INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

ITENE

Aprovechamiento térmico de los residuos de envase plásticos

Beatriz Ferreira Pozo

Valencia, 28 de mayo de 2009

CÁTEDRA CEMEX DE SOSTENIBILIDAD

CSIC INSTITUTO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CEMEX

Cátedra CEMEX de Sostenibilidad

Índice

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

ITENE

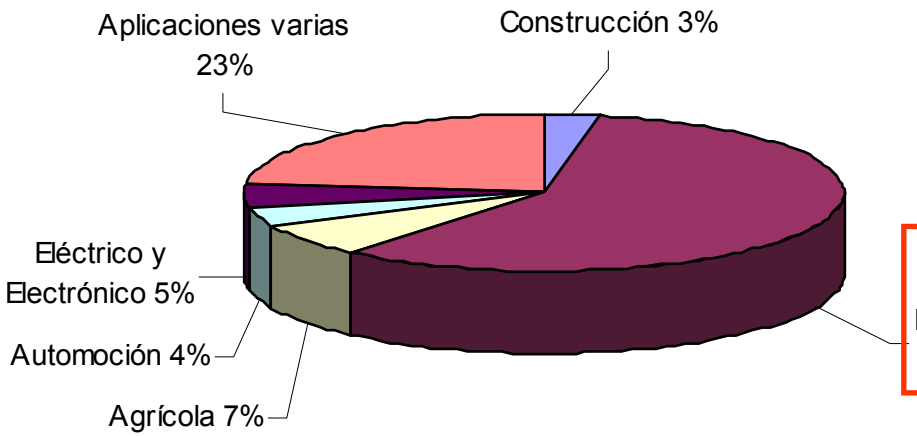
Aprovechamiento térmico de los residuos de envase plásticos

1. Residuos de envase plásticos
2. Tecnologías de aprovechamiento térmico
3. Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos
4. Conclusiones

Residuos de envases plásticos

Consumo Plástico en España

(Año 2007 – Fte: PlasticsEurope)

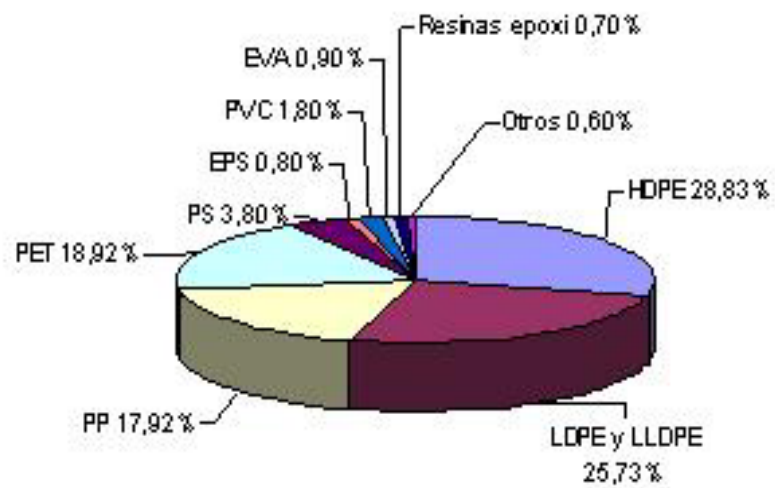


Residuos plásticos generados: **2,8 Millones de toneladas**

(Año 2007-Fte:Cicloplast)

1,65 Mill. Ton

Envase y Embalaje 58%

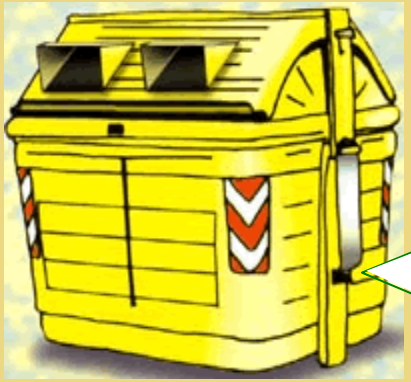


Consumo Plástico en E+E

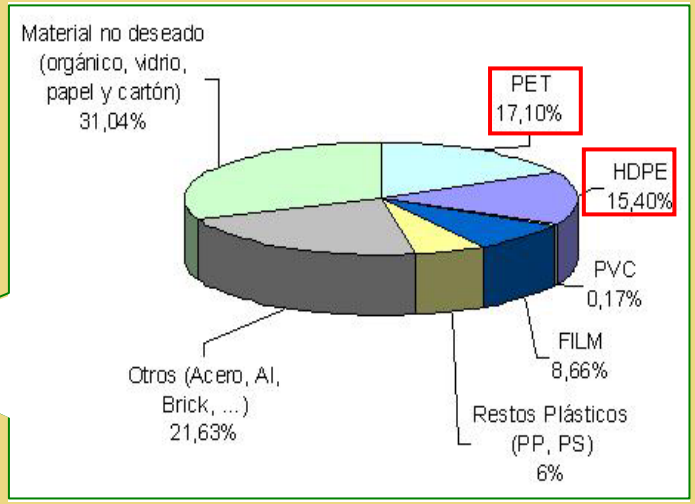
(Año 2007 – Fte: Infopack nº142)

Residuos de envases plásticos

Recogida selectiva: **35% Generación Total (1,6 kg/día)** (Año 2007-Fte: X. Elias)



(Año 2008 – Fte: RECCON'08)



32,5 % Reciclado Mecánico

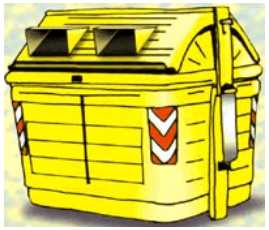
Contenedor Todo en Uno

Gestores de residuos

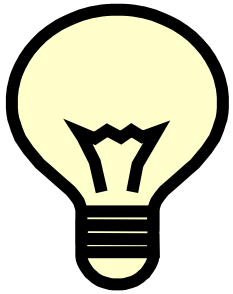
¿Diferencia?

