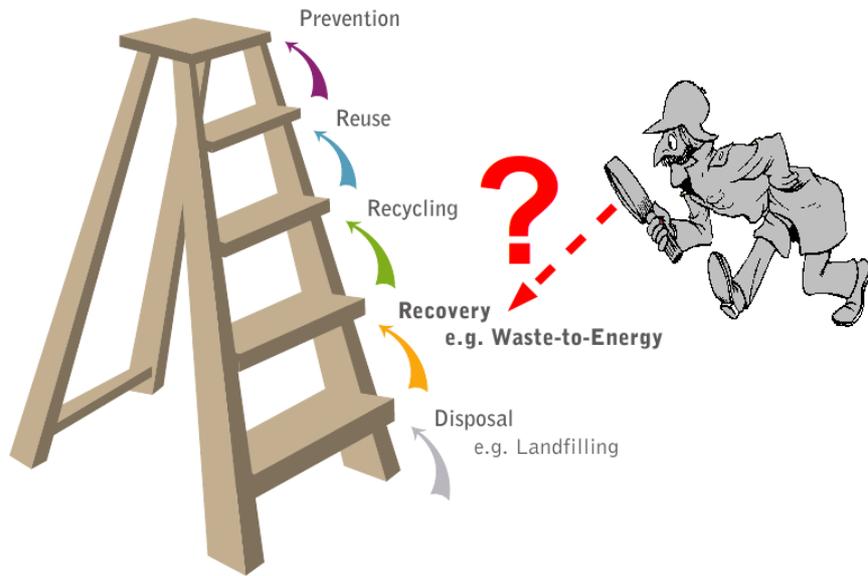


### The waste hierarchy



## Valorando la valorización energética de RSU en las plantas incineradoras de la CAPV

Gorka Bueno – EHU

Abril de 2011

## ÍNDICE

Breve resumen y conclusiones	3
La directiva 2008/98/CE sobre los residuos	5
La fórmula R1	6
Aplicación de la fórmula R1 a las plantas europeas de incineración de residuos	9
El Centro de Gestión de Residuos de Gipuzkoa (Zubieta)	12
El aprovechamiento de calor en la PVE del CGRG	16
Valorización energética en la incineradora Zabalgardi	18
La eficiencia de Zabalgardi	20
La verdadera razón de ser de Zabalgardi	25
El desimpacto ambiental de la electricidad de Zabalgardi	28
Apuntes para un análisis del ciclo de vida de la gestión de los RSU	30
Bibliografía y otras referencias	33

## Breve resumen y conclusiones

Este informe tiene por objeto realizar una valoración de los procesos de valorización energética de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) tanto en la planta incineradora Zabalgardi (Bizkaia), como en la planta que el Consorcio de Residuos de Gipuzkoa pretende poner en marcha en Zubieta.

La inminente transposición a la legislación española de la directiva 2008/98 sobre los residuos supone un hito de gran importancia para los procesos de valorización energética de residuos, ya que introduce requisitos de naturaleza energética antes no exigidos en la gestión de los residuos. Estos nuevos requisitos, además, tal y como veremos, están siendo objeto de un intenso debate entre diversos agentes europeos del sector.

Una de las novedades introducidas por la directiva 2008/98 consiste en la exigencia de una “eficiencia energética” mínima a cumplir por las plantas incineradoras de valorización energética, aplicando una fórmula determinada por la propia directiva. Según información proporcionada por la Confederación de Plantas Europeas de Valorización Energética (CEWEP), una cantidad muy significativa de plantas localizadas en el sur de Europa y que solo generaban electricidad no cumplirían en 2008 con los requisitos de la directiva. Solo generar electricidad en una planta de valorización energética es un mal negocio energético, ya que en la generación termoeléctrica siempre se genera un calor residual que no se puede aprovechar para generar más electricidad. Es más eficiente utilizar la energía directamente en forma de calor, o a través de instalaciones de cogeneración (producción combinada de calor y electricidad).

Analizando los datos disponibles en el proyecto de la PVE del CGRG en Zubieta, que solo generaría electricidad, se puede concluir que aunque el proyecto defiende el cumplimiento del requisito de eficiencia de la directiva, diversos elementos nos hacen dudar seriamente de este cumplimiento si la planta entra en funcionamiento. Además, el proyecto no justifica adecuadamente el necesario aprovechamiento del calor generado en la planta, tal y como señala el documento europeo de mejores técnicas disponibles para la incineración.

Respecto a Zabalgardi, una planta de incineración integrada a un ciclo combinado, los datos disponibles sobre la actividad de la planta en el año 2009 nos permiten concluir que en ella es imposible que se cumpla al mismo tiempo la doble condición de utilización eficiente del gas natural en el subsistema de ciclo combinado, por un lado, y de utilización eficiente de los RSU según la directiva marco de residuos, por otro. También se puede asegurar que la electricidad de origen renovable generada en la planta es inferior al 30 %, y muy probablemente incluso inferior al 25 %, ya que Zabalgardi requiere de una gran cantidad de gas natural para alimentar su ciclo combinado.

De los datos disponibles se concluye que el sistema integrado de Zabalgardi no aporta una mejora de eficiencia con respecto al funcionamiento de los ciclos combinados a gas natural, lo que anula los argumentos energéticos utilizados por Zabalgardi para justificar su existencia. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilovatio-hora generadas en Zabalgardi son también superiores a las de un ciclo combinado, e incluso superiores a las de la mezcla energética de la red eléctrica del Estado —el nivel de emisiones sería aun superior en la PVE del CGRG en Zubieta—.

Desde un punto de vista energético, es más razonable valorizar la parte orgánica de los RSU mediante el compostaje o la digestión anaerobia. Estos procesos, sin embargo, exigirían una implantación masiva de métodos de recogida selectiva de residuos más coercitivos que los actuales, aunque en perfecta sintonía con la filosofía que inspira la directiva marco de residuos. En ese escenario la incineración de residuos quedaría

limitada a los rechazos de las plantas de reciclado, que seguramente también se reducirían con una recogida más selectiva que la actual. Esto redundaría en una reducción de la necesidad de la incineración en al menos un orden de magnitud. Las plantas que tuvieran que funcionar en este escenario, por tanto, tendrían ser mucho más pequeñas. Además, para garantizar un aprovechamiento energético satisfactorio y suficiente, su configuración tendría que ser la de sistemas de cogeneración, en línea con los diseños mayoritariamente utilizados en el norte de Europa. Esto limitaría su instalación a zonas urbanas o industriales en las que hubiera garantizada una demanda sostenida de calor a lo largo de todo el año, y que dispusieran de redes urbanas de distribución de calor.

