



10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10)

Valorización Energética de residuos: Análisis de gestión y perspectivas

Capacidad energética de los residuos, propuestas de futuro y aspectos ambiguos de la fórmula R 1 de Eficiencia Energética de la Incineración

Alfonso Maíllo Sánchez

Urbaser



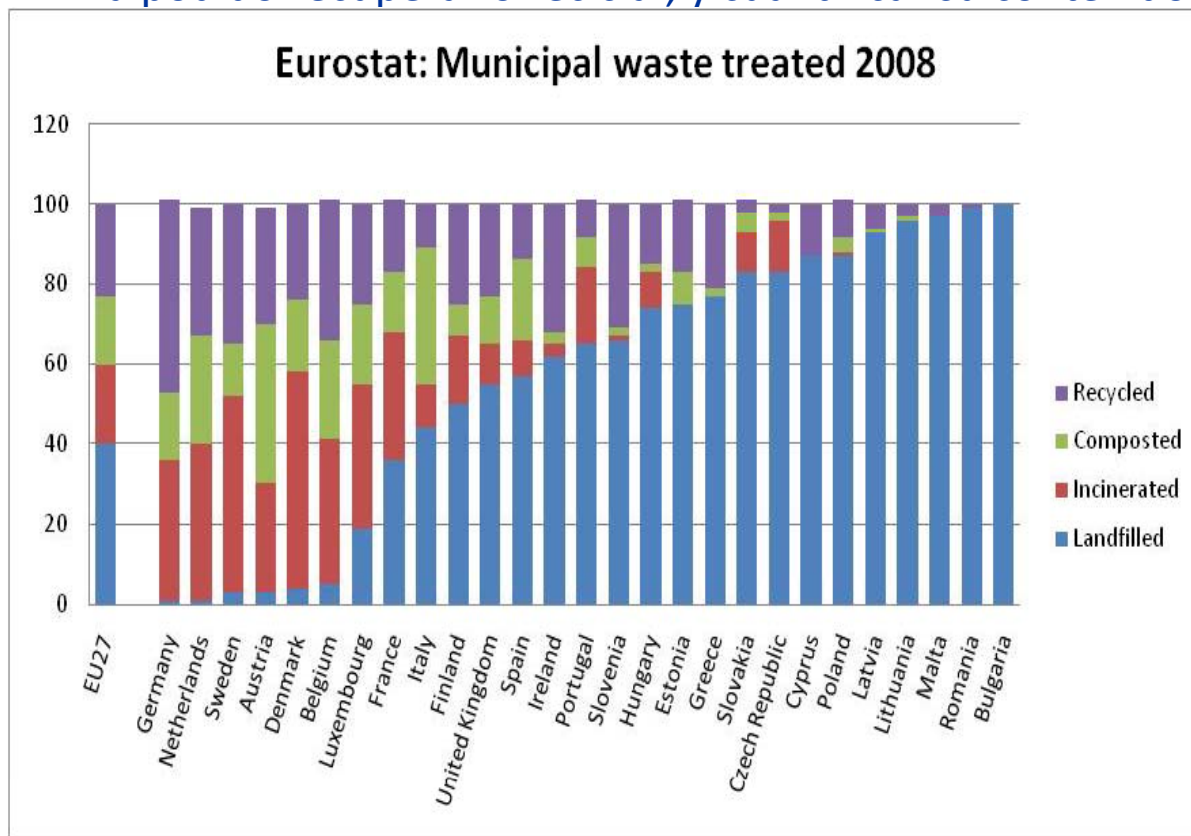
Miercoles24 de noviembre de 2010

Eurostat - Municipal Waste Generated, 1000 tonnes, 1995 -2008

Country	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
EU 27 countries	226528	232322	239518	238758	246050	252499	252327	255629	250847	251242	253845	257857	260029	260777
EU 15 countries	188039	194236	200912	202676	208693	214514	216799	219528	216067	217210	216417	219827	222090	222657
Euro area 16 countries	156075	161059	166335	167208	171314	176285	177347	179306	176178	176259	176167	179140	181636	182574
Euro area 15 countries	154494	159580	164858	165812	169906	174916	176051	177782	174579	174784	174609	177517	179968	180802
Belgium	4576	4567e	4712e	4653e	4731e	4874e	4838e	5025	4842	5064	5024	5093	5256e	5255e
Bulgaria	5838	5165	4809	4103	4141	4224	4003	3945	3916	3673	3688l	3446l	3593l	3571
Czech Republic	3120e	3200e	3280e	3017	3365	3434	2798l	2845	2857	2841	2954	3039	3025	3176
Denmark	2959	3253	3104	3141	3329	3546	3519	3568	3618	3757	3990	4021	4364e	4390e
Germany	50894s	52544s	53966s	53058s	52373s	52810s	52075s	52772	49622	48434	46555	46426	47887	47787e
Estonia	533	565	593	557	569	604	509b	553	567e	606	587e	627e	681e	690e
Ireland	1848	1898e	2000e	2057	2168e	2279	2704	2720	2918	3001	3041	3385	3398	3224
Greece	3200	3600	3900	4082	4264	4447	4559	4640	4710	4781	4853	4927	5002	5077
Spain	20076	21125	22174	22423	24470	26505	26616	26404	27270	25746e	25683	26209	26238	26030e
France	28253	28950	29677	30449	30612	31232	32198	32684	31400	32444	33366	33990	34630	34773e
Italy	25780	25960	26605	26846	28364	28959	29409	29864	30034	31150	31664	32508	32548	33465e
Cyprus	387	421	433	448	458	470	490	500	518	540	553	571	587	608e
Latvia	657e	650e	621e	597e	584e	642e	713	793	695	720	716	942	861	752
Lithuania	1546	1445	1510	1578	1236b	1276	1313	1395	1328	1260	1287	1326	1354	1369
Luxembourg	240	242	253	266	278	285	285	291	306	311	313	323	331e	339e
Hungary	4752	4834	5016	4976	4943	4552b	4603	4646	4700e	4592	4646	4711	4594	4553
Malta	146e	156e	167e	177e	181	208	212	214	231	250	251	253	266	285
Netherlands	8469	8728	9180	9280	9436	9769	9830	10019	9885l	10161	10178	10167	10308	10210e
Austria	3476	4110	4241	4240	4496	4646	4634	4914	4932	5047	5084	5396	4951	4997e
Poland	10985l	11621l	12183l	11827l	12317l	12226l	11109l	10509l	9925l	9759l	12169e	12235e	12264e	12194e
Portugal	3855	4003	4080	4275	4486	4813	4846	4538b	4649	4570	4694	4804l	5007e	5059e