Residuos de envases plásticos

RESTO ENVASES PLÁSTICOS



VERTEDERO



SOLUCIONES ALTERNATIVAS

Residuos de envases plásticos

Directiva 2004/12/CE
Objetivos 31/12/2008

Valorización energética > 60%

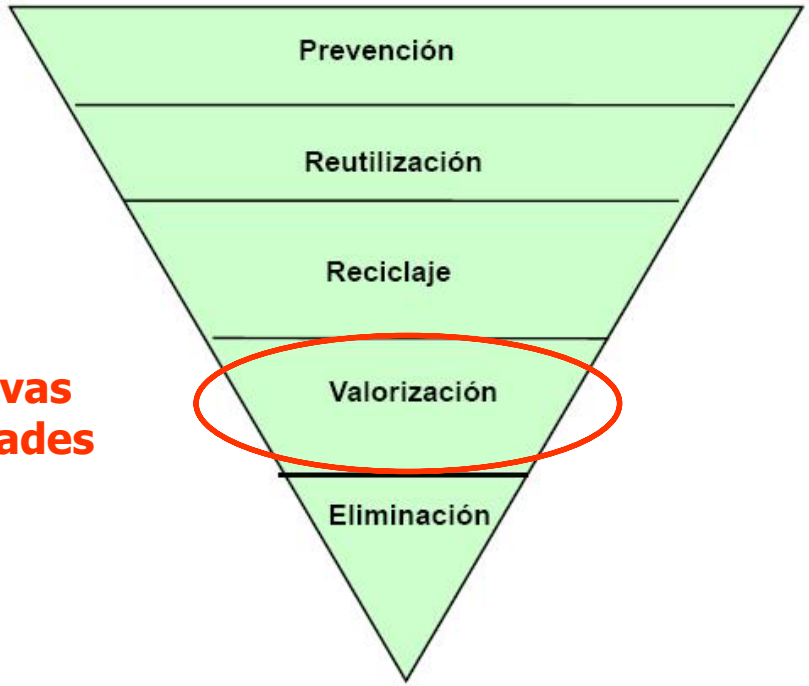
55% < Reciclaje < 80%

22,5% Reciclaje residuos envases plásticos

Abre nuevas oportunidades

Directiva 2008/98/CE

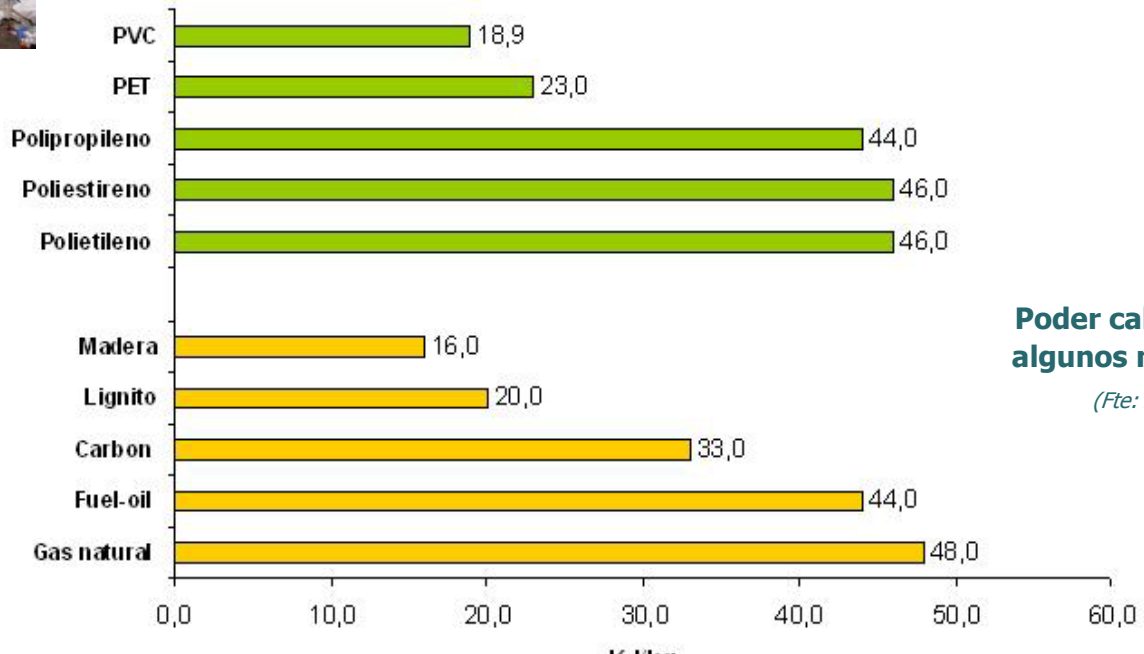
JERARQUÍA DE RESIDUOS



Residuos de envases plásticos

RESIDUO ENVASES PLÁSTICOS

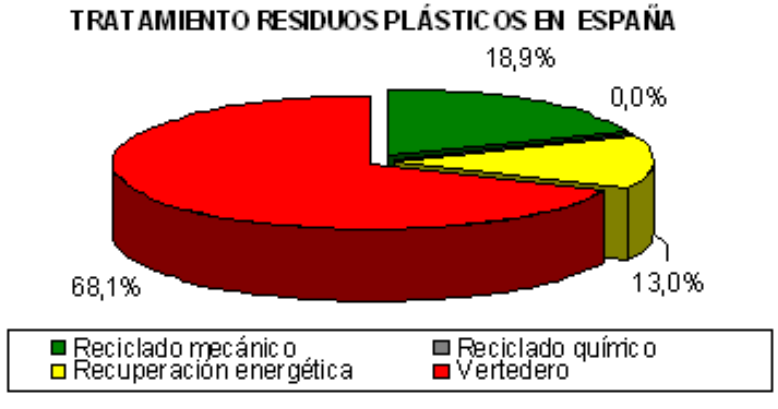
RECURSO

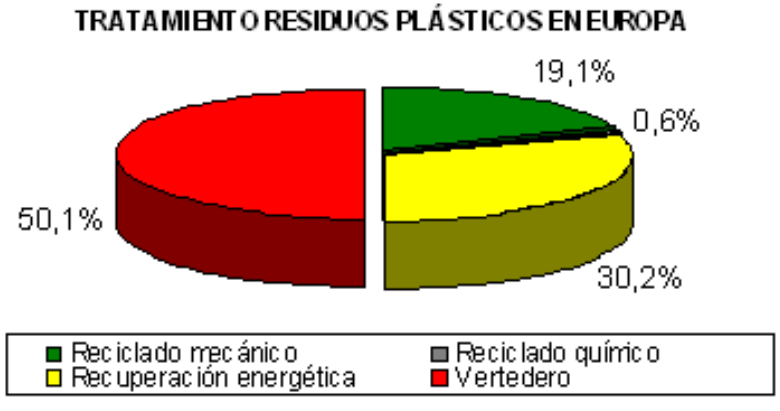


Poder calorífico de algunos materiales

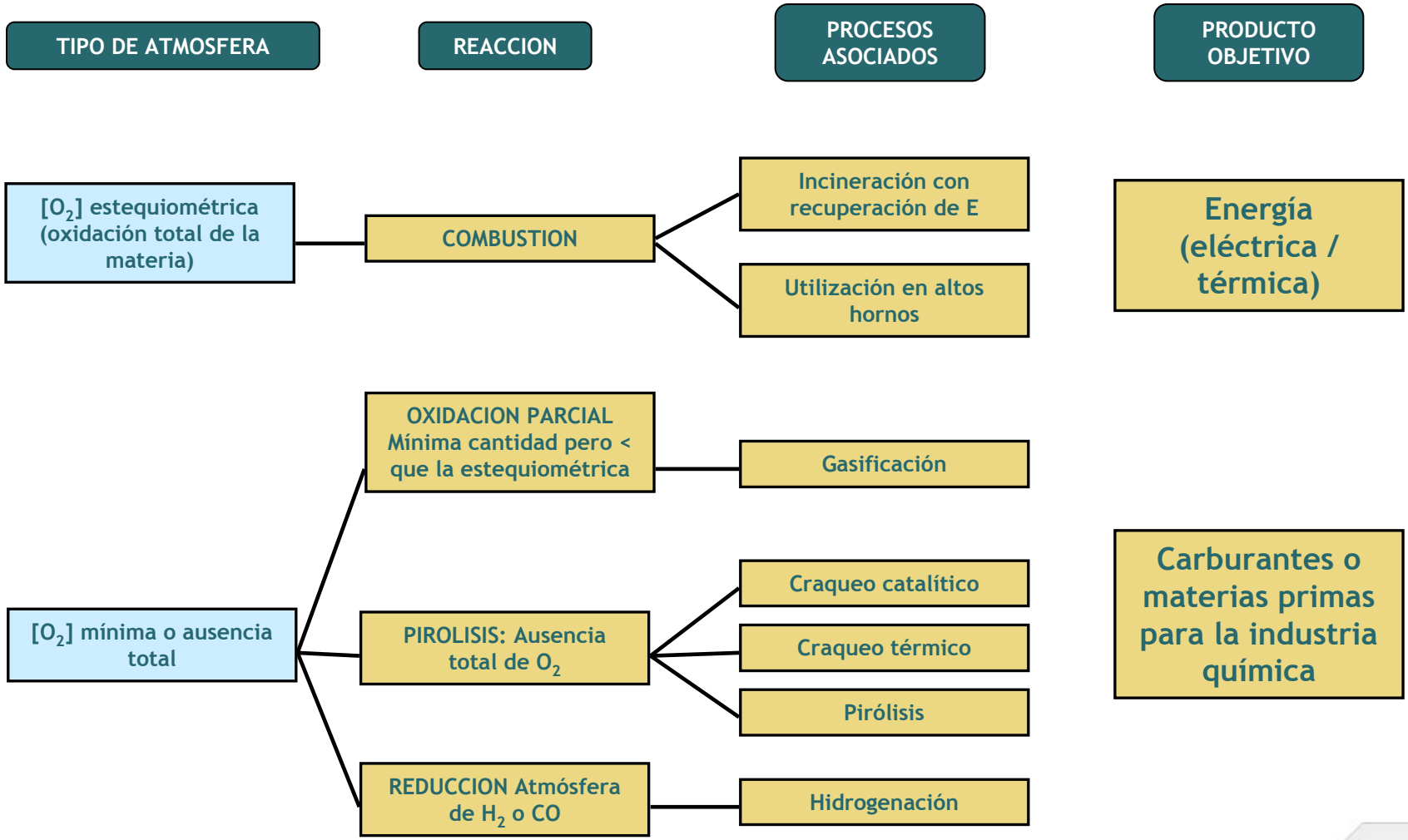
(Fte: ANAIP)