El incumplimiento de estos requisitos en la CAPV nos permite afirmar que la incineración de RSU en la CAPV no puede ser considerada como una estrategia viable para la valorización energética de RSU.

## La directiva 2008/98/CE sobre los residuos

La directiva 2008/98/CE sobre los residuos (UE, 2008) entró en vigor en diciembre de 2008, y los Estados miembros debían haber realizado su transposición a las legislaciones de ámbito estatal antes del 12 de diciembre de 2010<sup>1</sup>.

Tal y como recoge el punto (6) de las consideraciones previas al articulado de la directiva, “el primer objetivo de cualquier política en materia de residuos debe ser reducir al mínimo los efectos negativos de la generación y la gestión de los residuos para la salud humana y el medio ambiente. La política en materia de residuos debe tener también por objeto reducir el uso de recursos y favorecer la aplicación práctica de la jerarquía de residuos.”

El punto (31) establece que “la jerarquía de residuos establece en general un orden de prioridad de lo que constituye la mejor opción global para el medio ambiente en la legislación y la política en materia de residuos, aunque puede resultar necesario apartarse de dicha jerarquía para determinados flujos de residuos cuando esté justificado por motivos de factibilidad técnica, viabilidad económica y protección del medio ambiente, entre otros.”

La “jerarquía de residuos” se define en el artículo 4 de la directiva:

### “Artículo 4

#### Jerarquía de residuos

1. La siguiente jerarquía de residuos servirá de orden de prioridades en la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos:

- a) prevención;
- b) preparación para la reutilización;
- c) reciclado;
- d) otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética; y
- e) eliminación.

2. Cuando se aplique la jerarquía de residuos contemplada en apartado 1, los Estados miembros adoptarán medidas para estimular las opciones que proporcionen el mejor resultado medioambiental global. Ello puede requerir que determinados flujos de residuos se aparten de la jerarquía, cuando esté justificado por un enfoque de ciclo de vida sobre los impactos globales de la generación y gestión de dichos residuos.”

La valorización energética de los residuos se encuentra en el antepenúltimo puesto de la jerarquía, solo por delante de la eliminación. Según la directiva, debemos entender por valorización (Artículo 3) “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 en general.” La valorización energética

---

<sup>1</sup> En España todavía no se ha realizado la transposición. El proceso de transposición a la legislación española puede consultarse en el portal del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino <[http://www.mma.es/portal/secciones/participacion\\_publica/calidad\\_contaminacion/directiva\\_marco\\_residuos.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/participacion_publica/calidad_contaminacion/directiva_marco_residuos.htm)> , y el Proyecto de Ley definitivo está accesible en <[www.congreso.es/public\\_oficiales/L9/CONG/BOCG/A/A\\_114-01.PDF](http://www.congreso.es/public_oficiales/L9/CONG/BOCG/A/A_114-01.PDF)>.

consiste en la utilización de la energía térmica del residuo, que así sustituye a otros combustibles. Sin embargo, el proceso de valorización energética debe cumplir con determinados requisitos: el Artículo 23, en su punto 4, establece que “cualquier autorización para incineración o co-incineración con valorización energética tendrá como condición que esta valorización de energía se produzca con un alto nivel de eficiencia energética.” Más concretamente, el Anexo II. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN de la directiva, que recoge la lista no exhaustiva de operaciones de valorización, establece que para obtener la categoría “R1: Utilización principal como combustible u otro modo de producir energía” las instalaciones deben presentar un indicador que se denomina “eficiencia energética” con un valor mínimo determinado, a calcular aplicando una fórmula recogida en el propio Anexo II (en adelante “fórmula R1”).

### La fórmula R1

Literalmente, en una llamada a pie de página en el epígrafe R1 de su Anexo II, la directiva 2008/98 establece que:

“Se incluyen aquí las instalaciones de incineración destinadas al tratamiento de residuos sólidos urbanos sólo cuando su eficiencia energética resulte igual o superior a:

- 0,60 tratándose de instalaciones en funcionamiento y autorizadas conforme a la legislación comunitaria aplicable desde antes del 1 de enero de 2009;
- 0,65 tratándose de instalaciones autorizadas después del 31 de diciembre de 2008.

aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia energética} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$

$E_p$  es la energía anual producida como calor o electricidad, que se calcula multiplicando la energía en forma de electricidad por 2,6 y el calor producido para usos comerciales por 1,1 (GJ/año).

$E_f$  es la aportación anual de energía al sistema a partir de los combustibles que contribuyen a la producción de vapor (GJ/año).

$E_w$  es la energía anual contenida en los residuos tratados, calculada utilizando el poder calorífico neto de los residuos (GJ/año).

$E_i$  es la energía anual importada excluyendo  $E_w$  y  $E_f$  (GJ/año).

0,97 es un factor que representa las pérdidas de energía debidas a las cenizas de fondo y la radiación.

Esta fórmula se aplicará de conformidad con el documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para la incineración de residuos.”

Según información accesible en internet<sup>2</sup>, la fórmula R1 ha sido desarrollada por el Dr.-

---

2 <<http://www.wtert.eu/Default.asp?Menu=18&NewsPPV=8505>>.

Ing. Dieter Reimann, director de la planta incineradora de Bamberg (Alemania) y asesor científico y técnico de la Confederación de plantas europeas de valorización energética a partir de residuos (*Confederation of European Waste-to-Energy Plants*, CEWEP).

El resultado de la fórmula R1 se denomina en la directiva “eficiencia energética”. Sin embargo, esta “eficiencia energética” (a partir de ahora, “EE según R1”) no debe ser interpretada en un sentido termodinámico estricto —es decir, la fórmula no proporciona el rendimiento energético del ciclo termodinámico de la incineración—, por dos razones:

- a) Algunos de los términos de la fórmula están multiplicados por coeficientes, en cierto sentido arbitrarios.