Romania	7758	7375	7347	6246	7066	7951	7539	8365	7611e	7483e	8173e	8392e	8161e	8227e
Slovenia	1186	1175e	1170e	1159	1090e	1020e	953	812b	834	833	845	866	886	923
Slovakia	1580	1479	1477	1396	1408	1389	1296	1524b	1599	1475	1558	1623	1669	1772
Finland	2109e	2100e	2300	2400	2500	2600	2412	2384	2428	2453	2506	2600	2675	2768
Sweden	3405	3405	3678	3810	3794	3796	3929	4172	4211	4169	4347	4500	4717	4732
United Kingdom	28900	29750	31042	31697	33392	33954	34945	35532	35242l	36122	35121	35479	34780	34550e
Candidate countries														
Turkey	27234	29348	31944	32973	30470e	30617e	31031	30999	31081	29736b	31352e	30082	30000s	30210e
European economic area														
Iceland	114	117	120	123	126	130	133	137	140	147	153	171	174e	175e
Norway	2722	2761	2721	2858	2650	2755	1629b	1780	1836	1903	1968	2140	2312	2324
Switzerland	4240	4280	4330	4370	4560	4730	4790	4940	4920	4900b	4940	5330	5460	5650

SITUACIÓN EN EUROPA

1. Actualmente se está enviando a vertedero gran cantidad de energía, de la cual un alto porcentaje es renovable (biomásico). La tendencia es valorizar aquello que no se ha podido recuperar o reciclar, y cuantificar su contenido renovable.



ESPAÑA:

575kg/habitante:

- Vertido: 57%
- Incineración: 9%
- Reciclaje: 14%
- Compostaje: 20%

Significa cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía general (art. 3, apdo. 15) Directiva 2008/98/CE)

Son operaciones de valorización, por ejemplo, “la utilización principalmente como combustible u otros medios para generar energía”, y estos medios incluyen las instalaciones de incineración dedicadas a procesar R.S.U. solamente cuando su eficiencia energética es igual o superior a:

0,65 para instalaciones autorizadas después del 31 de diciembre de 2008

$$\text{Eficiencia energética: } \frac{\epsilon_p - (\epsilon_f + \epsilon_i)}{0,97 * (\epsilon_w + \epsilon_f)}$$

Donde

- ϵ_p energía producida como calor o electricidad. Se calcula multiplicando la energía eléctrica por 2,6 y el calor producido para uso comercial por 1,1 (GJ/año)
- ϵ_f energía anual introducida al sistema procedente de combustibles que contribuyen a la producción de vapor (GJ/año)
- ϵ_w energía anual contenida en los residuos tratados, calculada utilizando el poder calorífico inferior (PCI) del residuo (GJ/año)
- ϵ_i energía anual importada, excluyendo ϵ_w y ϵ_f (GJ/año)

0,97 es el factor que incluye las pérdidas de energía debidas a las escorias del horno y a la radiación

Es un requisito imprescindible que la instalación tenga la capacidad y haya sido diseñada técnicamente para incinerar residuos sólidos municipales mezclados y disponga de un permiso para tal uso, donde se indiquen explícitamente las categorías de residuos que pueden ser tratados, de acuerdo con la Lista de Residuos del Catálogo Europeo de Residuos.



