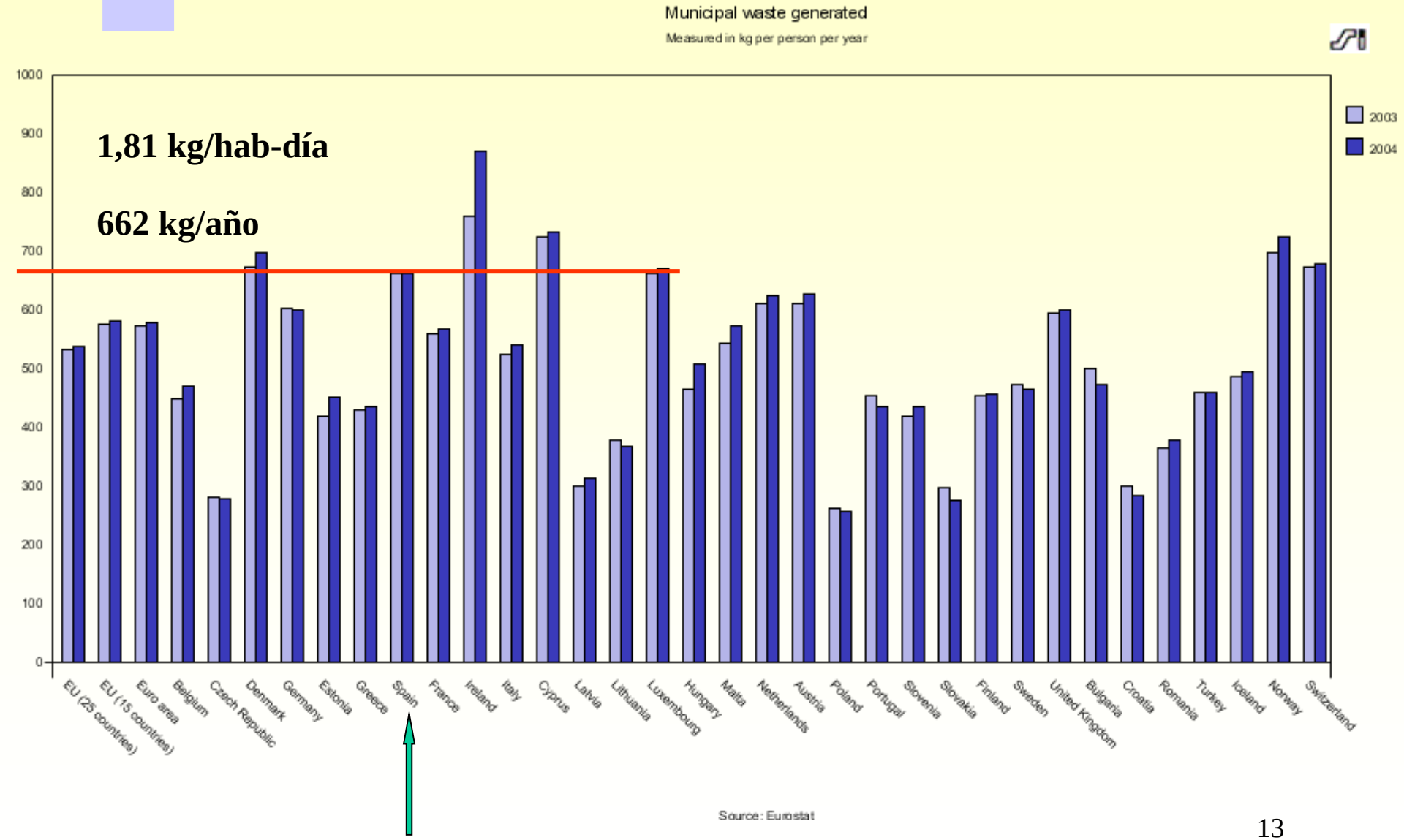
**RESIDUOS DOMÉSTICOS**

## DEFINICIÓN DE RESIDUO DOMÉSTICO

**Origen:**

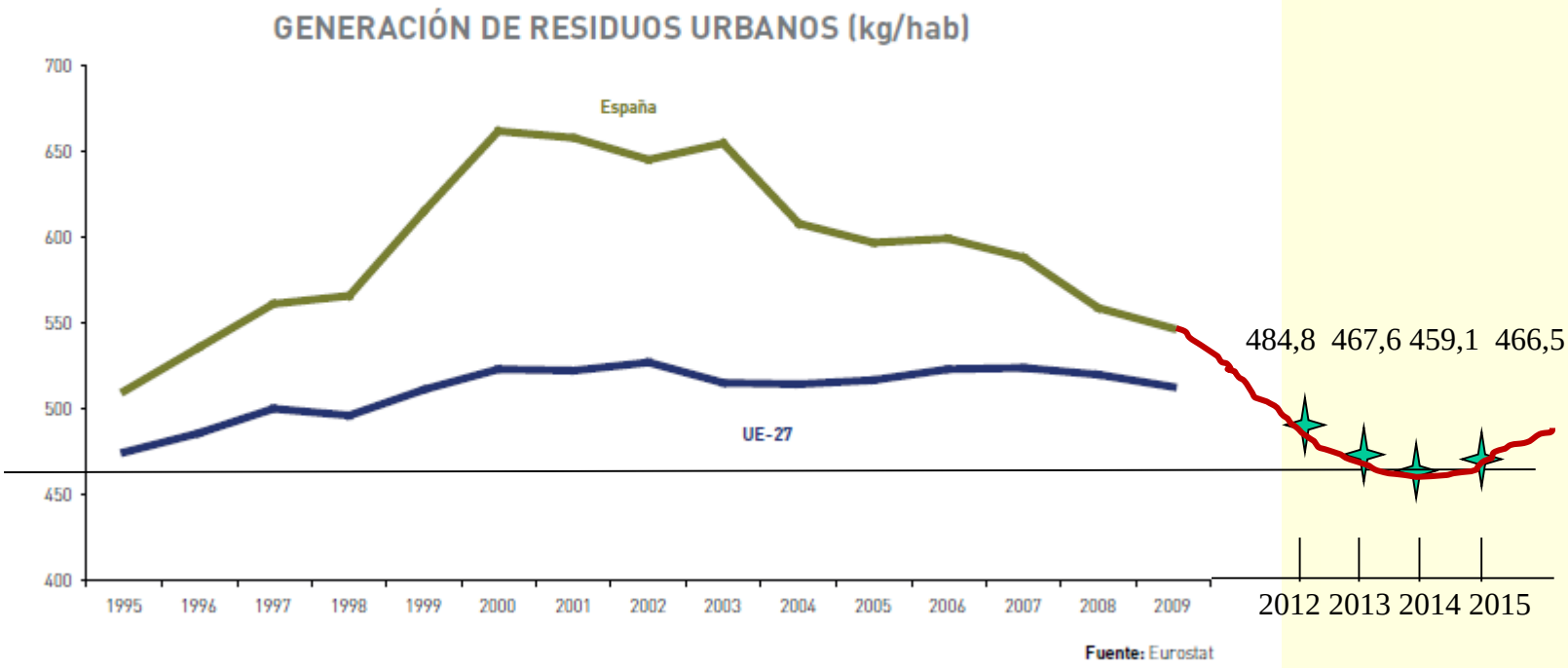
- **Domésticos**
- **Comerciales**
- **Voluminosos**
- **Escombros**
- **S. Municipales**
- **P. Tratamiento**
- **Industriales Asimilables**
- **Hospitalarios Asimilables**

