



INDUSTRIALES
ETSII | UPM

ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE LOCAL

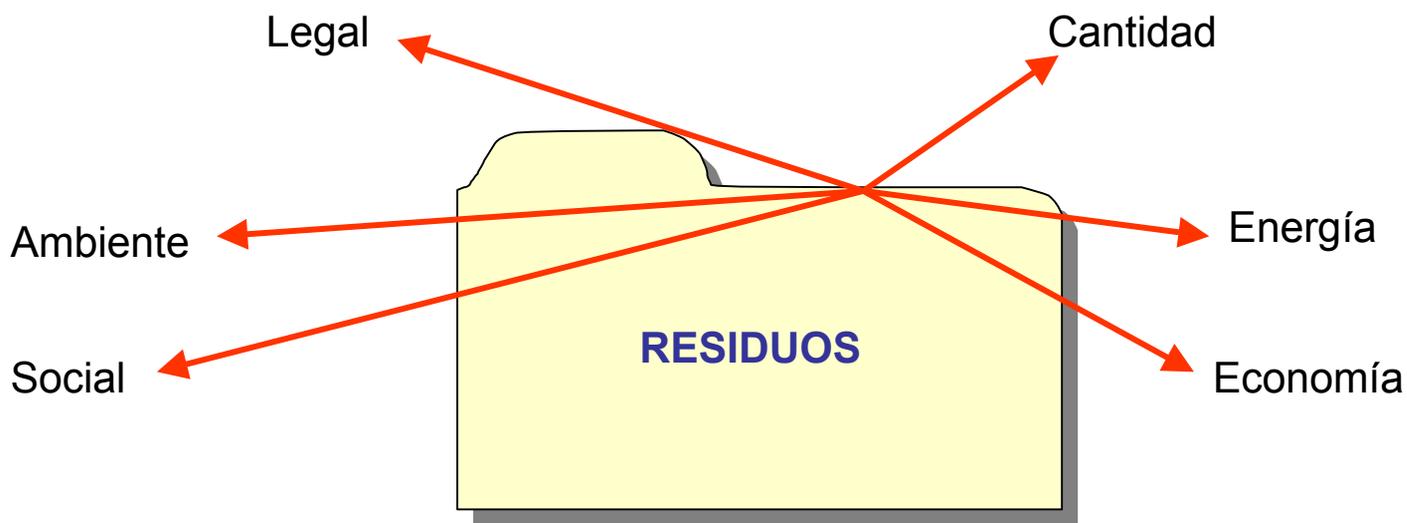
TECNOLOGIAS DE VALORIZACION ENERGETICA DE RESIDUOS

M^a Encarnación Rodríguez Hurtado

UPM

13 febrero 2008

POLITÉCNICA





La Ley 10/1998 de residuos relativa a los residuos, define **residuo** como:
“cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anexo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias”

DESDE 1975

VERTEDEROS

ENVASES

INCINERACION

PELIGROSOS

DEROGACION DIRECTIVA 75/442 Y NUEVA DIRECTIVA 2006/12



Residuos municipales

- Residuos domésticos
- Residuos industriales, comerciales e institucionales asimilables
 - Actividad industrial
 - Comercios
 - Servicios
 - Limpieza parques, vías públicas, áreas recreativas, playas, animales muertos, vehículos abandonados
- Residuos de construcción y demolición
 - Obras menores de construcción
 - Obras menores de reparación domiciliaria



ESPAÑA, 2005

Recogida selectiva	2.133.435 t
Residuos mezclados	19.657.827 t
Puntos limpios	561.890 t
TOTAL	22.353.152 t

67	Plantas clasificación de envases	330.638 t
23	Plantas de compostaje de FORSU	243.921 t
59	Plantas de triaje y compostaje	6.455.248 t
9	Plantas de triaje, metanización y compostaje	1.123.818 t
10	Plantas de incineración	1.915.279 t
188	Vertederos	14.695.940 t

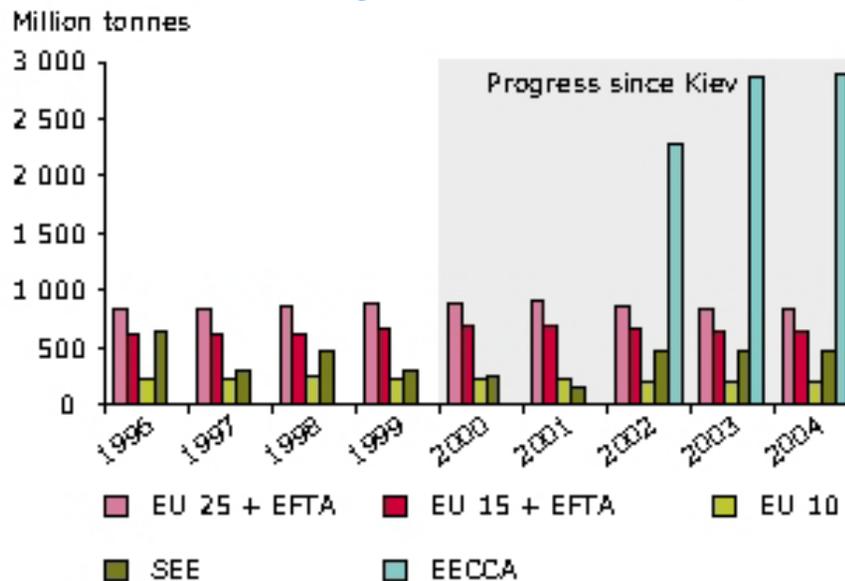
Fuente: "Medio ambiente en España 2006", MMA