VALORIZACIÓN ENERGÉTICA: UNA ALTERNATIVA AL VERTEDERO

Directiva 1999/31/CE del Consejo, relativa al vertido de residuos

Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos

España, que está incumpliendo con la Directiva sobre vertederos (RD 1481/2001) en cuanto a reducir el % de materia orgánica a verter, se ve obligada por la Directiva marco de residuos (en periodo de trasposición) a priorizar la valorización energética frente al vertido



FRACCIÓN RENOVABLE DE LOS RSU: FORSU

DIRECTIVAS EUROPEAS

DIRECTIVAS EUROPEAS

Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad, art.2

Directiva 2003/96/CE del Consejo, por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad, art. 16

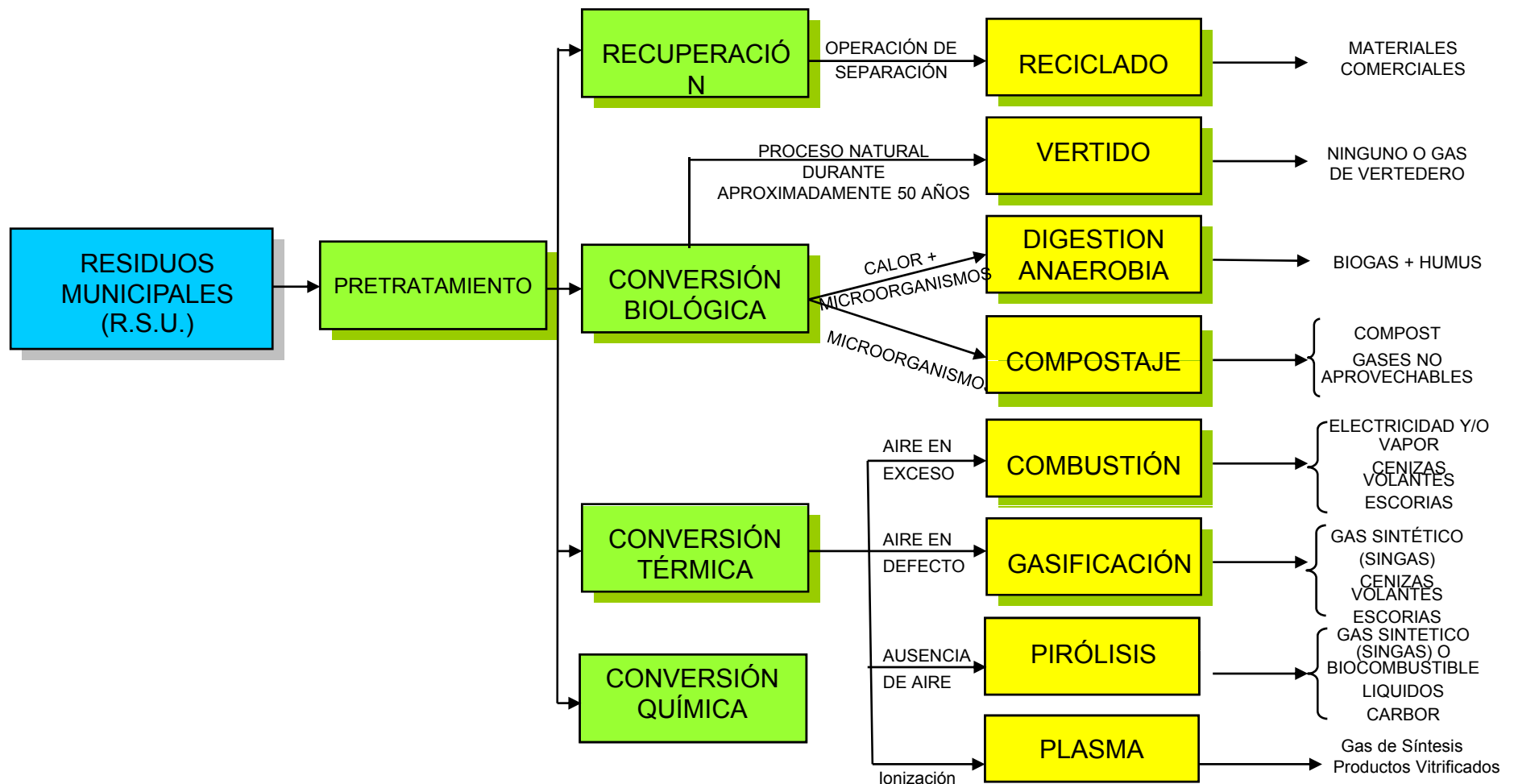
“Biomasa”: la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

La biomasa supone una contribución nula a las emisiones de gases de efecto invernadero

CONCEPTO DE TRATAMIENTO

PROCESOS

PRODUCTO



	AÑO 2015	AÑO 2020
- RSU Biodegradable destinadas a Incineración	1.165.000 t/año	1.790.000 t/año
- CDR biodegradable de RSU destinadas a Incineración	62.000 t/año	100.000 t/año
- RSU Biodegradable a Biogás en digestores	708.349 t/año	1.187.405 t/año
- RSU Biodegradable a Vertederos	4.175.073 t/año	3.296.110 t/año
- CSR Biodegradable de RSU a Hornos Industriales	200.000 t/año	320.000 t/año
TOTAL	6.310.922 t/año	6.693.515 t/año

Producción estimada de RSU en año 2015 = 27.000.000 t/año.