Residuos de envases plásticos





Tecnologías de aprovechamiento térmico



Valorización energética

Valorización energética: Proceso de combustión controlada con exceso de aire en el que se transforman los residuos en cenizas, escorias y gases

Incineración = Valorización energética → Criterio: Eficiencia Energética

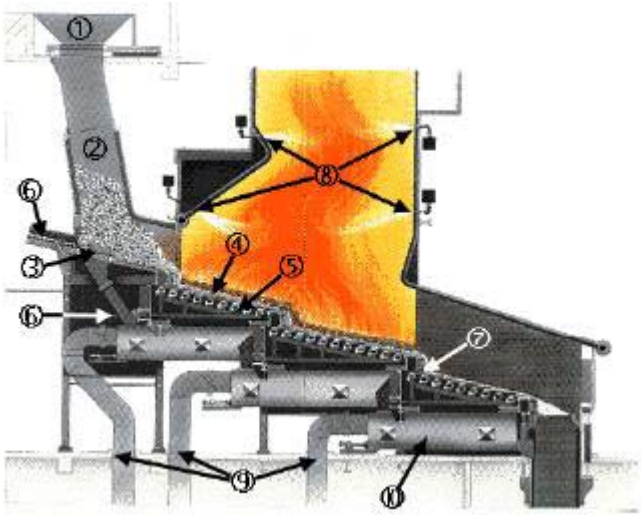
Directiva 2008/98/CE

$$\text{Eficiencia energética} = \frac{(Ep-(Ef + Ei))}{0{,}97 \times (Ew + Ef)}$$

0,6 → Instalaciones anteriores a 01/01/2009

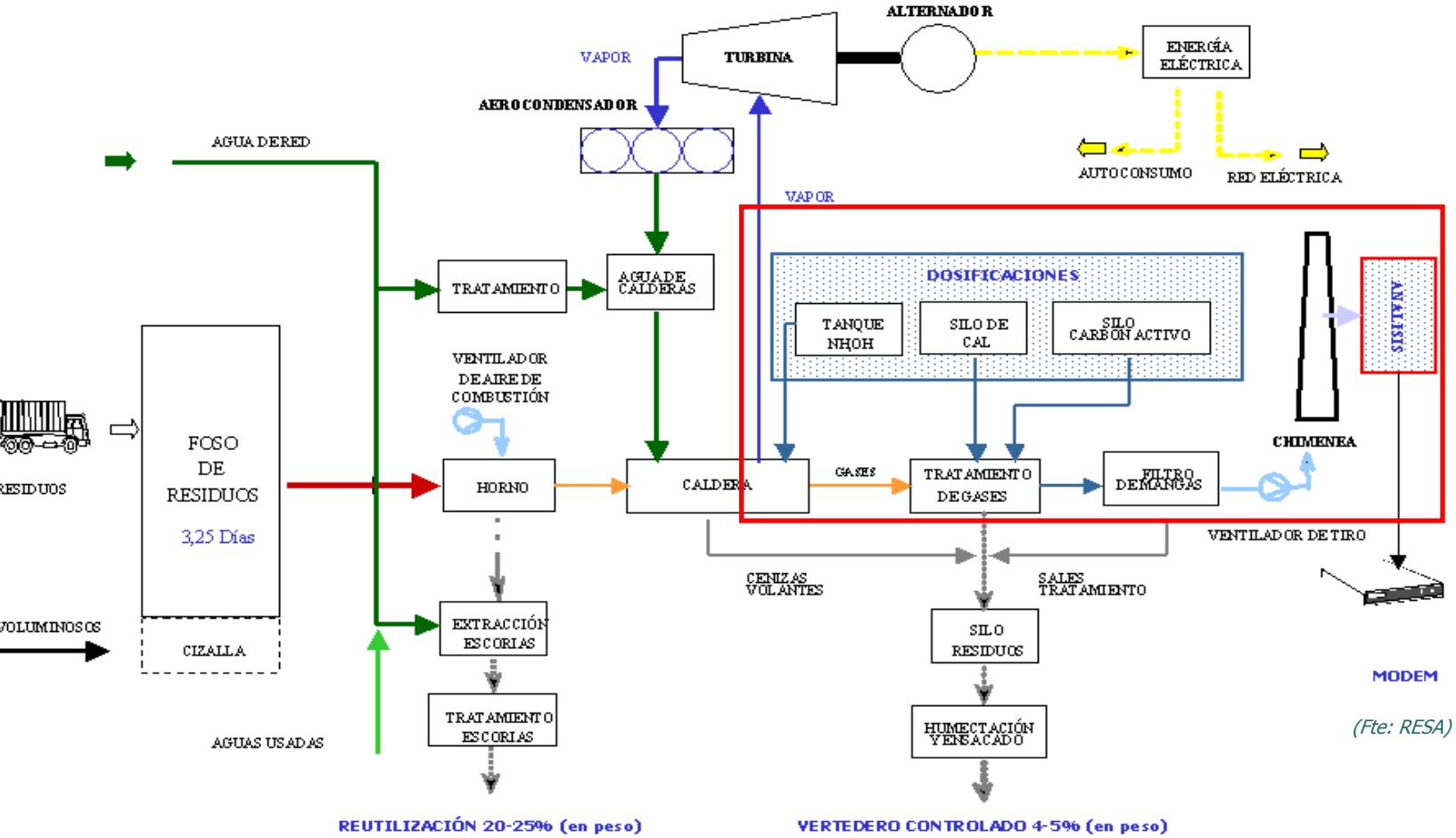
0,65→ Posteriores a 31/12/2008

Horno de parilla



También Horno de lecho fluidizado, burbujeante y circulante

Valorización energética



(Fte: RESA)

EMISIONES

- HCl
- Partículas
- CO
- HF
- SO_2
- Pb+Cr+Cu+Mn
- Ni+As
- Cd+Hg
- COV
- Dioxinas y furanos

Valorización energética
Ventajas e inconvenientes

	Supuestos	Dioxinas en aire (en fg I-TEQ/m³)	Inhalación por año (en fg I-TEQ/año)
Vecino de una incineradora moderna	Emisión 0,01 ng I-TEQ/m³ Dilución 1/500.000 Inhalación 15 m³/d	0,02	110
Fumador activo	Inhal. 0,33 l/cigarr. FREC: 10 cigarr./día Contenido 0,1 – 0,3 pg I-TEQ/cigarrillo	600.000	700.000
Fumador pasivo	Recinto 50m³ Renovación aire 1/h Inhalación 3h/d 10 cigarrillos/h	170	100.000

__ng__ = Nanogramo • __fg__ = Fentogramo • __I-TEQ__ = Tóxicos Equivalentes Internacional
(Fte Rotard, 1994)

Paris

VENTAJAS

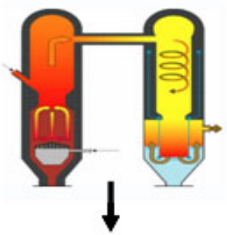
- ❑ Reducción del peso de los residuos y posible
- ❑Aprovechamiento de la energía
- ❑ Poca ocupación de espacio
- ❑ Recuperación de las escorias para reutilización

INCONVENIENTES

- ❑ Rigidez de dimensionamiento
- ❑ Baja flexibilidad para adaptarse a temporadas
- ❑ Producción de escorias y cenizas
- ❑ Mala prensa de cara a la sociedad

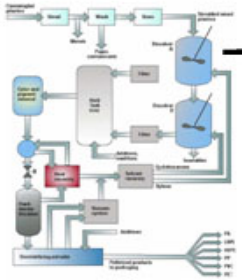
Reciclado Químico

Gasificación



Syngas

Disolución selectiva



Polímeros

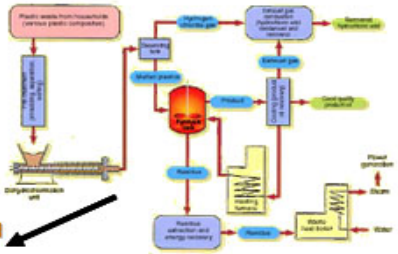
Monómeros iniciales

Despolimerización química

Degradación térmica (Pirólisis, craqueo térmico...)