# GENERACIÓN DE RSU



# GENERACIÓN DE RSU

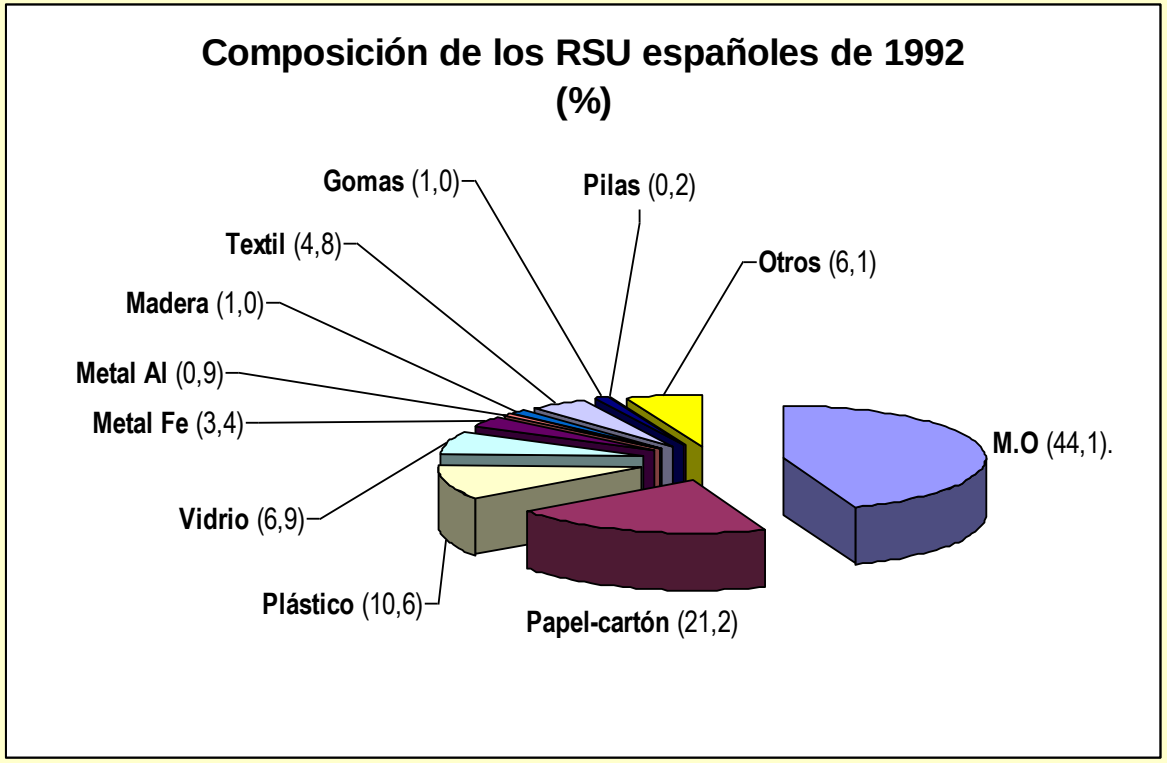
547 kg/habitante fueron los residuos urbanos generados en España en 2009, manteniendo la tendencia de descenso iniciada en 2003



# COMPOSICIÓN DE LOS RSU

**Clasificación:**

- **M.O.**
- **Papel-cartón**
- **Plástico**
- **Vidrio**
- **Metal (Fe y Al)**
- **Madera**
- **Textil**
- **Gomas**
- **Tierras**
- **Pilas y baterías**
- **Otros**



# COMPOSICIÓN DE LOS RSU

## Evolución de la composición

Papel

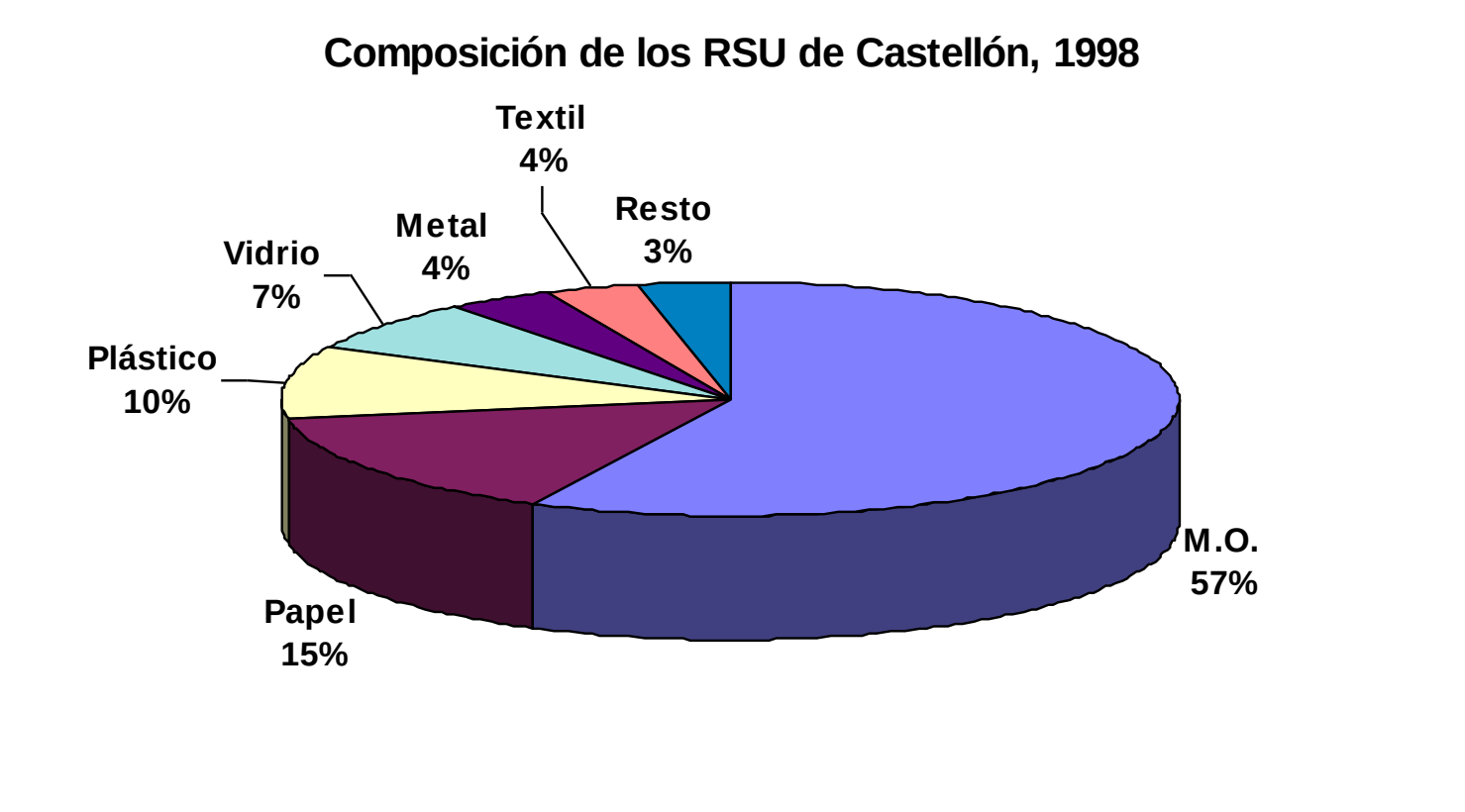
**Tabla1. Composición de los Residuos Urbanos.**