Porcentaje de Biodegradable en 50% = 13.500.000 t/año.

Aprovechamiento previsto: $6,31 / 13,50 = 46,7 \%$

Resto a vertedero sin aprovechamiento: $13,5 - 6,35 / 27 = 26,6 \%$

Si se hace el cálculo con el 63% de Fracción Biodegradable en la RSU, que es más real en España, resultaría:

Porcentaje de Biodegradable = $27 \times 0,63 = 17,01$ millones t/año.

Resto a Vertedero: $(17,01 - 6,31) / 27 = 39,63 \%$ > 35% del Real Decreto de Vertederos, 1481/2001.

	Objetivos cualitativos	Objetivos cuantitativos																				
Reutilización	<p>Conocer los niveles de reutilización de residuos urbanos de origen domiciliario (voluminosos, envases, electrodomésticos, ropa, etc.), para fijar un programa de reutilización efectivo en la segunda revisión del Plan.</p> <p>Aumentar la reutilización de envases de vidrio para determinados alimentos líquidos, especialmente en el canal HORECA, y de envases industriales y comerciales.</p>	<p>Reutilización de envases de vidrio (1)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>HORECA (%)</th> <th>Resto canales consumo (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aguas envasadas</td> <td>60</td> <td rowspan="4">15</td> </tr> <tr> <td>Cerveza</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Bebidas refrescantes</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Vino (2)</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Estos porcentajes podrán ser modificados en la primera revisión del plan a la luz de la mejora de la información</p> <p>Establecimiento de porcentajes de reutilización para diferentes tipos de envases comerciales e industriales en la primera revisión del Plan, en particular bidones y palets.</p>	Producto	HORECA (%)	Resto canales consumo (%)	Aguas envasadas	60	15	Cerveza	80	Bebidas refrescantes	80	Vino (2)	50								
Producto	HORECA (%)	Resto canales consumo (%)																				
Aguas envasadas	60	15																				
Cerveza	80																					
Bebidas refrescantes	80																					
Vino (2)	50																					
Reciclado	<p>Aumento del compostaje y de la biometanización de la fracción orgánica recogida selectivamente</p> <p>Conversión gradual de las plantas de triaje y compostaje de residuos mezcla en plantas para el tratamiento mecánico biológico previo a la eliminación</p> <p>Garantizar y verificar el cumplimiento de los objetivos legales en materia de reciclado y valorización de residuos de envases</p> <p>Aumentar las tasas de reciclado de los diferentes materiales presentes en los residuos urbanos de origen domiciliario</p> <p>Incremento de las toneladas recogidas selectivamente de diferentes fracciones procedentes de otros canales de recogida HORECA, grandes generadores, etc.</p>	<p>Durante el periodo de vigencia del Plan: Incrementar la cantidad de fracción orgánica recogida selectivamente como mínimo a 2 millones de toneladas para destinarla a instalaciones de compostaje o biometanización de FORS.</p> <p>Incremento de las toneladas recogidas de las siguientes fracciones procedentes de recogida selectiva en 2006:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Incremento (año base 2006)</th> <th>Kg/hab/año en 2006</th> <th>Toneladas en 2015 (kg/hab/año)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Papel/Cartón procedencia municipal</td> <td>80 %</td> <td>20</td> <td>1.620.000 (36)</td> </tr> <tr> <td>Vidrio</td> <td>80 %</td> <td>12</td> <td>996.300 (23)</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>100%</td> <td>3</td> <td>230.000 (5)</td> </tr> <tr> <td>Metales</td> <td>100 %</td> <td>1</td> <td>92.000 (2)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Estos porcentajes podrán ser modificados en la primera revisión del plan</p>		Incremento (año base 2006)	Kg/hab/año en 2006	Toneladas en 2015 (kg/hab/año)	Papel/Cartón procedencia municipal	80 %	20	1.620.000 (36)	Vidrio	80 %	12	996.300 (23)	Plástico	100%	3	230.000 (5)	Metales	100 %	1	92.000 (2)
	Incremento (año base 2006)	Kg/hab/año en 2006	Toneladas en 2015 (kg/hab/año)																			
Papel/Cartón procedencia municipal	80 %	20	1.620.000 (36)																			
Vidrio	80 %	12	996.300 (23)																			
Plástico	100%	3	230.000 (5)																			
Metales	100 %	1	92.000 (2)																			
Valorización energética	<p>2012: Incrementar la capacidad de incineración con recuperación de energía de las incineradoras de 2006. Las nuevas incineradoras deberán cumplir el valor de eficiencia energética establecido en la DMR</p> <p>Valorar el aprovechamiento del contenido energético de la fracción rechazo procedente de las instalaciones de tratamiento de residuos urbanos en instalaciones de co-incineración en las condiciones establecidas o que puedan establecerse en las CCAA</p> <p>Correcta gestión ambiental de los residuos generados en la valorización energética (escorias y cenizas), en particular, valorización de las escorias.</p>	<p>Incineración de RSU</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Capacidad de incineración en 2006 (millones de t)</th> <th>Capacidad Objetivo 2012 (millones de t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.1</td> <td>2,7</td> </tr> </tbody> </table>	Capacidad de incineración en 2006 (millones de t)	Capacidad Objetivo 2012 (millones de t)	2.1	2,7																
Capacidad de incineración en 2006 (millones de t)	Capacidad Objetivo 2012 (millones de t)																					
2.1	2,7																					