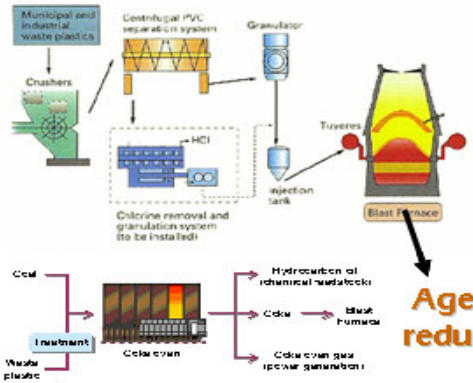
- gases
- aceites
- ceras sólidas
- residuo sólido

Craqueo catalítico, Hidrogenación & Liquefacción



- Gases olefínicos
- Fracciones de gasolina
- Destilados medios
- Combustibles líquidos

Altos hornos & hornos de coque



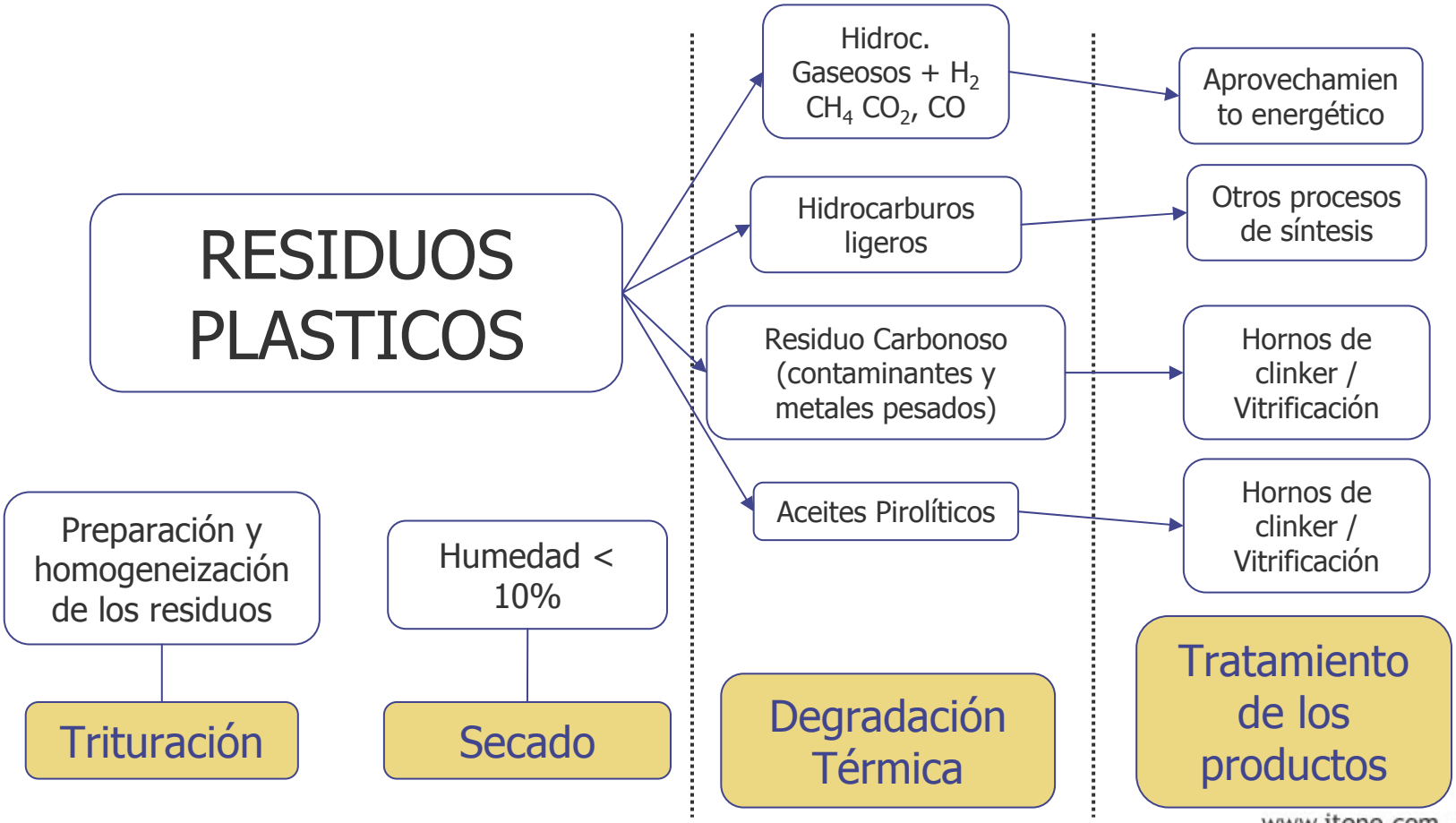
Agente reductor

- coque
- aceites ligeros & char
- gases de hornos de coque

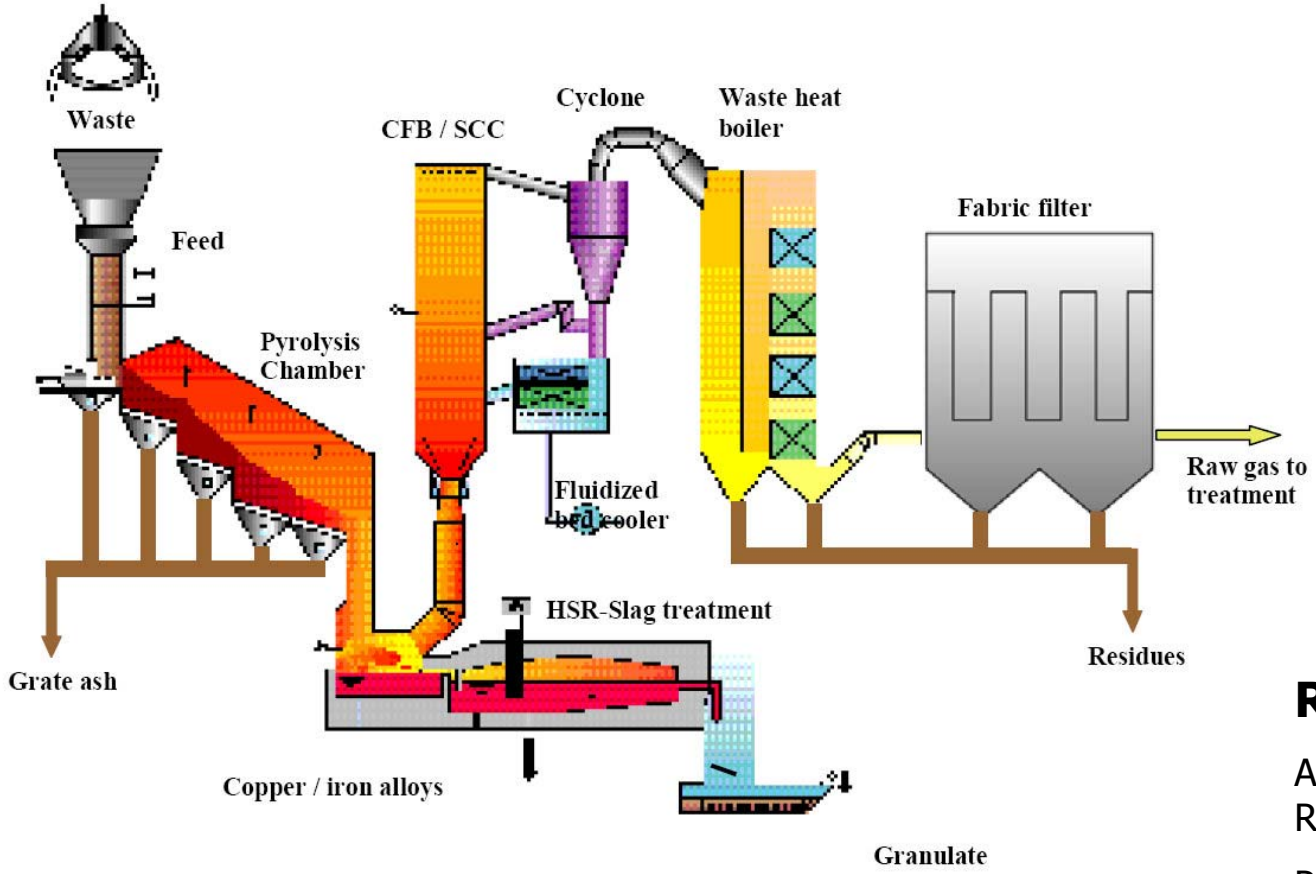
Pirólisis

Pirólisis: Degradación térmica de compuestos orgánicos (400-800 ºC) en ausencia de oxígeno para producir gas combustible y otros productos

- f (Tª, v $_{calefacción}$, $t_{residencia}$, tamaño de partícula, etc.)