Fuente/ Ministerio de Medio Ambiente. Año 1995/2003.

| Materiales | 1995 * | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia orgánica | 44 % | 44.06 % | 44.06 % | 44.06 % | 48.9 % | 48.9 % | 48.9 % | 48.9 % | 48.9 % |
| Papel | 21 % | 21.18 % | 21.18 % | 21.18 % | 18.5 % | 18.5 % | 18.5 % | 18.5 % | 18.5 % |
| Plástico | 10 % | 10.59 % | 10.59 % | 10.59 % | 11.7 % | 11.7 % | 11.7 % | 11.7 % | 11.7 % |
| Vidrio | 7 % | 6.93 % | 6.93 % | 6.93 % | 7.6 % | 7.6 % | 7.6 % | 7.6 % | 7.6 % |
| Metales férreos | 4 % | 3.43 % | 3.43 % | 3.43 % | 2.5 % | 2.5 % | 2.5 % | 2.5 % | 2.5 % |
| Metales no férreos | 1 % | 0.68 % | 0.68 % | 0.68 % | 1.6 % | 1.6 % | 1.6 % | 1.6 % | 1.6 % |
| Madera | 1.5 % | 0.96 % | 0.96 % | 0.96 % | 0.6 % | 0.6 % | 0.6 % | 0.6 % | 0.6 % |
| Textil | 5 % | 4.81 % | 4.81 % | 4.81 % | 3.7 % | 3.7 % | 3.7 % | 3.7 % | 3.7 % |
| Goma | 2 % | 1.01 % | 1.01 % | 1.01 % | - | - | - | - | - |
| Pilas y baterías | 1 % | 0.20 % | 0.20 % | 0.20 % | - | - | - | - | - |
| Varios | 3.5 % | 6.15 % | 6.15 % | 6.15 % | 2.9 % | 2.9 % | 2.9 % | 2.9 % | 2.9 % |
| Complejos. Celulosa | - | - | - | - | - | - | - | 2 % | 2% |

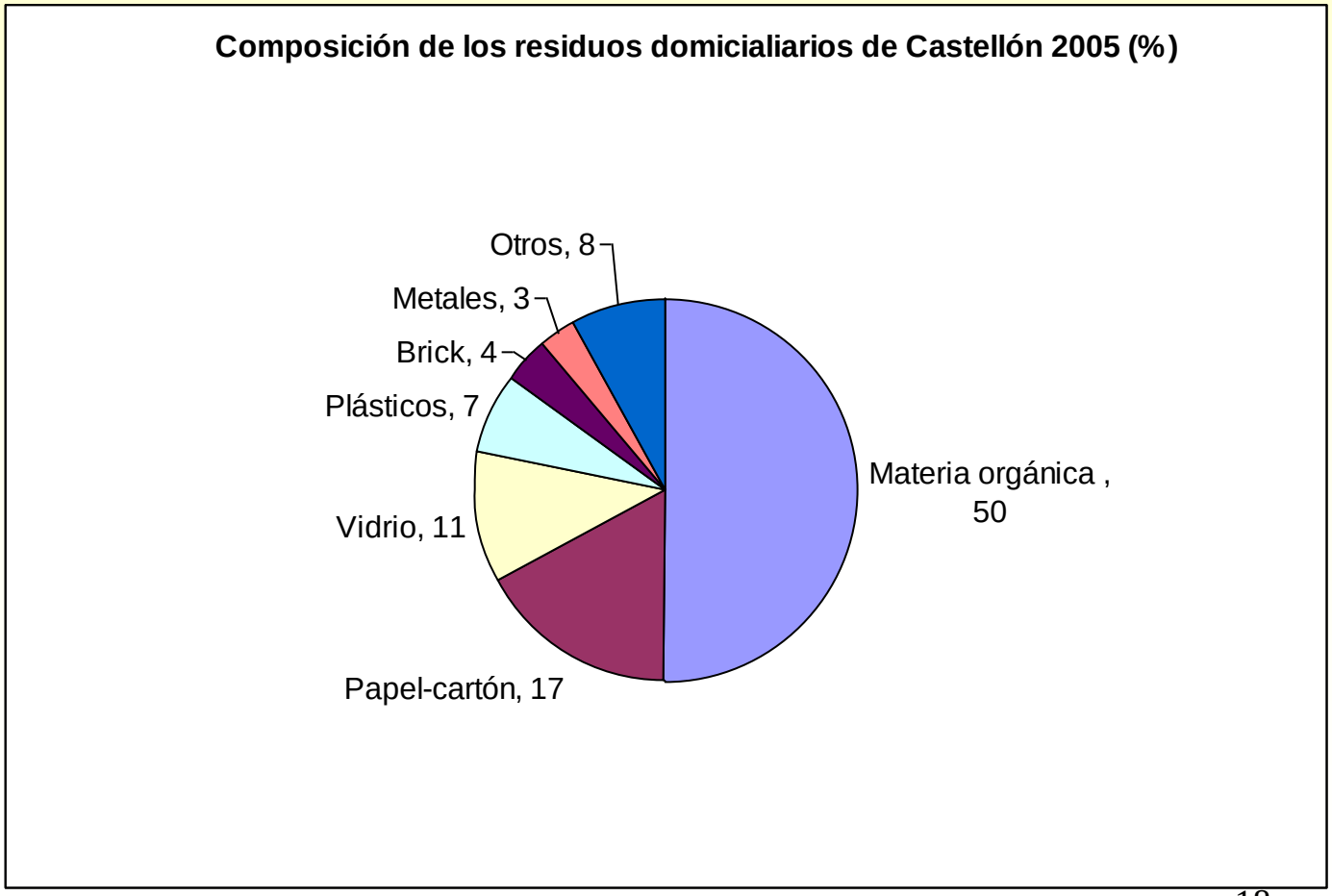
*Estimación realizada por el Ministerio de Medio Ambiente a partir de los datos de 1996.