Biomasa de Fuentes Nacionales según punto 4.6.1 de PANER

1) Madera de Bosques	4.800.00 t/año	1.200 Ktep
2) Biomasa leñosa indirecta (aserraderos, muebles, células o parques)	5.218.750 t/año	1.600 Ktep
3) Cultivos agricultura (cereales, remolacha, maíz)	457.852 t/año	277 Ktep
4) Subproductos agricultura (paja, estiércol, alperujo, vid, olivo, frutas)	4.773.001 t/año	1.435 Ktep
5) Fracción Biodegradable de RSU	4.653.471 t/año	366,9 Ktep
6) Fracción Biodegradable de Residuos Industriales	16.436 t/año	5,8 Ktep
7) Lodos de depuración de agua	2.54.400 t/año	4,9 Ktep
TOTAL	20.173.908 t/año	4.889,6 Ktep

Porcentaje de participación estimado de la Biomasa en el Consumo de Energía Primaria, años 2010 y 2020.

- Año 2010: $4.889,6 \text{ Ktep} / 129.972 \text{ Ktep} = 3,76 \%$
- Año 2020: $4.889,6 \text{ Ktep} / 156.930 \text{ Ktep} = 3,12 \%$

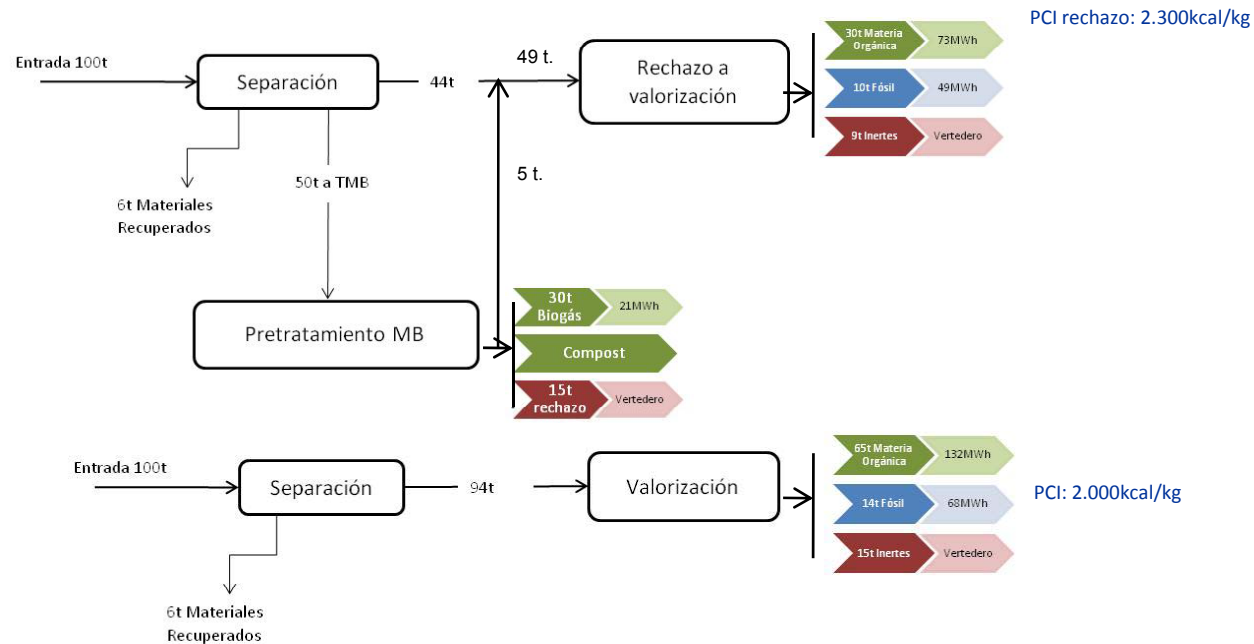
Porcentaje de participación estimado de la fracción biodegradable de las RSU en el Consumo de Energía Primaria en los años 2010 y 2020.