La fórmula R1 tiene por objeto medir el aprovechamiento energético de la energía térmica de los residuos. Para ello, la fórmula debe tener en cuenta portadores energéticos bien diferentes: la energía química contenida en los residuos, por un lado; y por otro lado la energía útil proporcionada por la planta de valorización, que además puede presentarse de dos formas diferentes, bien en forma de vapor —en condiciones de alta presión y temperatura—, o bien en forma de electricidad. Estos portadores energéticos (energía química, calor, electricidad) presentan diferentes “calidades”, y además se obtienen unos de otros —p.e. la electricidad se puede generar en una turbina, a partir de vapor a alta presión y temperatura, que a su vez se obtiene quemando un combustible—, por lo que no son directamente comparables. Los coeficientes aplicados en la fórmula R1 tienen por objeto trasladar las diferentes cantidades de energía a un mismo punto de la cadena energética en la que sean comparables. Los coeficientes aplicados en la fórmula son los que caracterizan la conversión de un portador energético en otro, haciendo uso de la tecnología actual (estado del arte). Esto es especialmente necesario cuando se trata de evaluar la eficiencia energética de plantas que entregan a la vez calor y electricidad, o cuando queremos evaluar mediante una única fórmula diferentes plantas que valorizan residuos entregando diferentes portadores energéticos.

De esta forma, el requisito del 0,65 de eficiencia energética de la directiva debe interpretarse de la siguiente forma: las plantas de valorización energética deben entregar una energía que equivale al menos al 65 % de la energía que entregaría, bien en forma de calor o electricidad, una planta convencional que quemara combustibles convencionales.

La aplicación de estos coeficientes en la fórmula R1 ha dado lugar a encendidas críticas. Así, Greenpeace, en un informe de 2009 (pág. 11) afirmaba que “con estas adaptaciones la ecuación cuadra y la práctica totalidad de las plantas en funcionamiento en Europa, por antiguas que sean, se transforman en fábricas de electricidad ‘verde’ que cumplen la Directiva.” Pero esta afirmación es incorrecta. De hecho, Greenpeace pone el caso de Zabalgardi como ejemplo de aplicación perversa de la fórmula R1, cuando la situación de esta planta es justo la contraria, tal y como veremos más adelante al analizar específicamente el caso de Zabalgardi. Greenpeace olvida en su informe el segundo elemento que aleja la fórmula R1 de una consideración puramente termodinámica:

- b) En el numerador de la fórmula R1 aparece restando el término ( $E_f + E_i$ ).

En el numerador de la fórmula R1 de la directiva,  $E_p$  (energía producida) está restada por el término ( $E_f + E_i$ ); es decir, la fórmula penaliza el resultado del indicador si el ciclo térmico de incineración de residuos necesita energía suplementaria a la que proporcionan los residuos. Esta aportación de combustibles externos y otras energías para hacer que el

sistema funcione es siempre imprescindible en las plantas incineradoras, en mayor o menor medida, como mínimo para iniciar los procesos de combustión de los residuos, o para mantener la temperatura de combustión dentro de los márgenes requeridos. Esta aportación externa de energía no tiene por qué ser muy significativa si los residuos han sido seleccionados y pretratados adecuadamente, y parece lógica y necesaria su consideración de cara a la valoración global del proceso de valorización energética de residuos, ya que fuerza a las plantas a reducir en lo posible los consumos de recursos generalmente no renovables y contaminantes.

Este punto perjudica a las plantas incineradoras de cara a adquirir la categoría R1. Así, Ella Stengler, gerente de CEWEP, ha publicado recientemente un interesante artículo en la revista del sector *WASTE management world (On the Road to Recovery: Achieving R1 Status, 2010)*, en el que, analizando los esfuerzos de las plantas incineradoras europeas para cumplir con la fórmula R1, se muestra crítica con la redacción de la fórmula, afirmando que “debe ser señalado que, por razones termodinámicas,  $E_f$  debería ser borrado del numerador de la ecuación, ya que está incluido dos veces: en el numerador y en el denominador”. Stengler también ha señalado<sup>3</sup> que, en opinión de los expertos de CEWEP, la inclusión de  $E_f$  en la fórmula R1 obedece a un error, cuya corrección ya ha sido solicitada a la Comisión Europea; y que, en última instancia, la fórmula R1 debe considerarse como “política”.

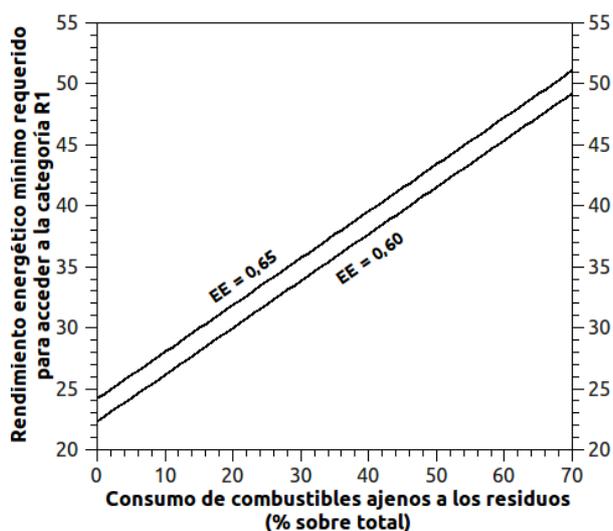


Figura 1. Rendimiento energético mínimo para la generación de electricidad requerido en el proceso de incineración para acceder a la categoría R1, según el porcentaje de combustible ajeno a los residuos ( $E_i=0$ ).

A modo de ejemplo, en la figura 1 se muestra el efecto penalizador del consumo de combustibles externos, ajenos a los residuos en el proceso de incineración, para lograr la categoría R1, considerado un caso genérico en el que toda la energía térmica se utiliza

3 Comunicación personal por correo electrónico, diciembre de 2010.

para la generación de electricidad. En ausencia de combustibles externos, la fórmula R1 exige un rendimiento energético para la generación de electricidad del 24,25 % para lograr un indicador de 0,65, y un rendimiento del 22,38 % para lograr un indicador de 0,60. Si la aportación energética de los combustibles externos asciende al 1 % del total, entonces los rendimientos energéticos mínimos aumentan respectivamente a 24,63 % y 22,77 %.