En el continente europeo

6-8000 M t/a

Residuos generados en Europa



Nota:

EU 15 + EFTA incluye cifras de Alemania, Bélgica, Dinamarca, Holanda, Italia, Portugal y EFTA (Islandia, Noruega y Suiza)

EU-10 incluye cifras de Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Malta, Polonia y República Checa

SEE incluye cifras de Rumania y Bulgaria

EECCA incluye cifras de Azerbaiyan, Bielorusia, Federación Rusa, Moldavia, Ucrania



Municipal waste, kg per capita, 2004

	Municipal waste generated	Municipal waste treated ^a :	
		landfilled	incinerated
EU27	518	243	88
EU25	525	238	94
Belgium	465	47	154
Bulgaria	471	396	0
Czech Republic	278	222	39
Denmark	696	31	379
Germany	587	104	144
Estonia	449	283	0
Ireland	753	461	0
Greece	433	397	0
Spain	608	309	32
France	544	203	183
Italy	538	306	61
Cyprus	739	659	0
Latvia	311	259	12
Lithuania	366	334	0
Luxembourg	696 ^e	127 ^e	260 ^e
Hungary	454	294	14
Malta	624	569	0
Netherlands	625	11	202
Austria	627	126	136
Poland ^{**}	256	241	1
Portugal	436	291	95
Romania	378	305	0
Slovenia	417	313	8
Slovakia	274	222	34
Finland	455	273	45
Sweden	464	42	217
United Kingdom	605	419	49

^a Recycling is not included.

^{**} Poland: The figures give only the amount of municipal waste collected.

^e estimated



Lodos de depuración en España: 1.300.000 t/a

Fuente: Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015, MMA

65% destinado a agricultura, 2005

Fuente: Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, MMA

Lodos de depuración en Europa (estimación para 2005): 9.400.000 t/a

Fuente: Agencia de Medio Ambiente Europea, 2001



Composición de los residuos urbanos en España

Componente	Composición media (%)
Materia orgánica	44
Papel-cartón	21
Plástico	10,6
Vidrio	7
Metales férricos	3,4
Metales no férricos	0,7
Maderas	1
Otros	12,3
TOTAL	100

Fuente: Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, MMA

PREVENIR

VALORIZAR (RECICLADO/REUTILIZACION/RECUPERACION/ENERGIA)