# COMPOSICIÓN DE LOS RSU DE CASTELLÓN



**Resultados obtenidos de la práctica del curso 2005-06. Asig: GRANDES PROBLEMAS AMBIENTALES DE NUESTRO TIEMPO**

## Tasa de generación diaria de residuos domiciliarios: 0,67 kg/hab-día



# MATERIALES RECUPERABLES DE LOS RSU

**TABLA 3.10**
Materiales que se han recuperado de los RSU para su reciclaje[a]

| Material reciclable | Tipos de materiales y usos |
|---|---|
| Aluminio | Latas de cerveza y refrescos |
| Papel | |
| Papel de periódico usado (PPU) | Periódicos de quiosco o entregados a casa |
| Cartón ondulado | Empaquetamiento en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje |
| Papel de alta calidad | Papel de informática, hojas de cálculo blanco, recortes |
| Papel mezclado | Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas, y papel de fibras largas blanco o coloreado |
| Plásticos | |
| Polietileno tereftalato (PET/1) | Botellas de refrescos, botellas de mayonesa y aceite vegetal; película fotográfica |
| Polietileno de alta densidad (PE-HD/2) | Bidones de leche, contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina |
| Polietileno de baja densidad (PE-BD/4) | Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas; bolsas de limpieza en seco y otros materiales de película |

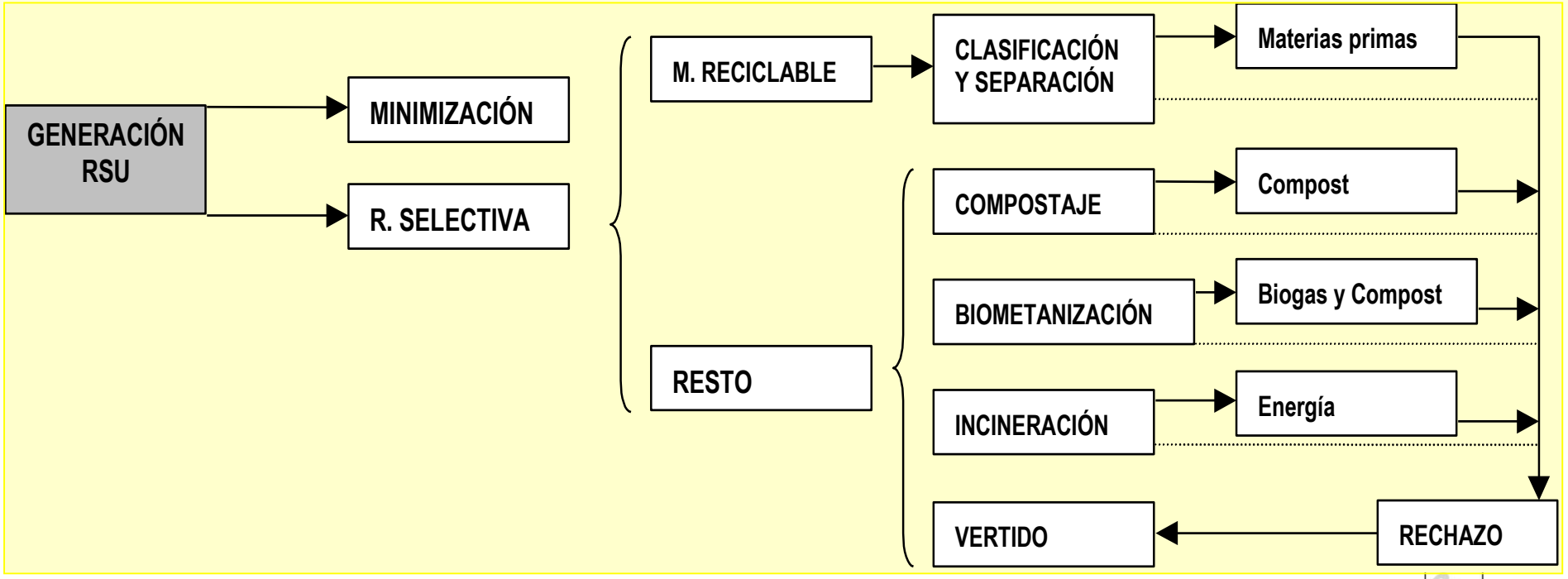
## MATERIA

| Material reciclable | Tipos de materiales y usos |
|---|---|
| Polipropileno (PP/5) | Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales |
| Poliestineno (PS/6) | Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida; cubiertos, vajillas y platos para microondas |
| Multilaminados y otros | Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza |
| Plásticos mezclados | Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado |
| Vidrio | Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar |
| Metal férreo | Latas de hojalata, bienes de línea blanca y otros productos |
| Metales no férreos | Aluminio, cobre, plomo, etc. |
| Residuos de jardín, recogidos separadamente | Utilizados para separar compost; combustible biomasa; cubrición intermedia de vertedero |
| Fracción orgánica de los RSU | Utilizado para preparar compost para aplicaciones de suelo; compost utilizado como cubrición intermedia de vertedero; metano; etanol y otros compuestos orgánicos; combustible derivado de residuos (CDR) |
| Residuos de construcción y demolición | Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales |
| Madera | Materiales para empaquetamiento, palets, restos y madera usada de proyectos de construcción |
| Aceite residual | Aceite de automóviles y camiones; reprocesado para reutilización o como combustible |
| Neumáticos | Neumáticos de automóviles y camiones; material de construcción de carreteras; combustible |
| Baterías ácidas de plomo | Materias de automóviles y camiones; trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo |
| Pilas domésticas | Potencial para recuperación de zinz, mercurio y plata |

* Información detallada sobre las posibilidades para el reciclaje de los materiales individuales puede encontrarse en el Capítulo 15.

# 4.2. LA GESTIÓN

**La gestión consiste en "la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas actividades, así como de los lugares de depósito o vertido después de su cierre" (Ley 22/2011)**



# 4.2.1.MINIMIZACIÓN

**Factores que influyen en la reducción de la generación:**

- **Reducción de envases**
- **Disminución de embalajes**
- **Incremento de los productos que contienen material reciclado**
- **Efecto de la legislación**
- **Efecto de la actitud pública**

# 4.2.2. LA RECOGIDA SELECTIVA

**“El sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de materiales valorizables contenidos en los residuos” (Ley 22/2011)**

# 4.2.2. LA RECOGIDA SELECTIVA

Materia orgánica

Medicamentos

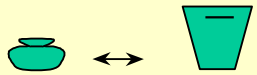
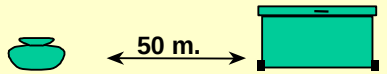
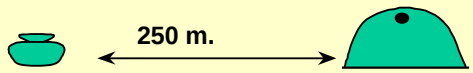
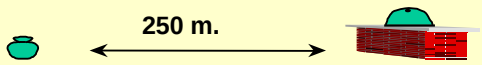
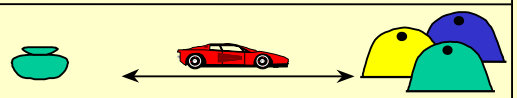
Voluminosos (muebles, línea blanca, coches, etc)

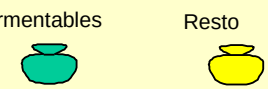
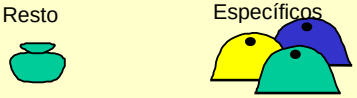
Ropa