### Aplicación de la fórmula R1 a las plantas europeas de incineración de residuos

¿Qué resultados proporciona la aplicación de la fórmula R1 a las plantas europeas de incineración de residuos? Una vez aprobada la directiva 2008/98, parecía obvio que la aplicación de la fórmula R1 iba a ser clave para obtener la categoría R1 de valorización energética. Por ello, la propia CEWEP solicitó en 2008 a D. Reimann, autor de la fórmula R1, que elaborara un informe (Reimann 2009) acerca del cumplimiento de la fórmula, a partir de los datos recogidos en una encuesta realizada por CEWEP. En concreto, el informe aplica la fórmula R1 a 231 plantas de valorización energética en Europa y muestra resultados agregados para diferentes tipos de plantas de valorización. Los resultados agregados para todas las plantas analizadas se muestran en la figura 2, extraída del citado informe.

10.1 R1 results of all plants as individual and non weighted averages

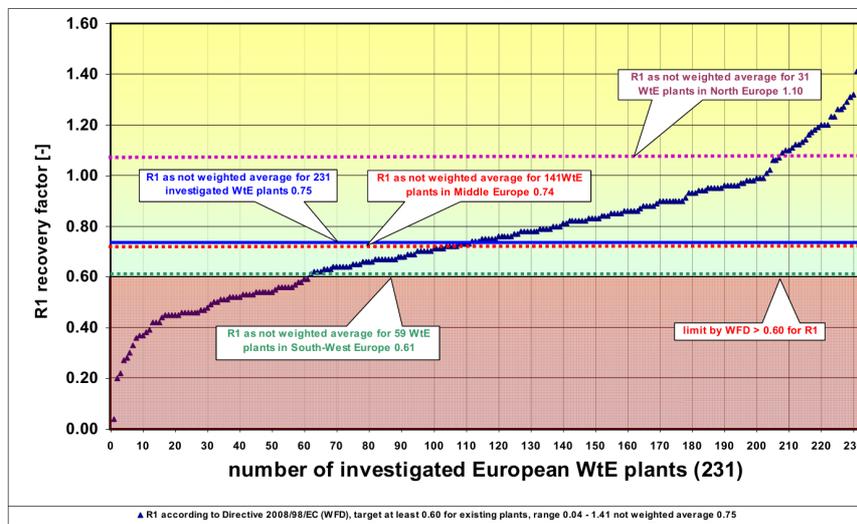


Figure 6: R1 efficiency factor calculated by using the BREF WtE formula [1c] as individual NCV values and weighted average for 231 European WtE plants as well as weighted averages of 31 WtE plants from North Europe, 141 WtE plants from Central (Middle) Europe and 59 WtE plants from South-West Europe (status 2004-2007)

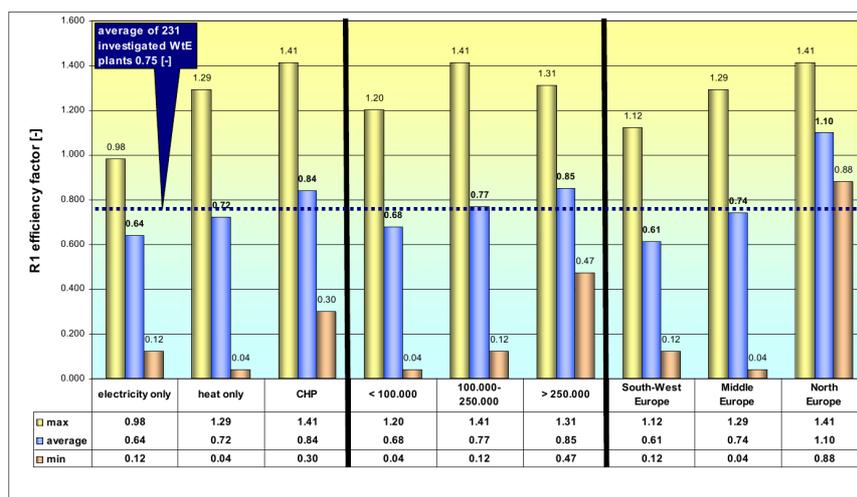
Figura 2. Resultado R1 para 231 plantas incineradoras europeas en 2008 (Fuente: Reimann 2008, pág. 15).

Según este informe, hay al menos 60 plantas que en 2008 no cumplían con el requisito impuesto para ellas por la directiva (EE=0,60, al estar todas en funcionamiento antes del 1 de enero de 2009). Sin embargo hay una gran dispersión en los resultados de la fórmula R1, que están muy condicionados por las características de la plantas. Reimann proporciona resultados agregados clasificando todas las plantas según tres criterios:

1. tipo de generación: solo electricidad, solo calor, cogeneración (electricidad+calor);
2. tamaño de la planta: pequeño, mediano, grande;
3. localización geográfica: sur de Europa, centro de Europa, norte de Europa.

Los resultados según estas clasificaciones se muestran en la figura 3, obtenida también del informe.

**Diagram 5:** R1 energy efficiency factors<sup>1)</sup> calculated according to the Directive 2008/98/EC (WFD) of 231 investigated WtE plants divided into different categories according to the type (kind) of energy recovery, the size (throughput) and the geographical location as min., max. values and non weighted averages in the CEWEP Energy Report II (status 2004-2007)



<sup>1)</sup>R1 calculation in accordance to the Directive 2008/98/EC (WFD), Annex II, with equivalence factors: for electricity produced and imported 1MWh el = 2.6 MWh th eq. for heat produced and commercially used 1MWh th = 11M Wh th eq and according to BREFF WtE for imported fuel 1M Wh fuel = 10 MWh fuel eq. The heat used by the plant to treat the waste includes all uses of steam, particularly steam to the deaerator and to the air heater.

Figura 3. Resultados agregados según el tipo y localización de la planta (Fuente: Reimann 2008, pág. 17).

Las plantas con peores resultados son las que generan solo electricidad, y las localizadas en el sur de Europa. De hecho, es de suponer que la gran mayoría de las plantas del sur de Europa solo generan electricidad.

Solo generar electricidad en una planta de valorización energética es un mal negocio energético. En las plantas de generación termoeléctrica siempre se genera un calor residual que no se puede aprovechar para generar más electricidad. Si este calor se utiliza para calentar agua o proporcionar calefacción —la eficiencia en estos casos es más alta que la generación de electricidad—, el resultado de la fórmula R1 puede aumentar

significativamente. Si la energía térmica de los residuos se aprovecha solo para generar electricidad, el sistema tiene que ser mucho más eficiente para cumplir con la directiva, ya que las pérdidas “estructurales” —el calor residual— son más importantes que si se puede aprovechar la energía en forma de calor. Así, Reimann afirma que (pág. 17):

“es evidente que [tal y como se muestra en las figuras 2 y 3] para plantas de pequeño tamaño, produciendo solo electricidad en el sur de Europa con medias R1 [para todo el colectivo] entre 0,61 y 0,68 es muy difícil alcanzar R1=0,60.”