ELIMINACION

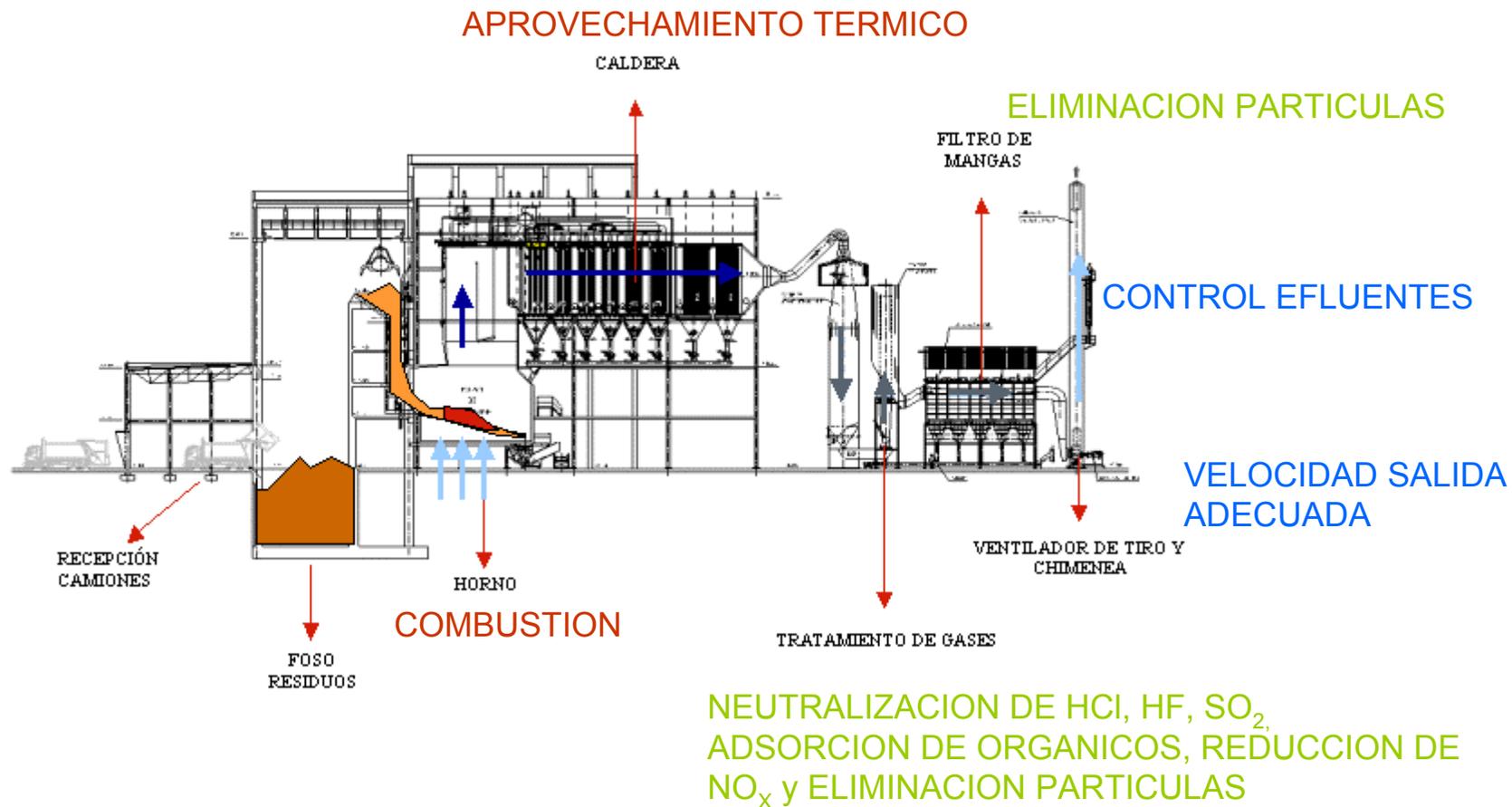


ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS MUNICIPALES



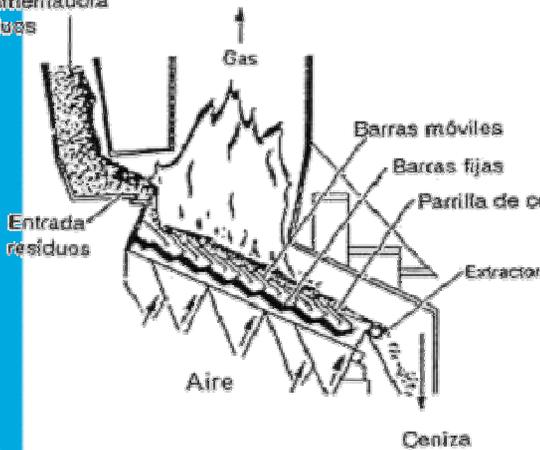


Incineración es combustión con recuperación de energía y depuración de los gases producidos