Pirólisis. Aplicación industrial RCP Bremerhaven (Alemania)



Fte: TNO. "Case study RCP Bremerhaven Facility"

Pirólisis

+

Fusión (Fundición + Combustión)

Rendimiento:

Alimentación: 5500 kg de RSU / hora

Producto obtenido: Gas combustible 15,9 Nm^3w/h, Aleación Cu/Fe 16,3 Ton/h

Pirólisis
Ventajas e Inconvenientes

VENTAJAS

- Obtención de **materias primas** y generación de **energía**.
- **< contaminante** que incineración (no O_2)

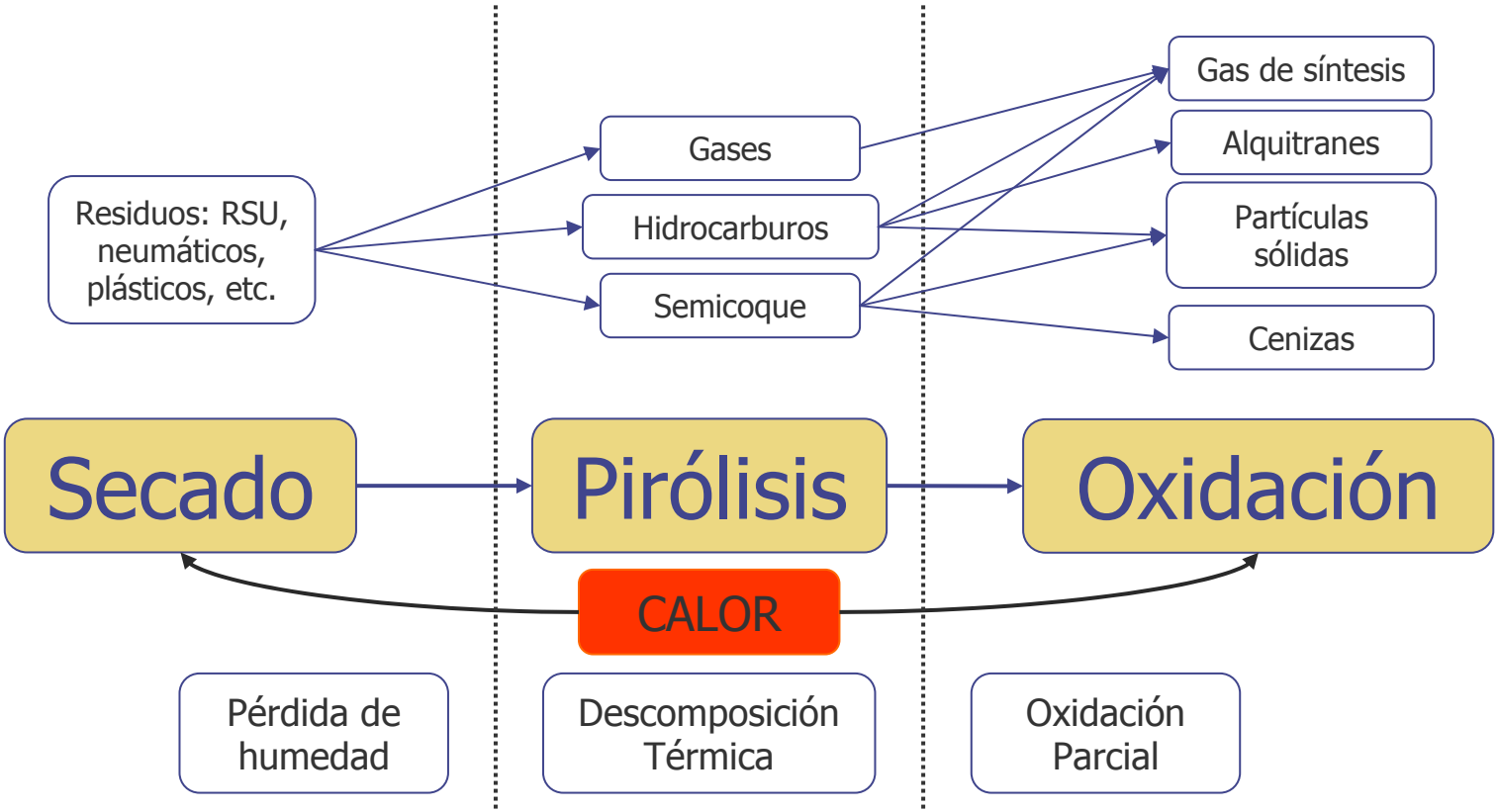
INCONVENIENTES

Eficacia del proceso

- Elevadas cantidades de E:
  - Proceso **endotérmico**
  - Plásticos: **Baja conductividad térmica**
- **Diversidad de productos** → Purificación

Gasificación

Gasificación: Proceso termoquímico en el que el residuo es transformado en un gas combustible mediante un agente gasificante.



Fte: Castells, X: "Tratamiento y valorización energética de residuos" Ed. Díaz de Santos

Gasificación

Formación de alquitranes

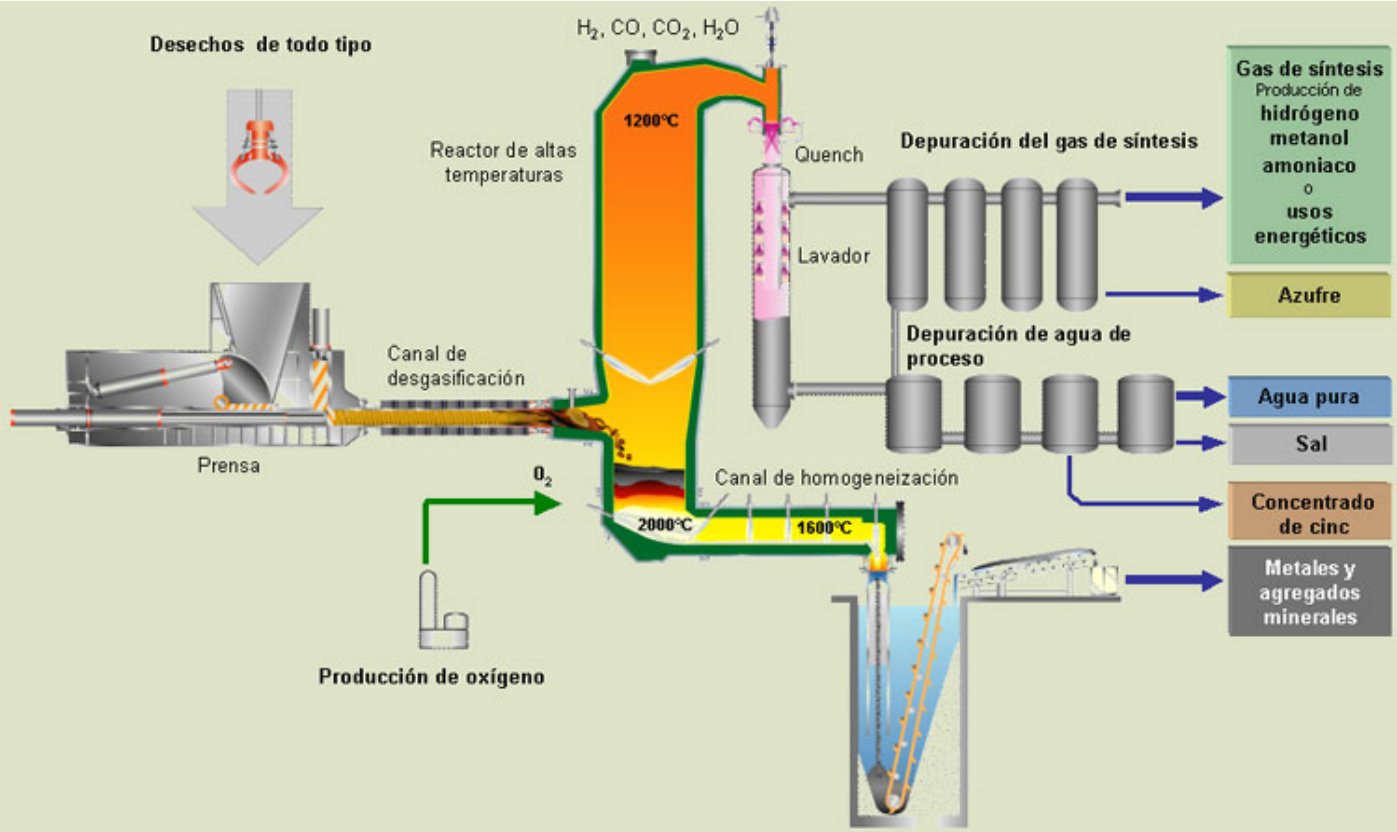
Densificación del material de alimentación

Parámetros críticos

Limpieza de gases

Gasificación. Aplicación industrial Thermoselect

THERMOSELECT



Fte: Thermoselect http://www.thermoselect.com/index.cfm?fuseaction=Verfahrensbeschreibung&m=2.