- Año 2010: $366,9 \text{ Ktep} / 129.972 \text{ Ktep} = 0,28 \%$
- Año 2020: $366,9 \text{ Ktep} / 156.930 \text{ Ktep} = 0,23 \%$

A.Maíllo

INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE RSU PREVISTAS EN ESPAÑA (2011-2020)

- GENERACIÓN DE RESIDUOS EN 2007: 28Mt (575kg/hab)
- Potencial de instalaciones nuevas de valorización (de acuerdo con los planes de residuos de las CC.AA.: 9,5Mt
 - 8,4Mt a instalaciones con tratamiento biológico + valorización energética



Número de plantas	Tratamiento	Mt entrada	Mt valorización	Potencia bruta MWe	Energía GWh/a		Prima M€/a
					Producida	Exportada	
4	Valorización directa	1,1	1	72	572	515	15
12	TMB + Valorización	8,4	4,1	359	2.875	2.588	75

CANTIDADES ESTIMADAS DE REDUCCIÓN POR AÑO DE CO₂ Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROCEDENTES DEL RECHAZO DE RSU DE LOS 27 PAÍSES DE LA U.E. – AÑO 2004

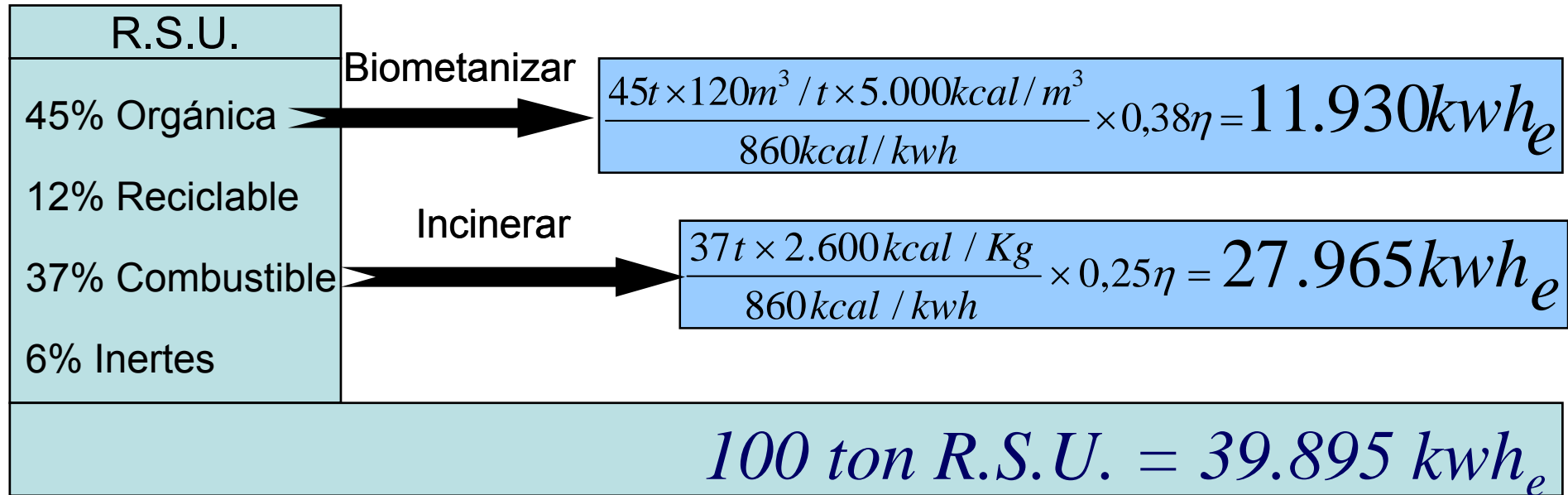
ESCENARIO 1: Se recicla el 60% de los RSU generadas y se incinera el 40% restante. Incremento 2% anual.

ESCENARIO 2: Se estabiliza la generación de RSU al nivel del año 2004 (537 Kg/h y año).

NOTA: Se han descontado los 43 millones de t/a que ya se incineran en los 27 países de la U.E. al año 2004 con recuperación de energía.