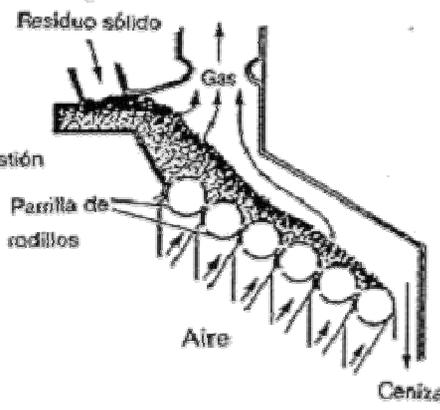




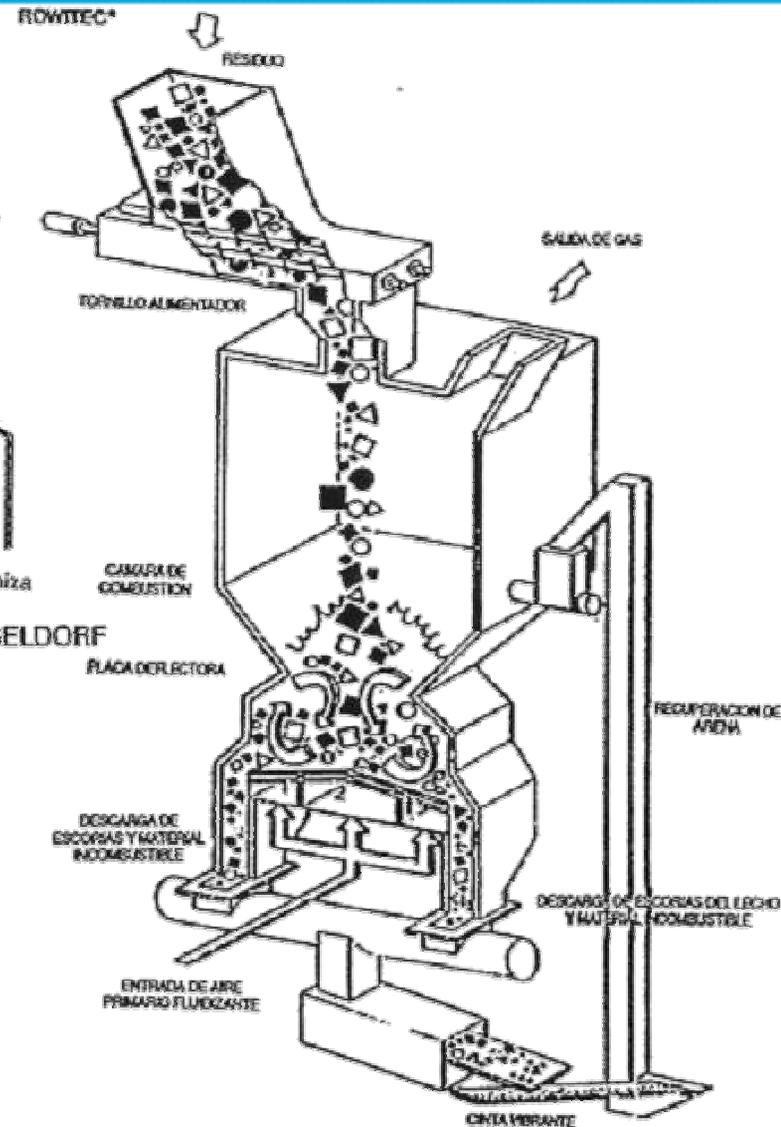
Tolva alimentadora de residuos



Parrilla tipo MARTIN



Parrilla tipo DUSSELDORF



- Formación de NO_x
- Depuración de gases
- Escorias

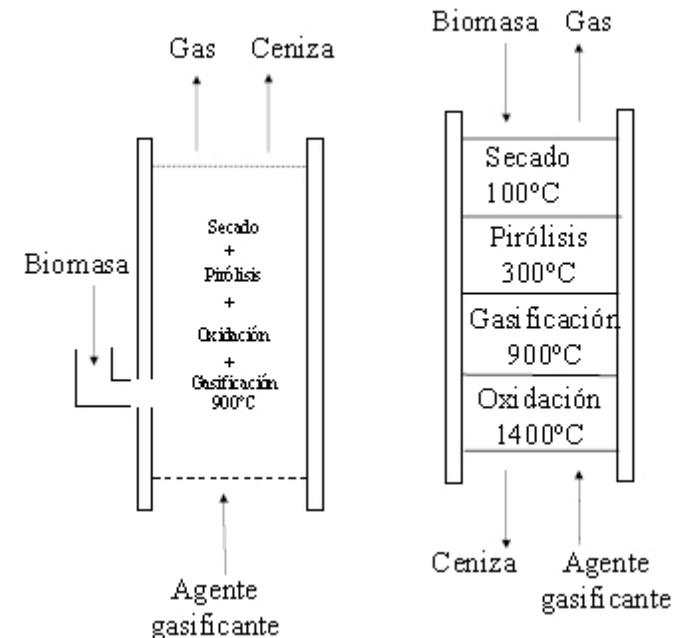


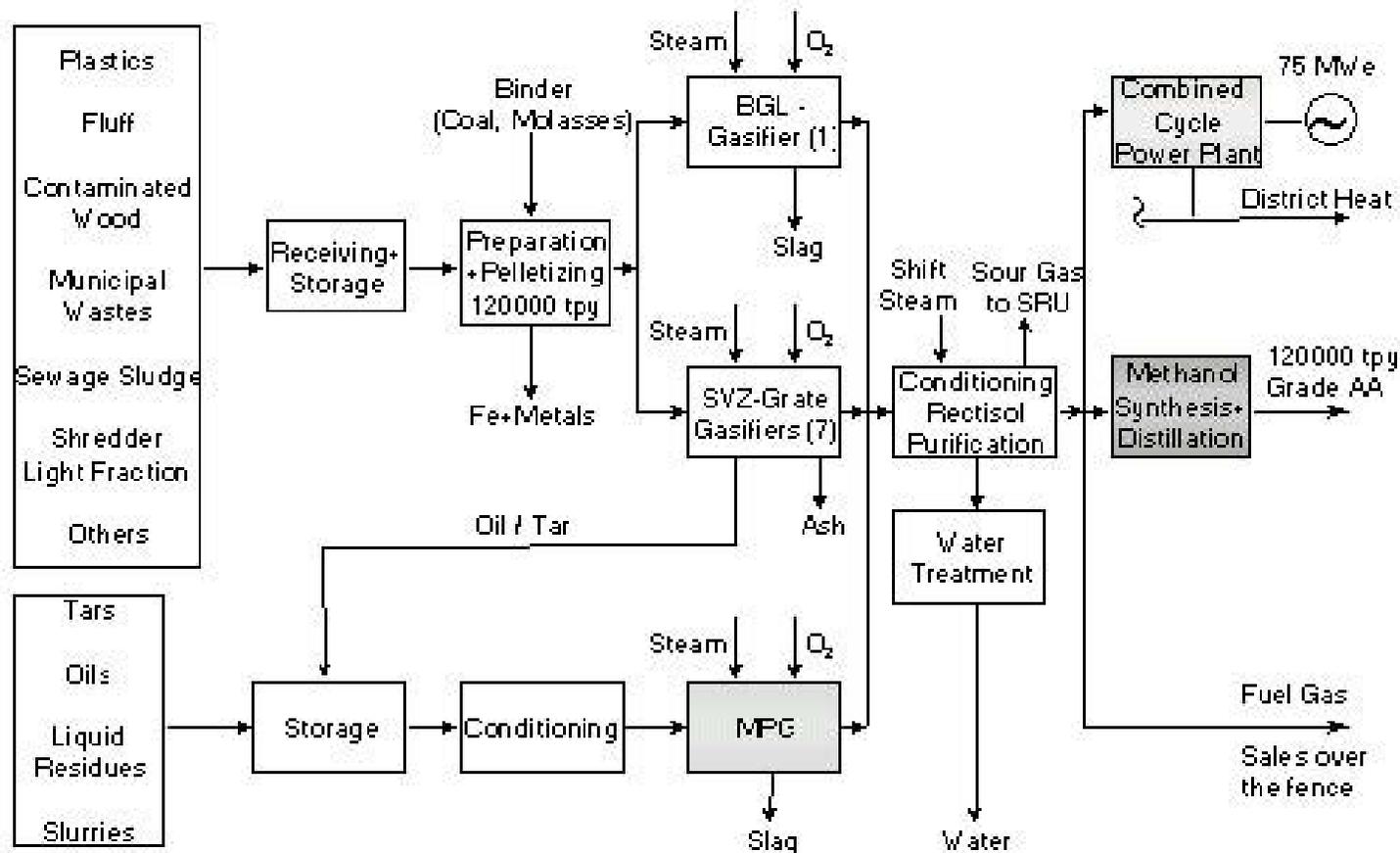
Gasificación es oxidación parcial con un gasificante que contiene oxígeno con recuperación de energía y/o materia y depuración de los gases producidos