Gasificación. Ventajas

- La cantidad de gases generados es muy inferior a la incineración.
- Los gases son lavados y fácilmente transformados.
- El rendimiento térmico es muy superior.

Fte: Tecnología Thermoselect en Japón http://www.thermoselect.com/index.cfm?fuseaction=japan&m=3

Craqueo Térmico y Catalítico

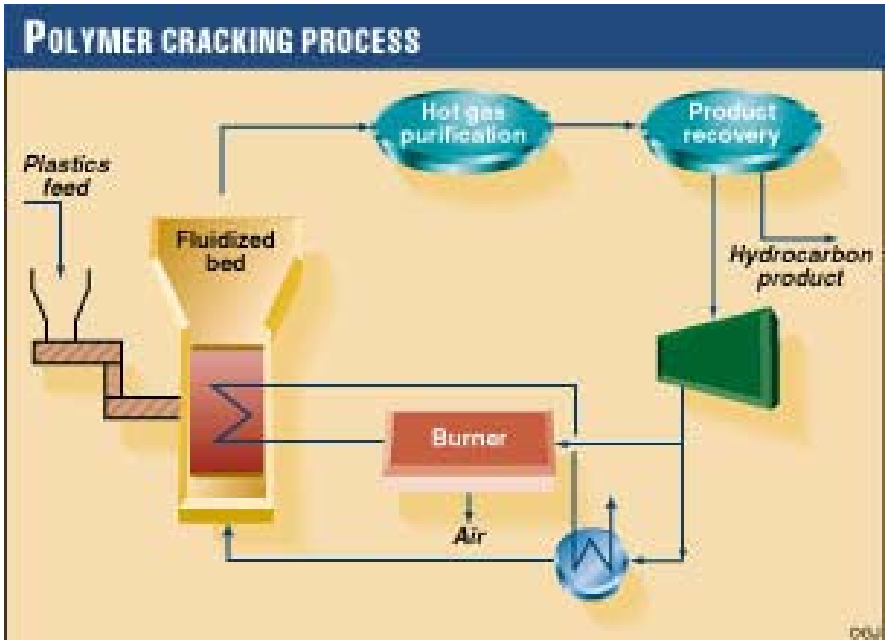
Craqueo: Moléculas orgánicas complejas (residuos) se descomponen en moléculas más simples (hidrocarburos ligeros) por ruptura de los enlaces carbono-carbono

Dependiendo de si se utilizan o no catalizadores se habla de craqueo térmico o craqueo catalítico

Craqueo Térmico

- Atmósfera inerte
- Tª 500 - 800ºC
- Amplia distribución de productos
- Reactores de lecho fluidizado (baja conductividad térmica plásticos)

Aplicación Industrial: BP Chemichals



Fte: Oil & Gas Journal (1997)

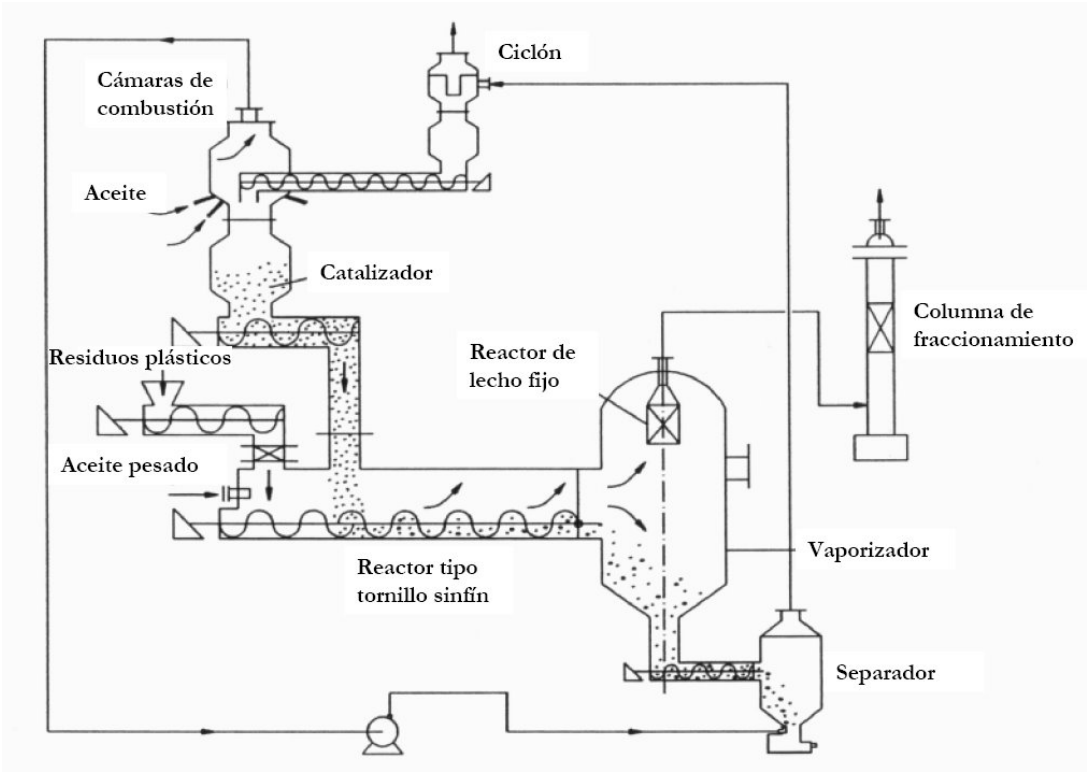
Rendimiento:

Alimentación: poliolefinas (80%), PS (15%), PET (3%) y PVC (2%).

Producto obtenido: 85 % hidrocarburos líquidos, 15 % gases (may. etileno y propileno)

Craqueo Catalítico

- Degradación de los plásticos mediante un catalizador: sólido con propiedades ácidas (zeolitas, sílicealúminas,etc).



Fte: X. Li, WO 01/05908 A1 (2001).

Rendimiento:

Alimentación: 1400 kg de residuos plásticos PP (25%), PS (25%) y PE (50%).

Producto obtenido: 630 kg de gasolina 420 kg de diesel, 140 kg de residuos inorgánicos y 210 kg de gases combustibles.

Craqueo Térmico (CT) vs Craqueo Catalítico (CC)

Tª (Craqueo Cat.) < Tª (Craq. Termico)

V (Craqueo Cat.) > V (Craq. Termico)

CC: control de la distribución de productos ⇒ Selección del catalizador ⇒ Compuestos mayor valor

CC: Elevada viscosidad de los polímeros ⇒ enormes problemas operativos en los reactores (reacción sólido-sólido)