Estado Miembro	ESCENARIO 1			ESCENARIO 2		
	Cantidad de residuo disponible para <u>nuevas</u> instalaciones de incineración (por 1000 t.)	Reducción de CO ₂ por año (por 1000t.)	Producción potencial de Energía Eléctrica del residuo disponible PCI-10 MJ/t/Rto-26%	Cantidad de residuo disponible para <u>nuevas</u> instalaciones de incineración (por 1000t.)	Reducción de CO ₂ por año (por 1000t.)	Producción potencial de Energía Eléctrica del residuo disponible.
ALEMANIA	14.509	6.446	10.497'3 Gwh/a	8.171	3.630	5.911'7 Gwh/a
AUSTRIA	1588	705	1.148'9 Gwh/a	934	415	675'7 Gwh/a
BÉLGICA	973	432	703'9 Gwh/a	349	155	252'5 Gwh/a
BULGARIA	1.940	862	1.403'6 Gwh/a	1.470	653	1063'5 Gwh/a
CHIPRE	282	125	204'1 Gwh/a	213	95	154'1 Gwh/a
REP. CHECA	1101	489	796'6 Gwh/a	737	328	533'2 Gwh/a
DINAMARCA	0	0	0	0	0	0
ESLOVAQUIA	708	315	512'2 Gwh/a	520	231	376'2 Gwh/a
ESLOVENIA	443	197	121'2 Gwh/a	331	147	90'5 Gwh/a
ESPAÑA	13.023	5.785	9.412'1 Gwh/a	9.435	4.191	6.826'2 Gwh/a
ESTONIA	320	142	231'5 Gwh/a	243	108	175'8 Gwh/a
FINLANDIA	1019	453	737'2 Gwh/a	715	318	517'3 Gwh/a
FRANCIA	7151	3177	5.173'7 Gwh/a	2653	1179	1.919'4 Gwh/a
GRECIA	2524	1121	1.826'1 Gwh/a	1912	850	1.383'3 Gwh/a
HUNGRÍA	2490	1106	1.801'5 Gwh/a	1835	815	1.327'6 Gwh/a
IRLANDA	1848	821	1.337'0 Gwh/a	1.400	622	1.012'9 Gwh/a
ITALIA	12.913	5736	9.342'6 Gwh/a	8.926	3.965	6.458'0 Gwh/a
LETONIA	353	157	255'4 Gwh/a	261	116	188'8 Gwh/a
LITUANIA	666	296	481'9 Gwh/a	504	224	364'6 Gwh/a
LUXEMBURGO	37	17	26'8 Gwh/a	0	0	0
MALTA	121	54	87'5 Gwh/a	91	41	65'8 Gwh/a
NEDERLAND (HOLANDA)	1.942	863	1.405'0 Gwh/a	644	286	465'9 Gwh/a
POLONIA	5.086	2259	3.679'7 Gwh/a	3.834	1.703	2773'9 Gwh/a
PORTUGAL	1.395	620	1.009'3 Gwh/a	813	361	588'2 Gwh/a
REINO UNIDO	16.047	7.129	11.610'0 Gwh/a	11.462	5.092	8.292'8 Gwh/a
RUMANIA	4.333	1925	3.134'9 Gwh/a	3.283	1458	2.375'3 Gwh/a
SUECIA	251	112	181'6 Gwh/a	0	0	0
E.U. 27	93.002.000 t/año	41.315	67.286'9 Gwh/a	59.912.000 t/a	26.615	43.346'3 Gwh/a

Fuente Informe: F.Fact/kw/2006.023



- 2,01% Energía Eléctrica generada en España en 2008
- 40% de la Energía Hidráulica generada en España en 2008
- 3.695 Ktep
- Energía eléctrica para todos usos de una ciudad de 3.200.000 hab

$$\begin{aligned}
 & (*)25.848.380 \text{ t}_{\text{RSU } 2008} \\
 & \quad \times \\
 & \quad 39.895 \text{ kwh}_e \\
 & \quad = \\
 & 10.312,2 \text{ Gwh}_e/\text{a}
 \end{aligned}$$

(*) Producción de RSU en España 2008

INCREMENTO DE LA ENERGÍA DE LA BIOMASA PARA 2010

TIPO DE ENERGÍA	1998		2010		Incremento	
	Ktep	%	Ktep	%	Ktep	%
Bioelectricidad	169	4,3	5.269	48,0	5.100	72,0
Biocombustibles (usos térmicos)	3.473	89,3	4.373	39,9	900	12,7
Bioetanol	Potencial real 3.695 Ktep		500	1,4	500	7,0
Biogás	--		150	6,2	150	2,1
R.S.U.	247	6,4	683	4,5	438	6,2
TOTAL	3.892	100	10.978	100	7.086	100

$$T \geq \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \times (E_w + E_f)}$$

T = 0'6 para Instalaciones Existentes con permiso antes 01-01-2009.

T= 0'65 para nuevas instalaciones donde:

$$E_p = 2'6 E_{\text{eléctrica-productada}} + 1'1 E_{\text{térmica-export}}$$

Ef = Energía anual entrada con combustibles que produzcan vapor.