$C + O_2 \rightarrow CO_2$	Exotérmica (1), combustión
$C + 1/2O_2 \rightarrow CO$	Exotérmica (1), combustión
$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$	Endotérmica (2), gasificación
$C + CO_2 \rightarrow 2 CO$	Endotérmica (3), gasificación
$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$	Exotérmica (4), gasificación
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	Exotérmica (5), <i>water gas shift</i>
$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$	Exotérmica (6), metanización



- **Lecho móvil**
 - contracorriente (*updraft*)
 - corriente paralela (*downdraft*)
- **Lecho fluidizado**





Fuente :<http://www.dieter-ulber.de/gtc.htm>

Fixed bed gasifiers (FBG)
British Gas/Lurgi gasifier (BGL)
Multi Purpose gasifier (MPG)

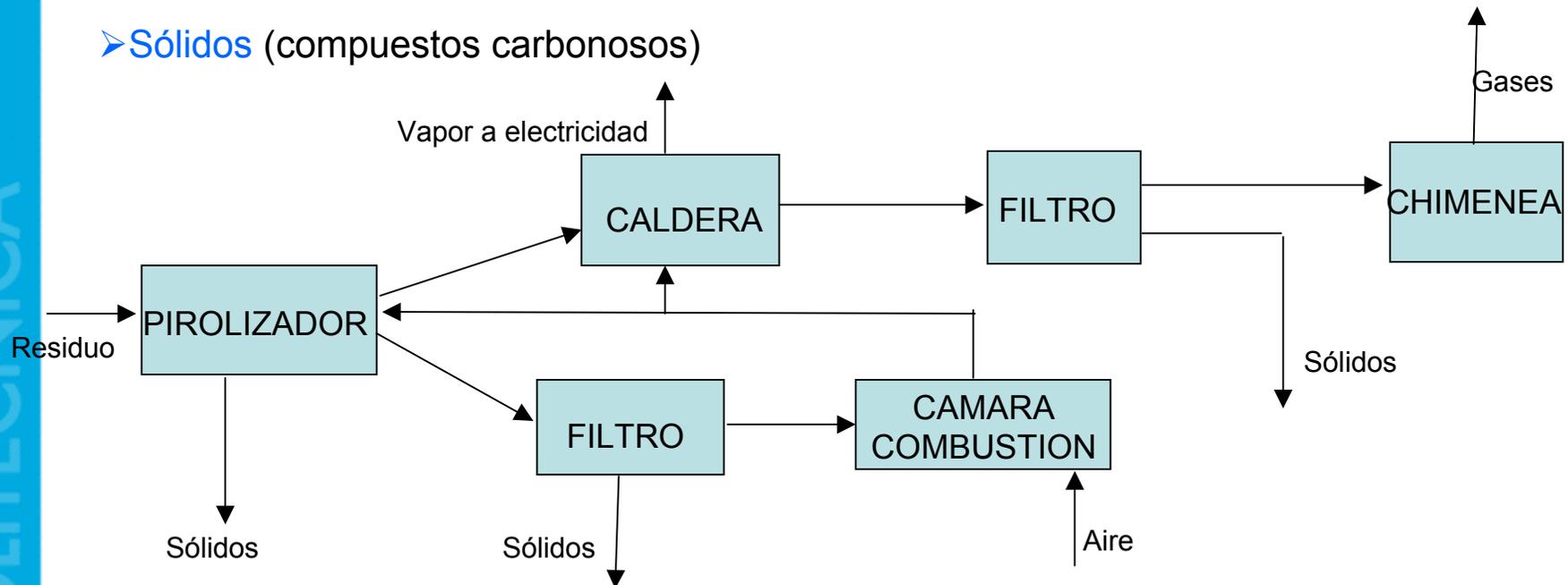


Pirólisis es descomposición por calor ($>400\text{ }^{\circ}\text{C}$) en ausencia de oxígeno con aprovechamiento energético de los productos obtenidos