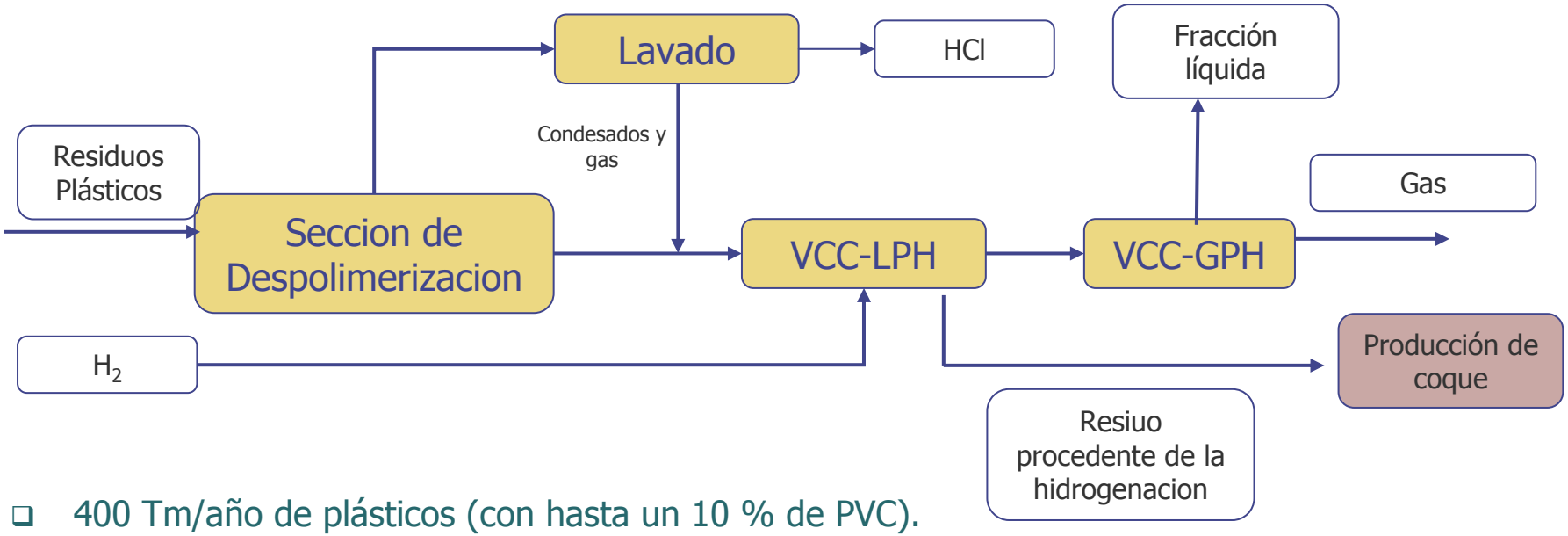
CT: NO desactivación por coquización o envenenamiento del catalizador

Hidrogenación Catalítica

Hidrogenación catálitica: Degradación térmica del residuo en presencia de hidrógeno.

- Las macromoléculas se rompen y los fragmentos se saturan con hidrógeno
- APLICACIONES: Sólidos con PCI alto. Residuos de cables de PVC y plásticos residuales

Proceso industrial: Veba Oel (Alemania)



- 400 Tm/año de plásticos (con hasta un 10 % de PVC).
- P= 150-300 bar y Tª=470 °C en atmósfera de hidrógeno
- Producto final: 60% de parafinas, 30% de nafta, 9% de aromáticos y 1% de olefinas

Hidrogenación Catalítica

- **VENTAJAS**
  - Elevadas presiones (100 bares)
  - Tª 400-500ºC con catalizadores bifuncionales convencionales
  - En presencia de Cl, N o S no plantea excesivos problemas
  - Elevados rendimientos en hidrocarburos líquidos (85 %)
  - El producto resultante puede almacenarse largo tiempo hasta su posterior tratamiento petroquímico
  - Metales y halógenos pasan a formas hidrogenadas más fáciles de tratar.
  - Cl, N, O, etc., son transferidos a sus formas hidrogenadas (menos contaminantes)

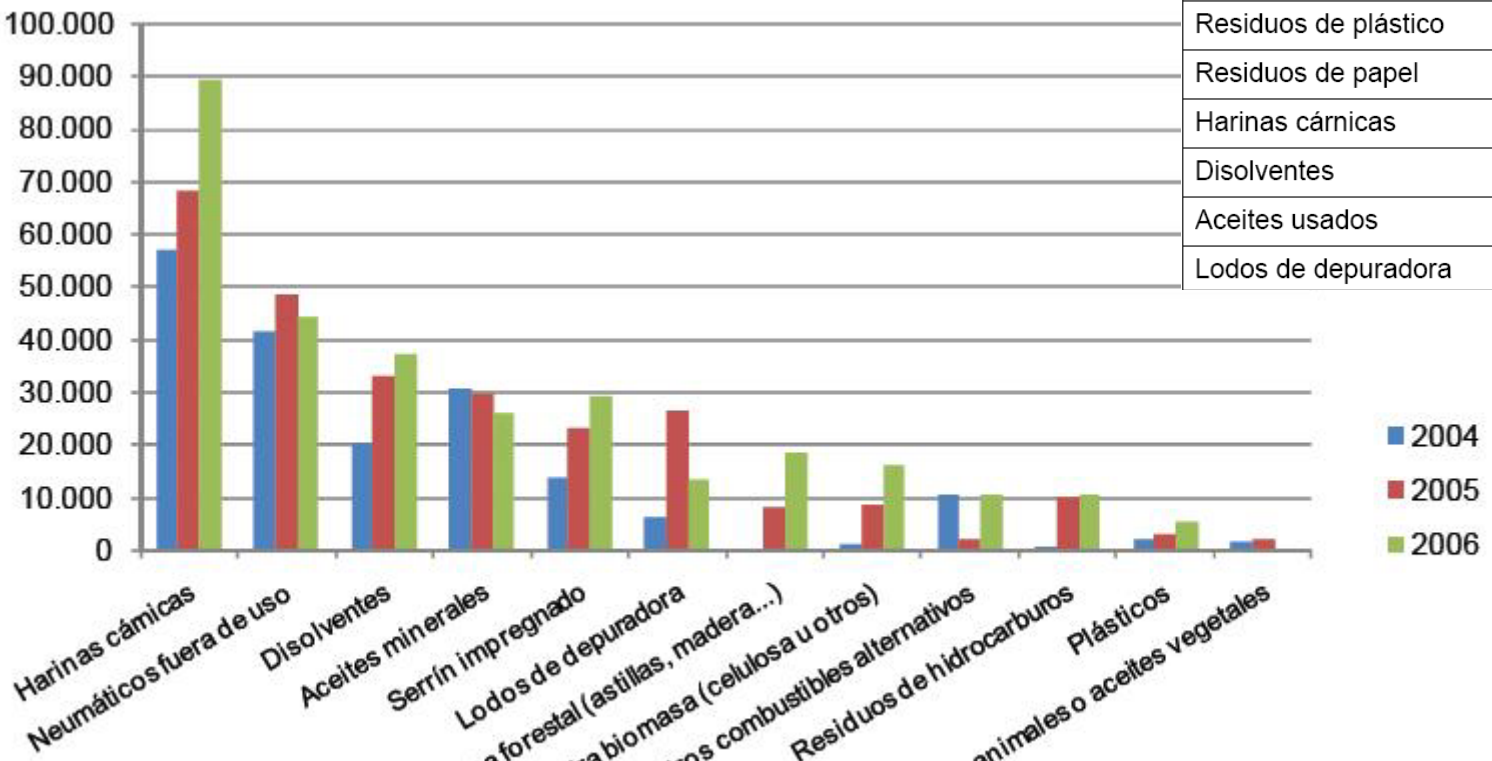
- **INCONVENIENTES**
  - $H_2 \uparrow\uparrow$ P $\Rightarrow$ Caro y peligroso. (Ej. VEBA)
  - Problemas de corrosión derivados del HCl y otros compuestos generados en el proceso

Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos

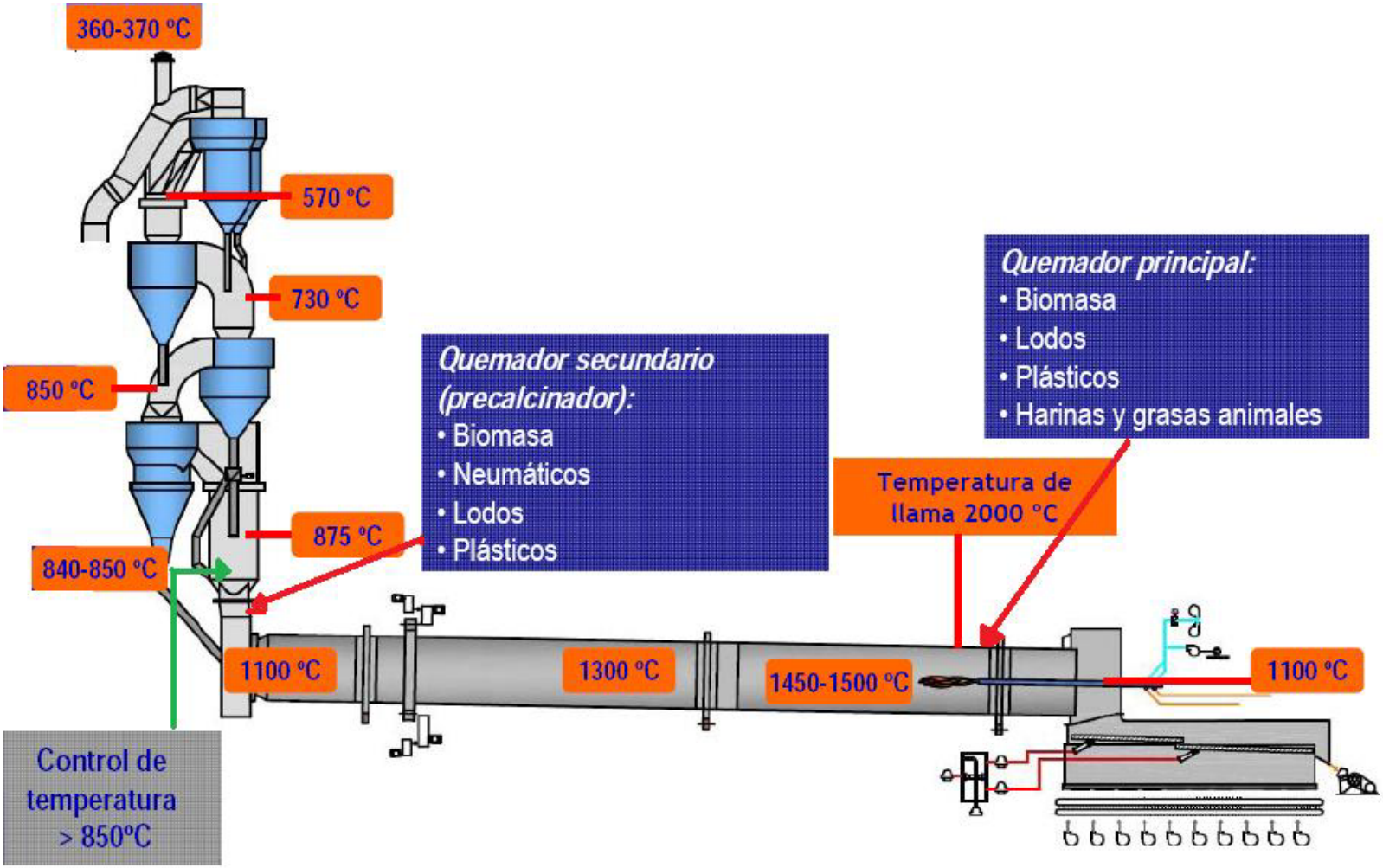
CDR: Aprovechamiento de los residuos como combustible → Ahorro combustibles fósiles
Consumo: 50.000t (Año 2000) – 300.000t (Año 2006) → Plásticos ligeros: 5.000t

EXPERIENCIA EN CEMENTERAS

Neumáticos usados	28-38 GJ/t
Residuos de plástico	26-46 GJ/t
Residuos de papel	15 GJ/t
Harinas cárnicas	18 GJ/t
Disolventes	33 GJ/t
Aceites usados	42 GJ/t
Lodos de depuradora	10-14 GJ/t



Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos



(Fte: Jesus Martínez, Cementos Cosmos).

Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos

Aprovechamiento RSU en cementeras → Imprescindible transformarlos en CSR (Combustible Sólido Recuperado) según Norma CEN/TC 343

3 flujos de residuos para obtención CSR:

- Fracción resto no estabilizada de residuos depositados en vertedero (4,9 Mt/a)
- Fracción seca separada en las plantas de triaje y compostaje (1,25 Mt/a)
- Rechazos de plantas de clasificación de envases (0,05 Mt/a)

¿DIFERENCIA CON INCINERADORA?

	INCINERADORA	HORNO DE CLINKER-CEMENTO
TEMPERATURA	T>850-1480	T>850-2200
TIEMPO –	0-3, 2 s UE	2-6 s 12-15s >1200º
LIMPIEZA DE GASES	ej 10 kg cal/t res	ej 35.000 kg cal/t res

Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos

La industria cementera española apuesta por el reciclaje de residuos en su producción.

La industria cementera española apuesta por el reciclaje y la valoración de los residuos "como una herramienta válida para reducir el consumo de materias primas y disminuir las emisiones de dióxido de carbono en su proceso productivo", según señalaron algunos representantes del sector en la presentación de un estudio en Barcelona de la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (Cema).

Barcelona, 27 May. (Europa Press).- Las fábricas de cemento pueden reutilizar residuos, como restos de altos hornos y harinas cárnicas, entre otros 74 tipos de residuos válidos, y de hecho es el sector que más recicla productos minerales procedentes de otros sectores industriales. Concretamente, durante 2006 se emplearon casi 6 millones de toneladas de materias primas alternativas, medio millón más que dos años antes.

El director de la Oficina Catalana del Cambio Climático, Josep Garriga, señaló durante su intervención que la valorización de los recursos permite "ahorrar petróleo", un producto "finito y caro".

La evolución española en este sector es positiva, ya que en 2004 las cementeras españolas reutilizaron 181.904 toneladas de residuos como combustibles, lo que representó una substitución energética del 2,8 por ciento respecto al consumo total de combustibles en las cementeras españolas. En 2006 estas cifras ascendieron hasta las 298.148 toneladas y una sustitución del 4,2 por ciento.

Aún así, en el conjunto de Europa se utilizaron siete millones de toneladas, y la sustitución energética en el consumo total de combustibles asciende hasta el 83 por ciento en Holanda, el 49 por ciento en Alemania, y el 46 por ciento en Austria, cifras todavía muy alejadas de España.

De las 37 fábricas integrales en funcionamiento que hay en el país, 28 están autorizadas para valorizar los residuos energéticamente. En el caso de la biomasa, su utilización evitó la emisión de 278.217 toneladas de CO_2, el equivalente a las emisiones de 92.000 coches en un año.

Garriga recordó que Europa prevé la reducción del 20 por ciento de las emisiones de CO2 derivadas de la industria cementera antes de 2020, y que los países tendrán que adecuarse a cuotas de emisión que si superan implicarán una penalización económica.

(Fte: Fundación Entorno – 27/05/2009).

Residuos Plásticos como combustible derivado de residuos

EXPERIENCIAS DE CEMEX (85-90% Coque + 10-15% Harinas cárnicas y neumáticos)

LODOS DE DEPURADORA

Quemador principal: mezclados con coque

Ensayos de sustitución con 5%-10%-20%

Empleo de lodos como combustible no supone variación del impacto en el entorno de la fábrica estudiada (Alicante)

VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES:

Metales pesados presentes en lodo quedan integrados en estructura cristalina del clinker sin alterar la calidad

Disminución de la emisión de gases de efecto invernadero

Reducción consumo combustibles fósiles

Disminución residuos destinados a vertedero

ENERFUEL

35% Plásticos + 30% papel y cartón + 20% madera + 15% textil

Sustitución del 10% de combustible

INCONVENIENTE

Potencia calorífica: ½ que coque

VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES:

Ahorro energético

Disminución de emisiones

Cenizas absorbidas por el cemento a Tª>1500ºC

Reducción del consumo de combustibles fósiles

Disminución residuos destinados a vertedero

Conclusiones

- Residuos = Recurso
- Residuos Plásticos → Alto PCI
- Aumento continuo de residuos requiere buscar soluciones alternativas → Aprovechamiento de su valor
- Diversas tecnologías disponibles para el aprovechamiento térmico
- Europa: experiencias de éxito y tecnologías avanzadas
- Incineración vs. Cementeras → Ambas compatibles
- Combinación de tecnologías en ocasiones necesario (Reciclaje + Incineración)
- Ventajas ambientales por aprovechamiento de los recursos

IMPORTANTE: No desaprovechar el valor del residuo eliminándolo en vertedero → NECESARIO VALORIZARLO

MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

ITENE

Beatriz Ferreira – Jefe de Proyectos Gestión de Residuos

Departamento de Sostenibilidad

bferreira@itene.com

RED IT – Red de Institutos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana

Fedit – Centros Tecnológicos de España

IMPIVA – Generalitat Valenciana – Conselleria d'Indústria, Comerç i Innovació

c/ Albert Einstein nº1. Parque Tecnológico de Paterna. 46084 (Valencia) Tlf: 963 905 400. Fax: 963 905 401. www.itene.com