Residuos eléctricos-electrónicos

# LA RECOGIDA SELECTIVA

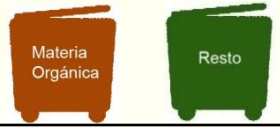
- **Niveles de almacenamiento**

| | |
|---|---|
| **Nivel puerta a puerta**<br>mínima distancia al punto de depósito |  |
| **Nivel acera**<br>distancia < 50 m |  |
| **Nivel área aportación**<br>distancia < 250 m |  |
| **Nivel establecimiento**<br>Punto depósito en establecimientos |  |
| **Nivel instalación**<br>Pundo depósito alejado |  |

| | |
|---|---|
| **Sin fraccionar** | |
| **Dos fracciones:**<br>**Materia fermentable y Resto** |  |
| **Tres fracciones:**<br>**Fermentable Ligeros y Resto** | |
| **Separación específica:**<br>**Específicos y Resto** |  |

- **Separación de los residuos en origen**

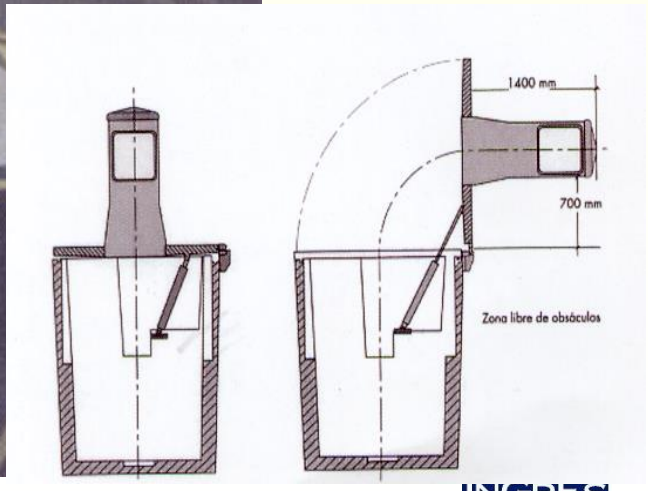
# LA RECOGIDA SELECTIVA

| | ACERA | AA |
|---|---|---|
| **MODELO 1** | | |
| **MODELO 2** | | |
| **MODELO 3** | | |
| **MODELO 4** |   | |
| **MODELO 5** | | |

# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Cuatro fracciones: papel-cartón, vidrio, envases y restos**

# LA RECOGIDA SELECTIVA

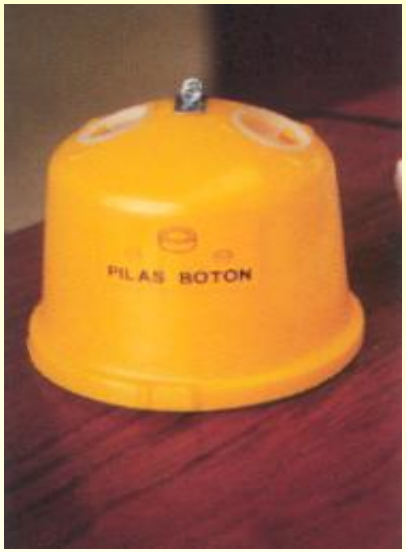


# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Dos fracciones: MO y Restos**

# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Recogida específica**



# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Recogida específica**

# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Ecoparque**

# LA RECOGIDA SELECTIVA

- **Área de Aportación Itinerante (Punto limpio móvil)**

# 4.2.3. TRATAMIENTO: CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN

**La tecnología de procesado se ha desarrollado con la finalidad de recuperar de los RSU los materiales que tienen un valor económico**