Ew = Energía total de los R.S.U. = P. C.I. x t/año

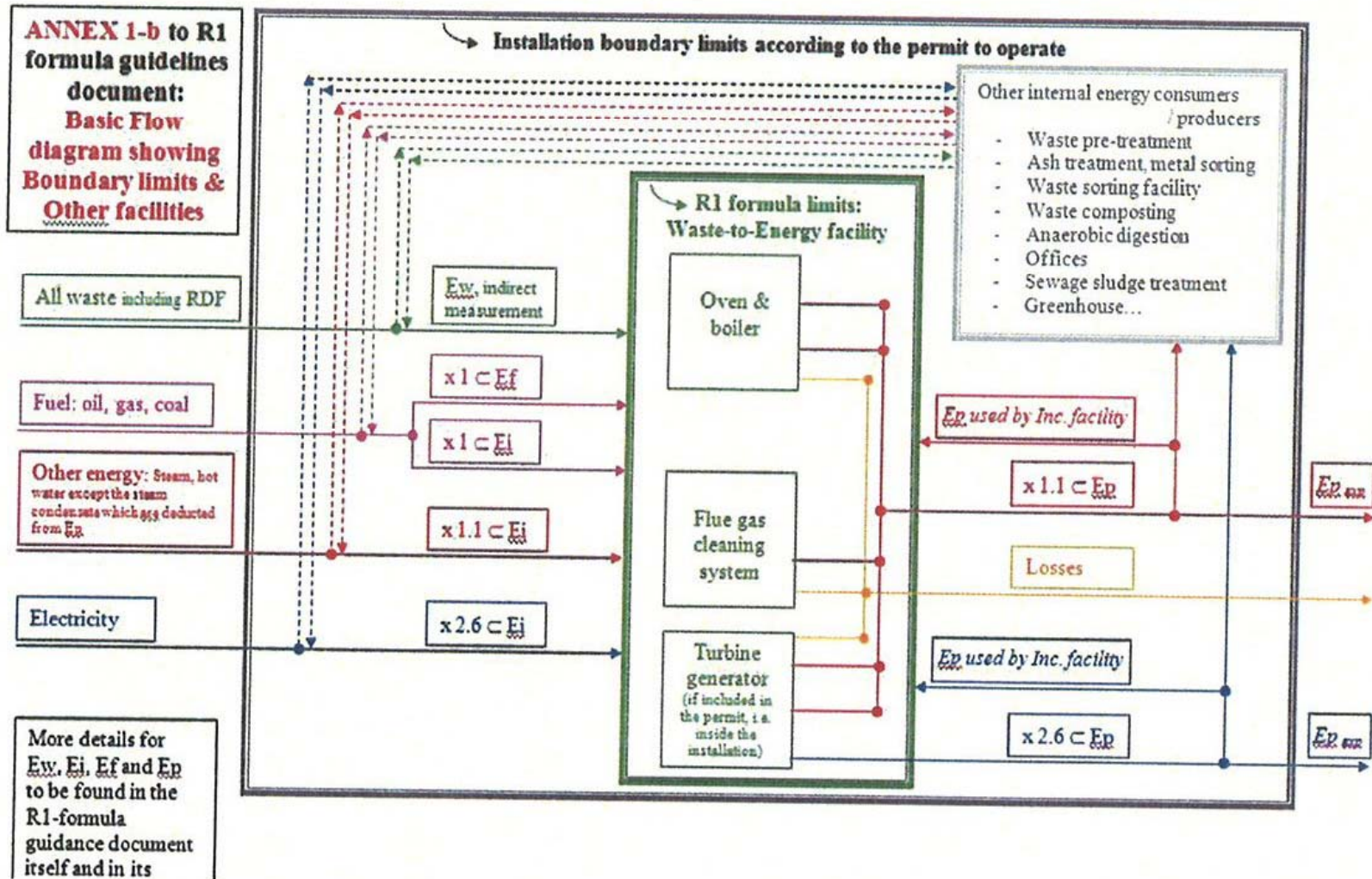
0,97= Pérdidas de Energía por radiación y cenizas.

Ei = Energía Eléctrica importada de la Red para incinerar los residuos

Observaciones:

- No tiene en cuenta las condiciones locales
- Termodinámicamente no es correcto que el mismo concepto figure en el numerador y denominador (Ef).
- No tiene en cuenta el tamaño o capacidad de la planta.
- No tiene en cuenta el poder calorífico inferior del residuo.
- Deja fuera a casi todas las plantas antiguas.
- En los países cálidos no se puede utilizar el calor residual como District Heating en los Países fríos europeos (Heating Degree Days = España, 1856/ Medio UE=3386)

Figure 2: Distinction between R1 system boundary and permit boundary for MSWI
 (Source: CEWEP-ESWET-FEAD Proposal for a Guideline for the use of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of Municipal Solid Waste (Waste Framework Directive 2008/98/EC, Annex II, R1-formula), 30 Nov 2009.



1. La Comisión podrá elaborar directrices para la interpretación de las definiciones de valorización y eliminación.

En caso necesario, se especificará la aplicación de la fórmula relativa a instalaciones de incineración mencionada en el anexo II, R 1. Podrán tenerse en consideración las condiciones climáticas locales, tales como la intensidad del frío y la necesidad de calefacción en la medida en que repercutan sobre las cantidades de energía que puedan utilizarse o producirse técnicamente en forma de electricidad, calefacción, refrigeración o vapor.