Obviamente, la solución parece lógica: en las incineradoras, además de generar electricidad, hay que aprovechar el calor residual para generar electricidad, dando lugar a lo que se denominan plantas de cogeneración (CHP), que entregan a su salida tanto electricidad como calor. Para ello, sin embargo, hay que dar una salida comercial al calor que genera la planta, por ejemplo vendiéndolo a empresas que necesiten energía térmica en sus procesos productivos (vapor a altas presiones y temperaturas), o proporcionando agua caliente o calefacción a través de redes de distrito. Esta es, precisamente, la solución adoptada en los países del norte de Europa. Muchas centrales generan un poco de electricidad, pero la salida principal a la energía se proporciona en forma de calor, entregada a las redes urbanas de calefacción (*district-heating grids*).

Esta filosofía, sin embargo, exige varios requisitos:

1. La planta tiene que tener acceso a una red de distribución de calor (calefacción, agua caliente) de distrito, comunes en el norte de Europa, pero inexistentes en la Europa meridional. Se necesita, por tanto, una infraestructura que dé salida comercial al calor producido en la planta —dar salida al calor es mucho más difícil que dar salida a la electricidad—.
2. Es necesario tener garantizada una demanda sostenida de calor a lo largo de todo el día, y a lo largo de todo el año, dado que la incineración de residuos es continua y el calor no se puede almacenar. Lo mismo sucede con la electricidad, pero la electricidad tiene una evacuación mucho menos problemática —por demanda y por infraestructuras— que el calor, especialmente en el sur de Europa —la demanda de calefacción aquí es completamente estacional—.
3. Las plantas deben estar localizadas en zonas urbanas, con acceso a redes de *district-heating*, o junto a polígonos industriales con una demanda alta y sostenida de calor.

A continuación analizaremos el grado de cumplimiento por parte de las dos plantas incineradoras de RSU de la CAPV, Zabalgarbi —en Bizkaia, en funcionamiento desde 2005— y el Centro de Gestión de Residuos de Gipuzkoa —en Zubietta, en fase de proyecto— de los requisitos para acceder a la categoría R1, de plantas de valorización energética.

## El Centro de Gestión de Residuos de Gipuzkoa (Zubieta)

El centro de gestión de residuos de Gipuzkoa no está todavía en funcionamiento, pero la información disponible en el PROYECTO TÉCNICO Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL<sup>4</sup> ya permite realizar una primera valoración del futuro proceso de valorización energética de los RSU de Gipuzkoa en esta planta incineradora.

Las características de la Planta de Valorización Energética (PVE) del CGRG están recogidas en la memoria de dicho proyecto, accesibles en el portal del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

Esta planta responde al esquema clásico de planta incineradora convencional, cuyo diagrama se muestra en la figura 4.

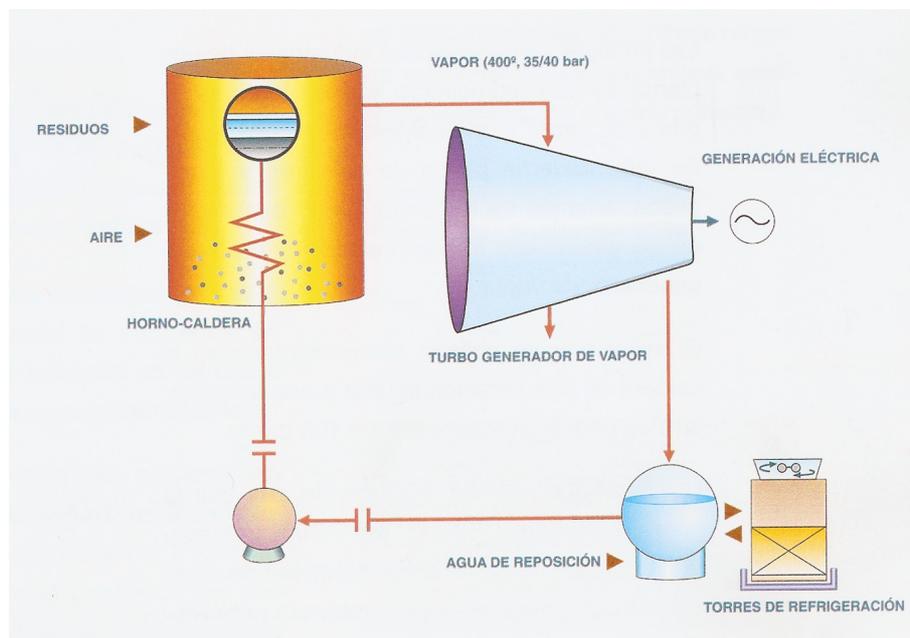


Figura 4. Diagrama de una planta incineradora convencional  
(Fuente: folleto informativo de Zabalgarbi)

La PVE de Zubieta estará compuesta por dos líneas completas de incineración, con sistemas de parrilla móvil refrigerada, y valorización energética mediante producción de vapor a partir de la energía térmica de los residuos liberada en su combustión en el horno-caldera, y posterior generación eléctrica en turbina a partir de dicho vapor. Los residuos a incinerar serán sometidos a un pretratamiento que reducirá la humedad en el residuo y aumentará su densidad energética. La tabla 1 muestra los parámetros energéticos principales de la planta.

4 <[http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/ghk/es\\_ghk/pt\\_eia.html](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/ghk/es_ghk/pt_eia.html)>

Parámetro	Valor
Residuos a tratar, tras pretratamiento (capacidad nominal)	~200.000 t/año
Residuos a tratar, tras pretratamiento (capacidad de diseño)	260.000 t/año
PCI del residuo (diseño)	2.960 kcal/t 12,4 GJ/t
Régimen de funcionamiento	8.000 h/año
Capacidad mecánica de tratamiento (diseño)	2 líneas x 16,25 t/h
Capacidad térmica máxima (diseño)	2 x 55,9 MW
Temperatura vapor	400 °C
Presión vapor (salida caldera)	46 bar
Producción eléctrica (diseño)	28,1 MW
Eficiencia global del ciclo	25,1 %

Tabla 1. Parámetros energéticos fundamentales de la PVE del CGRG.