**La actividad se desarrolla en las IRM**

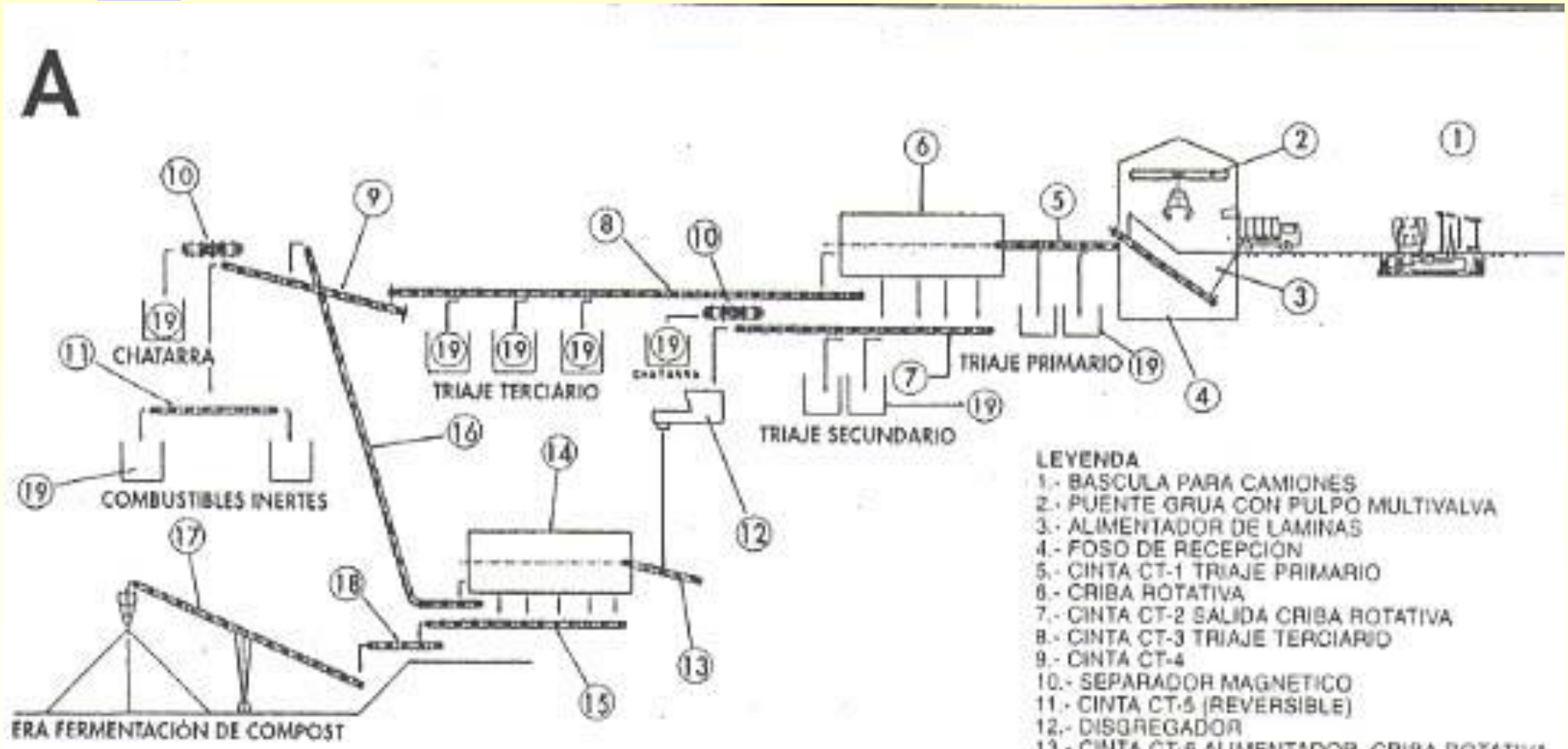
**En las IRM se procesan:**

- **RSU en masa**
- **RSU seleccionados (Envases)**

**Materiales recuperados:**

- **Papel**
- **Vidrio**
- **Plástico**
- **Metales**
- **MO**

# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



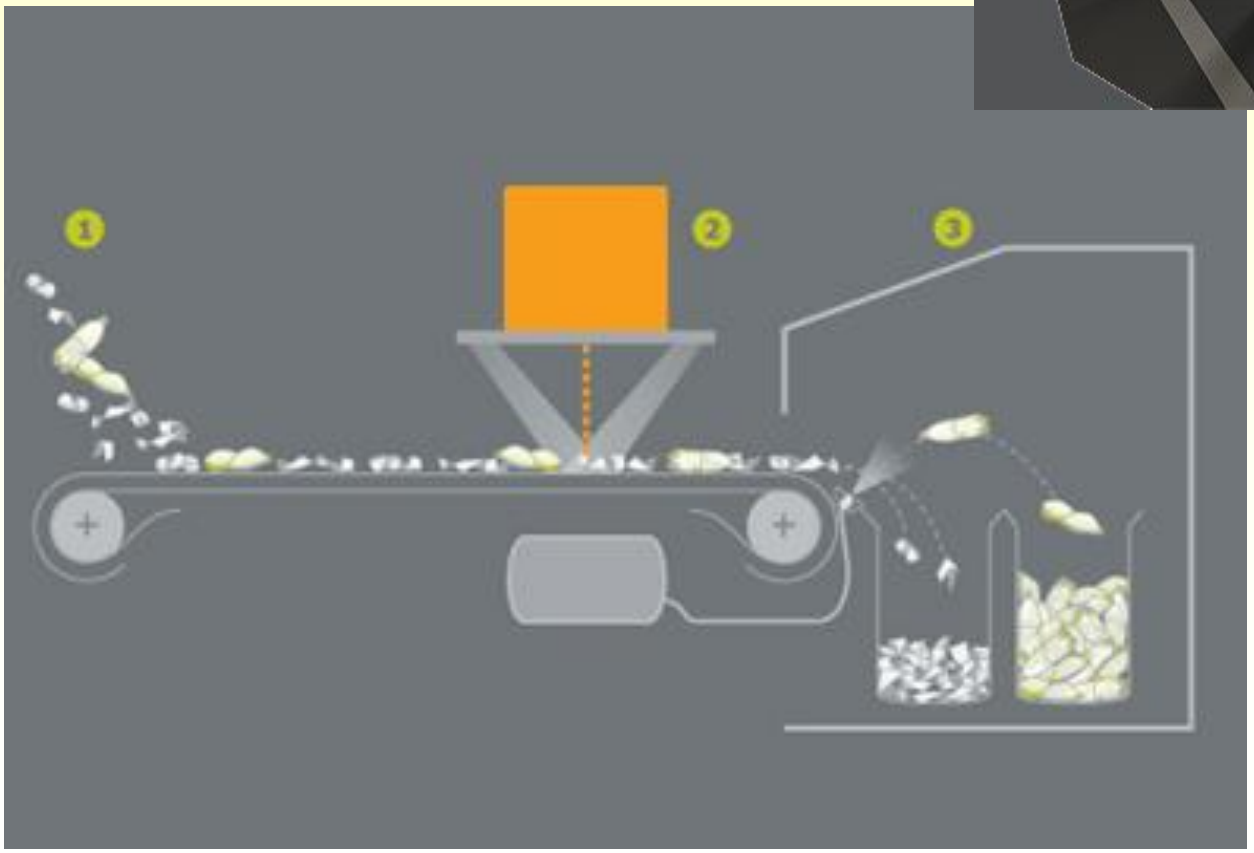
# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN

# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN

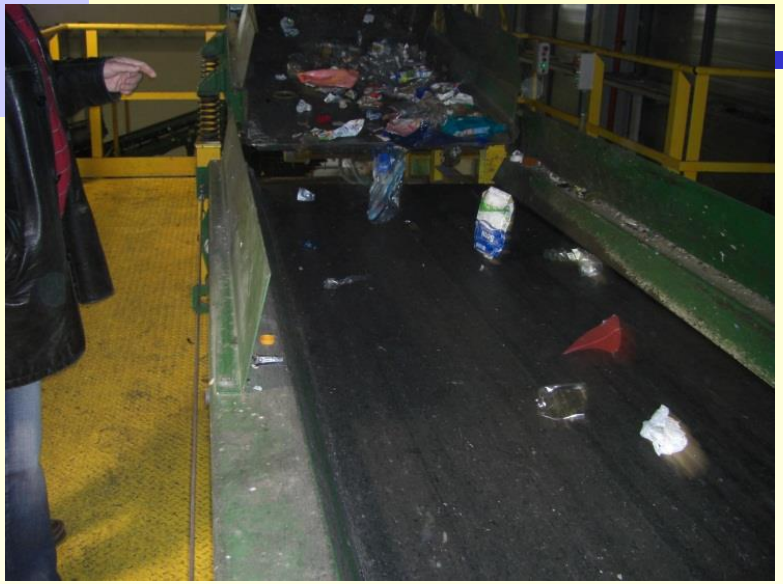
# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN ENVASES

# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN ENVASES

# Separación óptica



# LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



# 4.2.4. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

**El tratamiento biológico de los RSU consiste transformar la fracción orgánica biodegradables en productos de conversión, con la ayuda de microorganismos.**

**Los procesos biológicos considerados son:**

- **Compostaje (tratamiento aerobio)**
- **Biometanización (digestión anaerobia)**