Productos obtenidos:

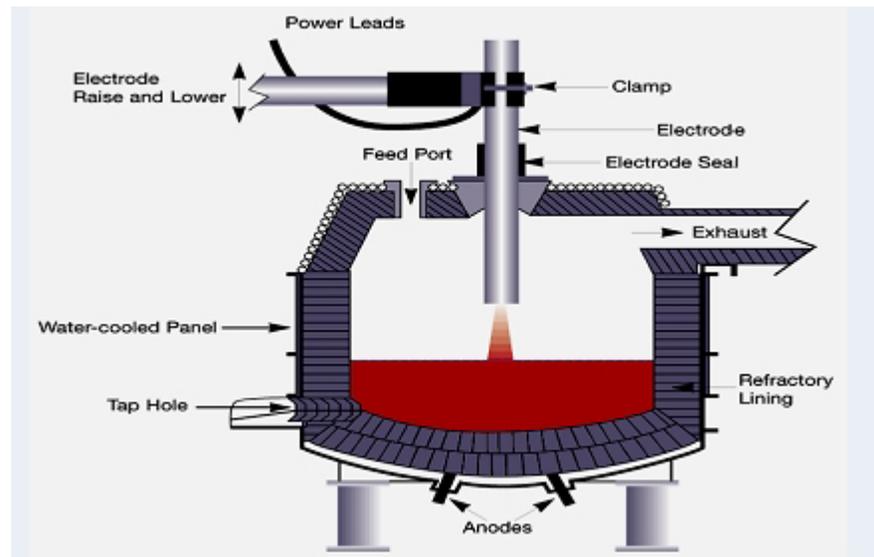
➤ **Gases** (Hidrógeno, óxidos de carbono y compuestos orgánicos) que pueden condensarse parcialmente dando **Líquidos** (compuestos orgánicos)

➤ **Sólidos** (compuestos carbonosos)





Plasma es gasificación a elevadas temperaturas (3000-20000 °C) que se consiguen convirtiendo energía eléctrica en calor. El plasma es una fuente de especies reactivas a partir de un gas.



Fuente: www.equitydevelopment.co.uk



Rendimiento en la generación de energía eléctrica neta

Sistema energético	Rendimiento en plantas de gasificación/pirólisis(%)	Rendimiento en incineración (%)
Caldera de vapor y turbina	10 - 20	20 - 27
Motor de gas	13 - 28	-
Ciclo combinado	30	-
Co-combustión en una central térmica	< 27	-

Fuente: www.defra.gov.uk



Necesidades de espacio

Instalación	Capacidad de tratamiento (t/a)	Edificaciones (m ²)	Total (ha)	Altura chimenea (m)
Incineración	90.000	5.850	1,7	65
Incineración	250.000	6.600	4,0	70
Pirólisis	60.000	-	0,98	-
Pirólisis	12.500	200	n.d.	-
Pirólisis	35.000	28.000-32.000	4,0	-
General (TTA) *	50.000	3.600	1-2	30-70

Fuente: www.defra.gov.uk

(*). TTA= Tratamientos térmicos avanzados (gasificación, pirólisis)



ETSII | UPM **Biometanización** es la descomposición biológica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno

Etapas:

1º Hidrólisis

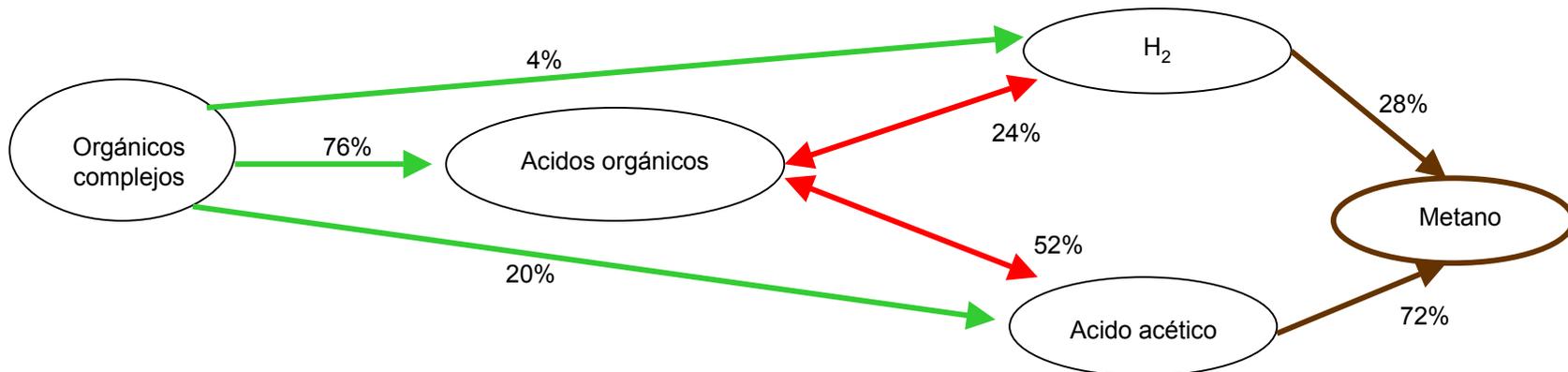
2º Fermentación (acidogénesis)