La eficiencia global (eficiencia termodinámica) del ciclo de esta planta será, según el proyecto, del 25,1 %. Esta eficiencia es compatible con el cumplimiento del requisito impuesto por la directiva, que tal y como se veía en la figura 1 exige una eficiencia mínima del 24,25 %. Sin embargo, tal y como ya se ha señalado, la fórmula R1 penaliza el consumo de energía complementaria y no proveniente de los residuos.

El *Anejo 2, Dimensionados y cálculo justificativos*<sup>5</sup> del PROYECTO TÉCNICO Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL del CGRG (pág. 33-36) calcula el resultado de la fórmula R1. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Parámetro	Valor
Energía eléctrica producida (diseño), $E_P$	2.104.128 GJ/a
Energía contenida en los residuos (diseño), $E_w$	3.224.000 GJ/a
Energía anual importada, $E_i$	55.199 GJ/a
Energía en combustibles suplementarios, $E_f$	0 GJ/a
Resultado fórmula R1	0,6552

Tabla 2. Parámetros energéticos fundamentales de la PVE del CGRG, según consta en el proyecto.

La primera duda que nos surge es obvia. ¿Está correctamente calculada la fórmula R1 en el proyecto? El cálculo requiere una verificación, ya que el resultado es extremadamente justo: tan solo 52 centésimas libran al proyecto de no cumplir con el requisito para lograr la categoría R1. ¿Están correctamente considerados los diferentes conceptos involucrados en la fórmula? Llama la atención, por ejemplo, que el concepto  $E_f$ , energía

5 <[http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/ghk/es\\_ghk/adjuntos/\\_07.doc](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/ghk/es_ghk/adjuntos/_07.doc)>

en combustibles suplementarios, tenga un valor nulo.

La aplicación de la fórmula R1 es una cuestión sujeta a interpretación, y por tanto discutida. Sin embargo la propia administración europea —y el sector— se está esforzando por clarificar este asunto. Stengler (2010) proporciona información sobre este punto en su artículo para *Waste management world*. Según señala, la Comisión Europea ha creado un grupo de trabajo que ha redactado un borrador<sup>6</sup> de guía de aplicación de la fórmula R1. Los principales puntos consensuados son los siguientes:

- Se considera dentro de los límites del sistema: el horno/caldera, el sistema de limpiado de gases (en la medida en que queda bajo la responsabilidad del operador de la PVE). No se consideran dentro de los límites del sistema el pre- ni post-tratamiento de los residuos.
- $E_p$  debe incluir la generación bruta de energía, y los autoconsumos en la PVE no deben incluirse en  $E_i$  para restarse de  $E_p$ , ya que la energía de los residuos también sustituye energía fósil que de otra forma debería consumirse.
- El cálculo de la fórmula R1 se hace sobre la composición de los residuos que realmente se incineran, y no solo sobre la parte que es clasificada como RSU.

Según estos criterios, el proyecto del CGRG computa correctamente tanto los conceptos  $E_p$  (energía producida bruta) como  $E_w$  (energía en los residuos). Sin embargo no están bien computadas tanto  $E_i$  (energía importada necesaria para que funcione la planta) como  $E_f$  (energía de combustibles suplementarios). Los cálculos del proyecto parecen olvidar algunos consumos (memoria, pág. 253-259):

- Electricidad para arranques y paradas de la PVE  
 $E_i = 202 \text{ MWh/a} \cdot 2,6 = 1.891 \text{ GJ/a}$
- Gas natural para los quemadores auxiliares de la PVE  
 $E_f = 1.600 \text{ MWh/a} = 5.760 \text{ GJ/a}$

Con estos nuevos consumos, el resultado de la fórmula R1 baja a 0,6527; manteniéndose por encima de 0,65, pero cada vez más cerca. Cualquier pequeña desviación del consumo de gas al alza puede hacer bajar el indicador por debajo de 0,65. En ese sentido, es especialmente grave —y significativo— que el informe no incluya el consumo de gas natural de los quemadores auxiliares de la PVE. Según la memoria, estos quemadores solo funcionan en situaciones anormales de funcionamiento, como arranques y paradas: en total, presentan un funcionamiento a la máxima capacidad durante 24 horas al año, o el 0,3 % del tiempo (8.000 h/a). El consumo es ciertamente muy reducido, pero si —por las razones que fueran— el funcionamiento final fuera un 150 % superior, es decir el equivalente a 60 horas al año, el consumo de gas natural que esto implicaría ya sería

---

6 El documento, *Proposal for a European Guidance for the use of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of Municipal Solid Waste according to Waste Framework Directive*, está accesible en la web del Consorcio de Residuos de Gipuzkoa:  
<[http://www.gipuzkoakohondakinenkudeaketa.com/docs/uploads/RESPUESTA\\_63\\_30092010\\_R1\\_guidance\\_draft\\_final\\_100729.pdf](http://www.gipuzkoakohondakinenkudeaketa.com/docs/uploads/RESPUESTA_63_30092010_R1_guidance_draft_final_100729.pdf)>.

suficiente para no cumplir con el requisito de la directiva.

Por otro lado, el proyecto parte de la suposición de que el ciclo térmico presentará una eficiencia del 25,1 %. Sin embargo, el *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration* (BREF-WI), de agosto de 2006, documento que recoge el BAT (*Best Available Techniques*) para la incineración de residuos en la Unión Europea, recoge en la pág. 195:

“The following boiler efficiencies are reported to be achieved:

- fluidised bed boilers with exhaust gas temperatures of about 160 °C can achieve boiler efficiencies of about 90 %.
- grate firing furnaces have a boiler efficiency of about 80 %.

[74, TWGComments, 2004]

With such boiler efficiencies (80–90 %) and higher than normal steam parameters (note: actual application depends greatly on waste type owing to increased corrosivity of flue-gases with some waste types) the following approximate electrical efficiencies may result:

- steam parameters of 60 bar and 420° about 25 % of the energy converted in the steam generator can be recovered as electrical energy (i.e. overall electrical efficiency of 20 % in the case of grate firing and 22.5 % in the case of FBR)
- if the steam parameters are further increased to 80 bar and 500 °C an electrical efficiency of 30 % can be achieved (i.e. overall electrical efficiency of 27 % in the case of FBR).