# Compostaje

**Se entiende por compostaje la descomposición biológica aerobia de residuos orgánicos en condiciones controladas.**

**Métodos existentes:**

- **Hileras**
- **Pilas estáticas**
- **Biorreactor**

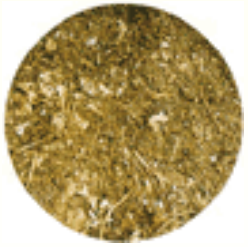
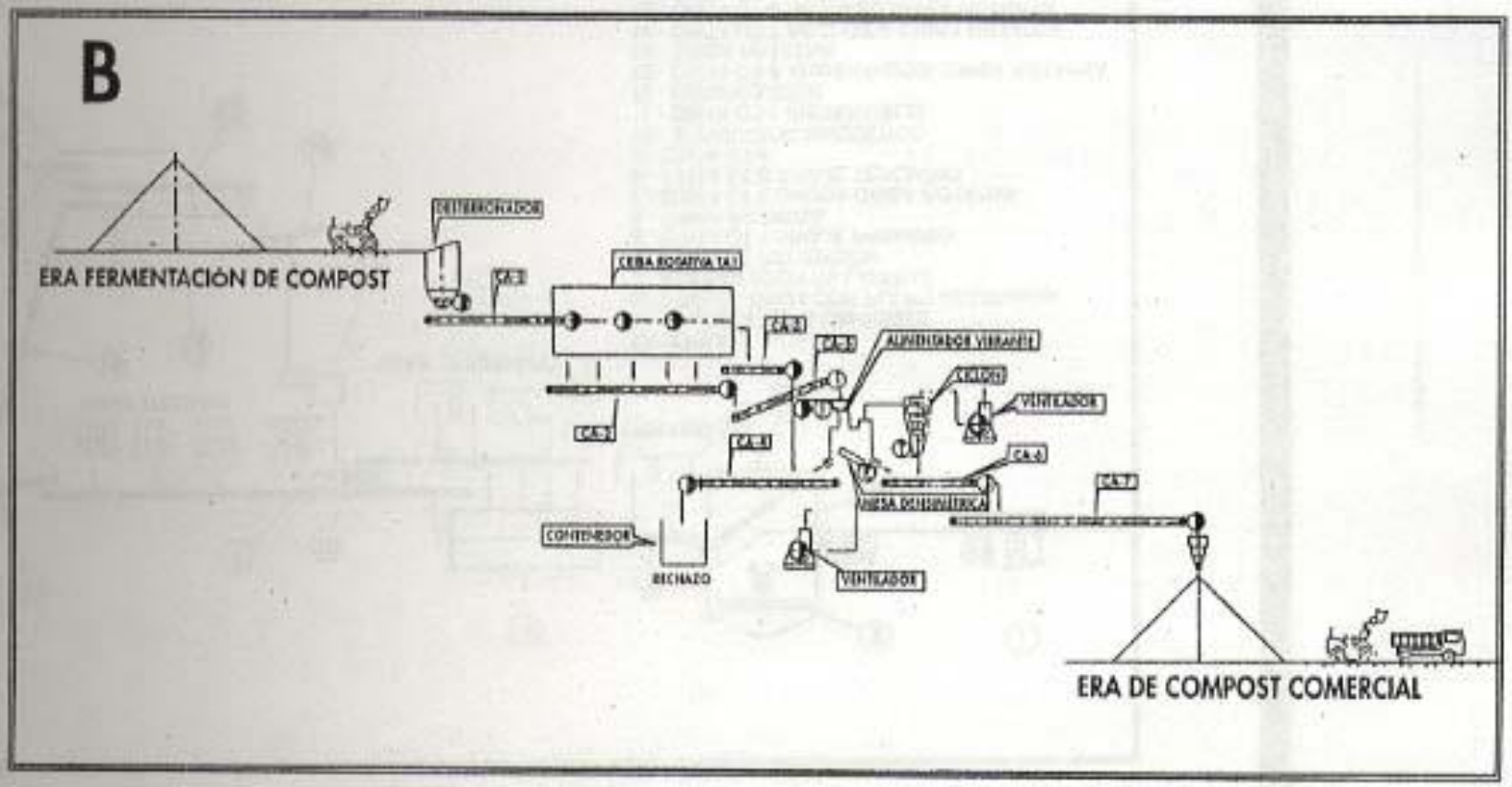


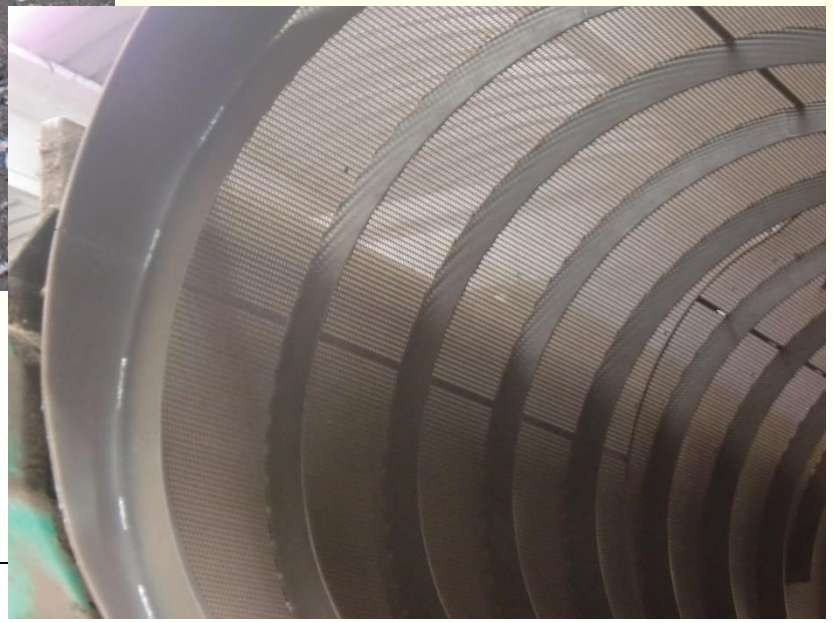
**FIGURA 14.2**
Métodos de compostaje comúnmente utilizados: (*a*) hilera con volteo periódico, (*b*) pila estática aireada y (*c*) flujo pistón en biorreactor.

# Compostaje

Figura 4.7. Esquema del proceso industrial del compostaje en la Planta de Ador (Continuación).



# Compostaje



# Compostaje

# Biometanización

**Se entiende por biometanización la descomposición biológica anaerobia de residuos orgánicos en condiciones controladas.**

**Etapas:**

- **Selección**
- **Triturado**
- **Macerado**
- **Biometanización**
- **Estabilización del lodo (compostaje)**

# Biometanización

# 4.2.5 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico de los RSU consiste la transformación de la fracción combustible en productos de conversión, con la simultánea emisión de energía en forma de calor.

La finalidad principal es la reducción del volumen y la recuperación de energía.

Es un elemento importante del sistema de gestión.

Existen diferentes métodos de conversión con un desigual desarrollo:

- Incineración
- Pirólisis
- Gasificación

# Incineración con recuperación de energía

**La incineración se define como el procesado térmico de los RSU mediante oxidación química en exceso de oxígeno.**

**La mayor ventaja está en la reducción de los RSU: 90% volumen**

**Productos:**

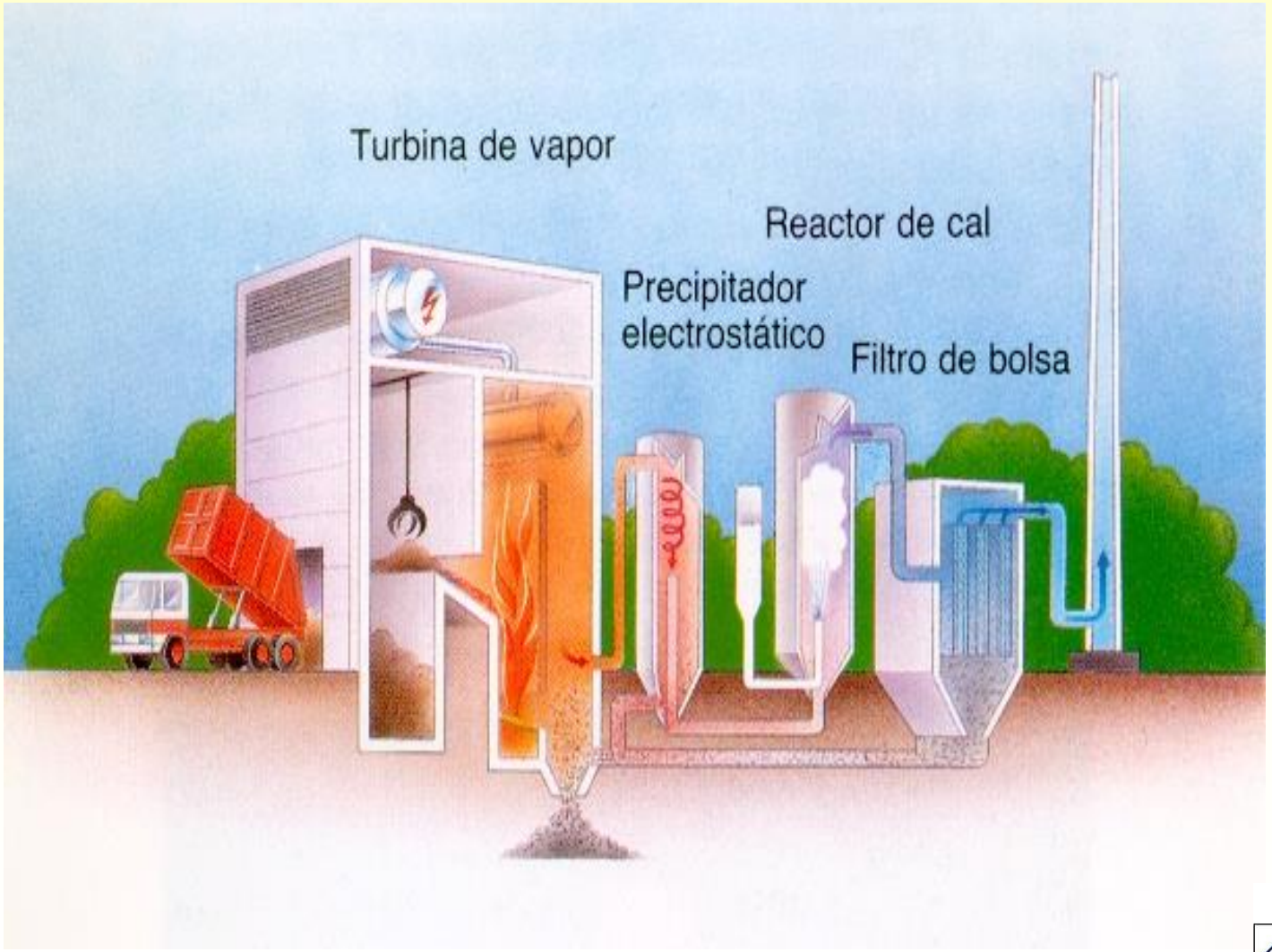
- **gases finales: NOx, $CO_2$, $H_2O$**
- **sólidos: escorias y cenizas**

**Tipos de sistemas:**

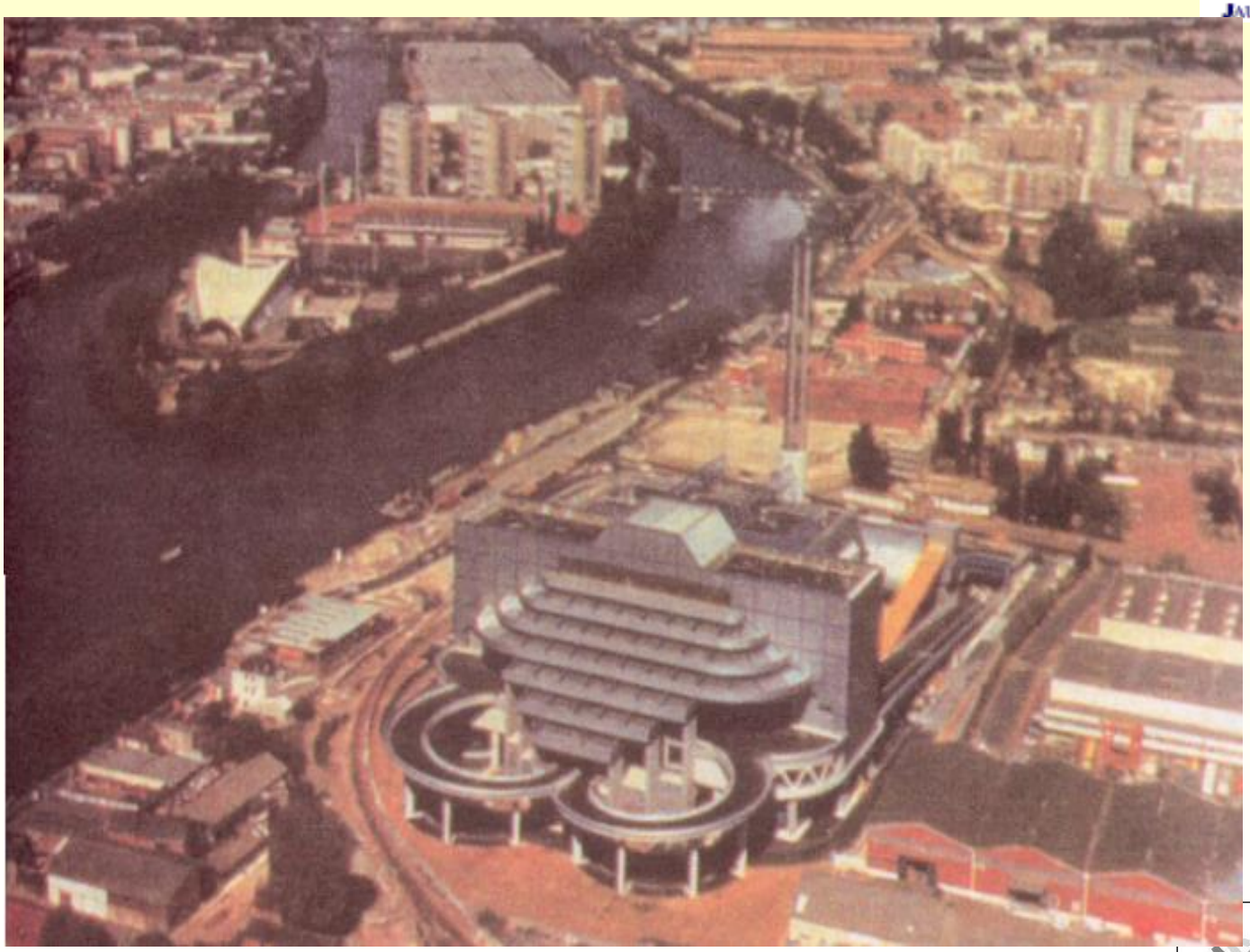
- **RSU en bruto**
- **Combustible Sólido Recuperado (CSR)**

  **(Combustible Derivado de Residuos: CDR)**

# Incineración con recuperación de energía



# Incineración con recuperación de energía



París

# Incineración con recuperación de energía

Viena

# Incineración con recuperación de energía

Mallorca

# Plantas de incineración

Año 2012

t/año

**Santander 112.500**

**Bilbao 225.000**

**Girona 44.000**

**Cerceda (A Coruña) 555.000**

**Mataró 200.000**

**Sant Adrià 290.000**

**Madrid 266.000**

**Tarragona 140.000**

**Mallorca 512.000**

**Melilla 39.000**

Fuente: AECERSU; MAGRAMA

**TOTAL DEL TERRITORIO ESPAÑOL**
**2.100.000 t/año (10 % del total de RSU generados)**

Antonio Gallardo Izquierdo