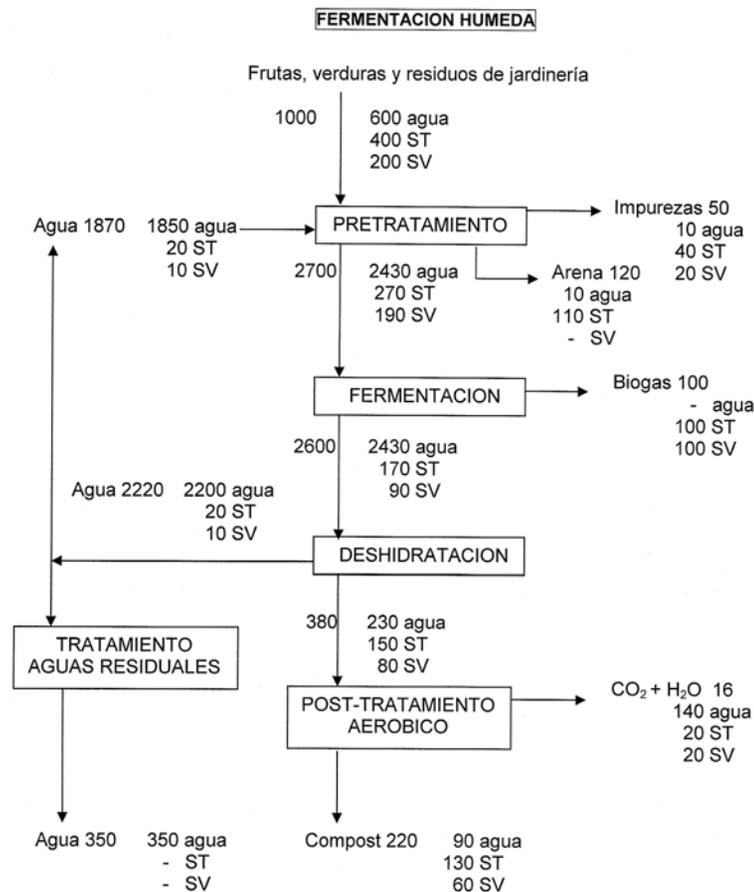
3º Metanogénesis

En hidrólisis: lípidos + polisacáridos + proteínas + ácidos nucleicos + otros orgánicos **se transforman** en compuestos sencillos

En fermentación: Los compuestos sencillos anteriores **se transforman** mediante varias fases en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono

En la metanogénesis: se forma metano y dióxido de carbono

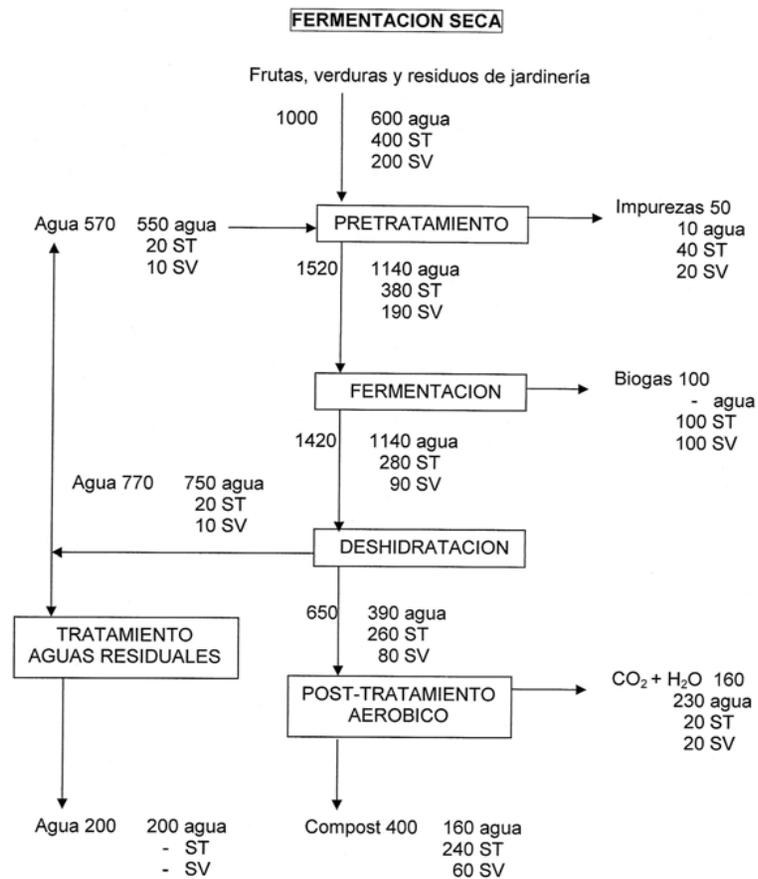




Los valores numéricos del balance másico se han considerado en kg

Corresponden a una digestión mesófila

Concentración de sólidos totales a la entrada del reactor: 10%



Los valores numéricos del balance másico se han considerado en kg

Corresponden a una digestión mesófila

Concentración de sólidos totales a la entrada del reactor: 25%



Instalaciones y producción de biogás en 2005 en UE

Instalaciones en UE	Aprox. 200
Producción de biogás en UE	4.959 kTEP (317 España) 1. 3.173 vertederos 2. 932 estabilización fangos 3. 854 residuos
Producción de calor bruto a partir de biogás en la UE	424 kTEP (14,7 España) 1. 288 Calor solo 2. 136 Plantas de cogeneración
Producción de electricidad a partir de biogás en la UE	14.660 GWh (879 España) 1. 7.364 Centrales eléctricas 2. 7.296 Plantas de cogeneración