[74, TWGComments, 2004]”

Si tenemos en cuenta los parámetros de vapor del proyecto del CGRG (400 °C y 46 bar, Anejo 2, pág. 19), parece claro que una eficiencia del 25,1 % es ciertamente un muy buen resultado, frente al 20-22,5 % que consta en el BREF-WI para sistemas con parámetros de vapor más altos que los del proyecto del CGRG. No sería de extrañar que la eficiencia real de funcionamiento, una vez que la planta esté en marcha —no olvidemos que los valores recogidos en el proyecto son estimaciones teóricas—, sea inferior a la teórica, de diseño. De hecho, el BREF-WI recoge (pág. 196) unas tablas de eficiencias a partir de datos reales de los años 2002 y 2003, para incineradoras francesas que generan solo electricidad, en las que las eficiencias son siempre inferiores al 22 %, e incluso bastante inferiores en algunos casos.

La propuesta de la Comisión Europea (2010) para el uso de la fórmula R1 recoge en su apartado 5 (*Qualification Procedure and Monitoring of Compliance*, pág. 13-17) la metodología de certificación del cumplimiento del requisito establecido por la directiva marco de residuos. En concreto, la propuesta establece que:

- Las plantas de nueva instalación serán inicialmente evaluadas a partir de las especificaciones de diseño, y nuevamente al año de entrar en funcionamiento, en base a las condiciones de operación del primer año.
- La fórmula R1 se calculará considerando valores de producción y consumo de energía correspondientes a periodos anuales, al objeto de reflejar el

funcionamiento real de la planta.

- Se recomienda a los operadores considerar un margen de seguridad en el cálculo de la fórmula R1 que permita garantizar el cumplimiento del requisito en el largo plazo.
- El cálculo de la fórmula R1 requerirá de una certificación externa al operador de la planta.
- La certificación positiva no puede ser resultado del cálculo de la fórmula R1 en un año climáticamente favorable, y por ello el operador deberá acreditar el cumplimiento durante los tres años anteriores.
- Una vez lograda la certificación, el operador de la planta deberá continuar informando anualmente del funcionamiento de la planta, y un nuevo test de acreditación completo será necesario a los 10 años del anterior, o al someterse la planta a modificaciones sustanciales de su régimen de funcionamiento.
- Una planta pierde la condición R1 si durante dos años consecutivos no es capaz de acreditar el cumplimiento de la fórmula R1. Para poder recuperar la condición R1 será necesario acreditar cambios en los procesos o en los contratos de energía.

Parece, por tanto, que el proyecto de PVE del CGRG afronta el logro de la condición R1 de valorización energética en unas condiciones de extrema debilidad frente al procedimiento propuesto por la Comisión Europea, ya que los cálculos presentados, además de incluir errores y omisiones graves, son teóricos, no se sustentan por la información disponible de las condiciones reales de funcionamiento de otras plantas similares, y tampoco consideran ningún tipo de margen de seguridad.

## **El aprovechamiento de calor en la PVE del CGRG**

Ya que el aprovechamiento de la energía térmica de los residuos exclusivamente para la generación de electricidad presenta límites intrínsecos muy importantes, la mejor vía para lograr la categoría R1 consiste en aprovechar directamente el calor generado en la incineración de los residuos. Este es el modelo de valorización energética seguido mayoritariamente en el centro y norte de Europa, y es radicalmente diferente al que se está implantando en Euskal Herria, por diversos motivos. Desde la administración, a menudo se presenta la incineración de residuos en el centro y norte de Europa como el modelo de valorización energética que se está implantando aquí, cuando los dos modelos son radicalmente diferentes (cogeneración en el norte de Europa, frente a generación eléctrica en Euskal Herria).

Un ejemplo de esta interesada confusión es la información publicada en prensa en mayo de 2010<sup>7</sup>, con ocasión de la visita de responsables del CGRG a la región de París. En el artículo se informaba de la visita a dos plantas: Issy Les Moulineaux en París, y Halluin en Lille. La planta de París es una planta urbana, que entrega calor a redes de distrito —entre otros consumidores, al metro de París—. La planta de Lille, por otro lado, está localizada en una zona rural, que al no poder entregar calor a ningún consumidor final solo produce electricidad. En tabla 3 se muestran diversos datos obtenidos del documento *Energy from Waste, State of the Art Report* (ISWA, 2006) para estas dos centrales. Los

<sup>7</sup> <[http://paperekoa.berria.info/harian/2010-05-22/002/010/eraginkorrena\\_erraustea.htm](http://paperekoa.berria.info/harian/2010-05-22/002/010/eraginkorrena_erraustea.htm)>.

datos permiten aplicar de forma aproximada la fórmula R1.

Planta	Peso residuos (t)	Densidad energética residuos (GJ/t)	Fuel consumido (GJ)	Electricidad producida (MWh)	Calor producido (MWh)	EE R1 (%)	Año
Issy Les Moulineaux (París)	537.094	8 – 10 (supuestos)	-	82.853	918.711	<b>105,9 – 84,71</b>	2004
Halluin (Lille)	332.976	9,21	-	170.459	-	<b>53,64</b>	2004

Tabla 3. Aplicación de la fórmula R1 a las plantas visitadas por el CGRG en mayo de 2010.

Como era de esperar, la planta de París cumple de sobra con el requisito fijado por la directiva 2008/98 para alcanzar la categoría R1, mientras que la de Lille se queda lejos.

Parece, por tanto, que la valorización energética de residuos exige la explotación comercial del calor generado en la combustión, no siendo suficiente su utilización exclusivamente para generar electricidad, ya que en caso contrario la energía valorizada es significativamente menor. Así, el documento BREF-WI, al recoger las mejores prácticas y tecnologías disponibles para la valorización energética, afirma (pág. 438-439):

“27. to secure where practicable, long-term base-load heat/steam supply contracts to large heat/steam users (see 4.3.1) so that a more regular demand for the recovered energy exists and therefore a larger proportion of the energy value of the incinerated waste may be used

28. the location of new installations so that the use of the heat and/or steam generated in the boiler can be maximised through any combination of:

- a. electricity generation with heat or steam supply for use (i.e. use CHP)
- b. the supply of heat or steam for use in district heating distribution networks
- c. the supply of process steam for various, mainly industrial, uses (see examples in 4.3.18)
- d. the supply of heat or steam for use as the driving force for cooling/air conditioning systems

Selection of a location for a new installation is a complex process involving many local factors (e.g. waste transport, availability of energy users, etc) which are addressed by IPPC Directive Article 9(4). The generation of electricity only may provide the most energy efficient option for the recovery of the energy from the waste in specific cases where local factors prevent heat/steam recovery.”