Fuente: EurObser'ER-Biogás Barometer, Mayo 2006



INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Tabla 2.2.- Inventario IPCC de gases de efecto invernadero – Año 2005

GASES DE EFECTO INVERNADERO CATEGORIAS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kilotoneladas (Gg) equivalentes de CO ₂						
Total (Emisión Bruta)	368.282,28	37.268,65	29.571,21	5.010,91	244,41	271,63	440.649,10
1. Procesado de la energía	340.149,19	2.953,30	4.423,47				347.525,96
A. Actividades de combustión	337.908,46	1.103,74	4.423,40				343.435,59
1. Industrias del sector energético	125.161,07	94,05	747,90				126.003,02
2. Industrias manufactureras y de la construcción	71.179,05	176,83	621,62				71.977,50
3. Transporte	102.435,77	175,92	2.711,17				105.322,87
4. Otros sectores	39.132,56	656,94	342,70				40.132,20
5. Otros							0,00
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	2.240,74	1.849,56	0,07				4.090,37
1. Combustibles sólidos	89,91	940,81					1.030,72
2. Petróleo y gas natural	2.150,83	908,75	0,07				3.059,65
2. Procesos Industriales	26.759,68	67,52	1.562,64	5.010,91	244,41	271,63	33.916,79
A. Productos minerales	22.238,82						22.238,82
B. Industria química	726,56	51,69	1.562,64				2.340,89
C. Producción metalúrgica	3.794,29	15,83			143,19		3.953,31
D. Otras industrias							0,00
E. Producción de halocarburos y SF ₆				680,93			680,93
F. Consumo de halocarburos y SF ₆				4.329,98	101,22	271,63	4.702,84
G. Otros							0,00
3. Uso de disolventes y de otros productos	1.236,61		243,35				1.479,96
4. Agricultura	0,00	22.677,42	22.087,25				44.764,67
A. Fermentación entérica		13.498,08					13.498,08
B. Gestión del estiércol		8.870,62	2.927,80				11.798,42
C. Cultivo de arroz		297,89					297,89
D. Suelos agrícolas			19.156,78				19.156,78
E. Quemadas planificadas de sabanas							0,00
F. Quema en campo de residuos agrícolas		10,83	2,67				13,51
G. Otros							0,00
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	136,80	11.570,42	1.254,50				12.961,71
A. Depósito en vertederos	11,20	8.628,39	2,98				8.642,56
B. Tratamiento de aguas residuales		2.141,70	1.196,67				3.338,37
C. Incineración de residuos	125,60	112,75	54,85				293,20
D. Otros		687,58					687,58

CO₂ = 1

CH₄ = 21

N₂O = 310

POLITÉCNICA

Fuente; Inventario de Gases de efecto invernadero en España Edición2007, MMA



España. Objetivos en gestión de residuos urbanos 2008 - 2015

Objetivos de obligado cumplimiento

- ✓ **Residuos envases** Reciclaje total 55-80% Valorización >60%
- ✓ **Residuos biodegradables** Vertedero <50% (16-7-2009) Vertedero <35% (16-7-2016)

Año de referencia 1995 (RD 1481/2001, Art.5)

- ✓ **Para todos los residuos** conseguir un ahorro de 188,5 Mt CO₂ eq durante 2008-2012

Otros objetivos

- ✓ Tendencia a la estabilización (2010), Tendencia a la disminución del 8% (2011-2015), Tendencia a la disminución del 10% (2015 en adelante)
- ✓ Recogida selectiva en poblaciones > 100.000 hab. y en áreas alta generación (mercados, generadores singulares, residuos verdes, etc.) de todas las poblaciones (a partir de 2010)
- ✓ **Biometanización y técnicas similares** de materia orgánica: 5% (2010) y 10 % (2015)
Objetivos referidos al año 1995
- ✓ **Incineración** con recuperación de energía de fracción resto: 5 % (2009) y 6-10% (2012)
- ✓ **Valorización energética mediante otras tecnologías** de fracción resto : 1 % (2009) y 4% (2012)
- ✓ **Valorización energética lodos** de depuradora: 15% (2010)



- La valorización energética consigue ahorro de combustibles fósiles
2Mt/a incineradas en 2005 supusieron 1028 GWh con 224 MW instalados
- El rendimiento energético (calor) en incineración puede alcanzar el 90%
- Evita la ocupación de espacios a diferencia de los vertederos
- La incineración de residuos es la actividad industrial mas controlada
- Evita generación de gases de efecto invernadero respecto a vertederos
0,58 t CO₂ eq/t de residuo vertido
0,15 t CO₂ eq/t de residuo incinerado