La explotación del calor queda, por tanto, claramente priorizada en el documento de mejores prácticas. Estos puntos son verificados uno a uno en la memoria del proyecto del CGRG, con un peculiar planteamiento (memoria, pág. 212):

“MTD 27: ...

Aplicado a PVE del CGRG: Sí

Justificación: Se ha previsto un sistema de generación de agua caliente para cubrir las necesidades térmicas internas, así como las del Centro Penitenciario que se implantará al CGRG.

Cuando sea posible, supeditado a un acuerdo de precios satisfactorios para las partes, se concertarán contratos de suministro de calor a largo plazo y con carga base con grandes consumidores.

En todo caso se garantiza el cumplimiento de la eficiencia mínima exigida por la nueva Directiva Marco de Residuos para que la operación sea considerada de Valorización.

MTD 28: ...

Aplicado a PVE del CGRG: Sí

Justificación:

(1) La planta generará electricidad y estará en disposición de suministrar calor para ser usado en una red de distribución “district heating”.

(2) La planta está ubicada en las proximidades de un consumidor de energía térmica de una red de “district heating”: el futuro Centro Penitenciario de Zubieta.”

La memoria justifica el ajuste a la Mejor Tecnología Disponible (MTD, BAT), en lo referente al aprovechamiento del calor, mediante el suministro de agua caliente al futuro centro penitenciario de Zubieta con una planta de cogeneración a instalar en la planta. Lo llamativo de esta unidad de cogeneración es que su funcionamiento está completamente desvinculado de la valorización energética de los residuos: **su combustible será exclusivamente gas natural** (memoria, pág. 143-146, 254).

Es decir, el proyecto justifica el cumplimiento de un requisito de valorización energética mediante un módulo que no obtiene energía de los residuos, y además para cubrir una demanda que todavía no existe, ya que el Centro Penitenciario ni siquiera está construido.

### **Valorización energética en la incineradora Zabalgardi**

Desde el punto de vista de la valorización energética, Zabalgardi es, sin lugar a dudas, una planta incineradora singular; como mínimo, su diseño es radicalmente diferente al de otros diseños clásicos de PVE para la generación de electricidad, como el de la planta proyectada por el CGRG en Zubieta. Hasta tal punto es singular la planta de Zabalgardi, que el BREF-WI la presenta como ejemplo de configuración especial de una planta de incineración: la de aquellas que combinan el ciclo de agua/vapor con una planta externa de generación (BREF-WI 2006, pág. 311-313).

Tal y como queda recogido en este documento promovido por la Comisión Europea, la eficiencia del ciclo termoeléctrico de generación de una planta incineradora puede ser

mejorado si este se integra con otra planta de generación termoeléctrica —de carbón o a partir de gas natural— de la capacidad suficiente. En el caso de Zabalgardi, la incineración se integra con un ciclo combinado de gas natural.

El diagrama de un ciclo combinado genérico se muestra en la figura 5. Estas instalaciones combinan dos ciclos térmicos de generación eléctrica. En un primer ciclo se quema gas natural en una turbina —la turbina de gas— que mueve a su vez un generador eléctrico. Los gases de combustión abandonan la turbina de gas a menor presión y temperatura que tras la combustión —la diferencia de energía es la transferida al exterior en forma de electricidad, por el motor eléctrico de la turbina—. Mientras que en un ciclo convencional esta energía de los gases de combustión se perdería por la chimenea, en un ciclo combinado se aprovechan en un ciclo térmico posterior para calentar vapor, que se hace pasar por otra turbina generadora —la turbina de vapor— para generar más electricidad.

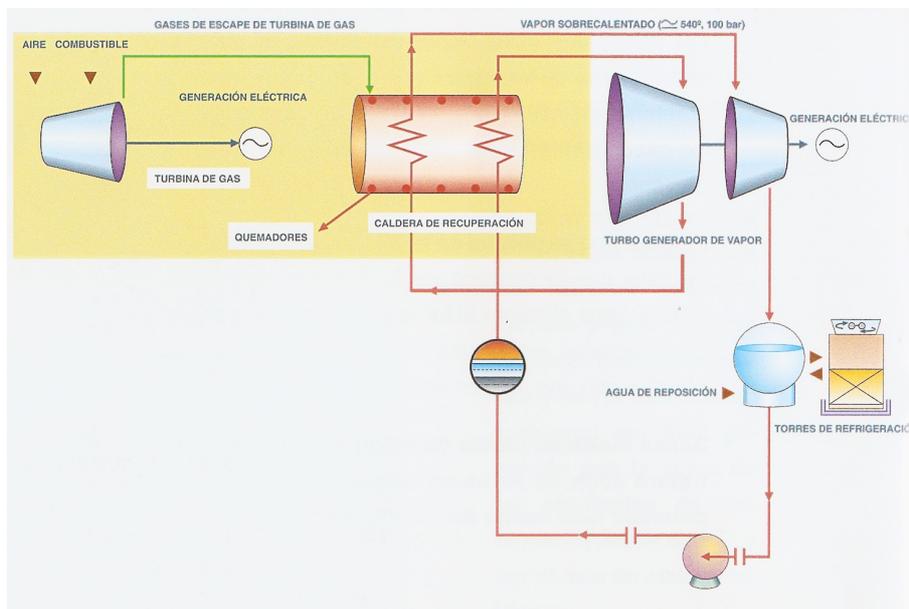


Figura 5. Diagrama de un ciclo combinado genérico  
(Fuente: folleto informativo de Zabalgardi)

En Zabalgardi, tal y como se muestra en el diagrama de la figura 6 presentado en el folleto informativo de la planta, el horno-caldera que incinera los residuos está integrado en el segundo ciclo térmico del ciclo combinado. Es decir, el vapor del segundo ciclo se calienta no solo con los gases de combustión que vienen de la turbina de gas, sino también con la energía térmica liberada en la combustión de los residuos. Esta configuración permite trabajar con unos parámetros de vapor diferentes a los de una PVE convencional y más ventajosos desde el punto de vista de la eficiencia termodinámica y de los niveles de corrosión en las conducciones (BREF-WI, pág. 311-313).

Según cálculos que se presentarán más adelante, mientras que en una PVE convencional como la del CGRG en Zubieta la eficiencia global (teórica) del ciclo es del 25,1 %, en

Zabalgarbi la eficiencia global del sistema ronda el 40 %.

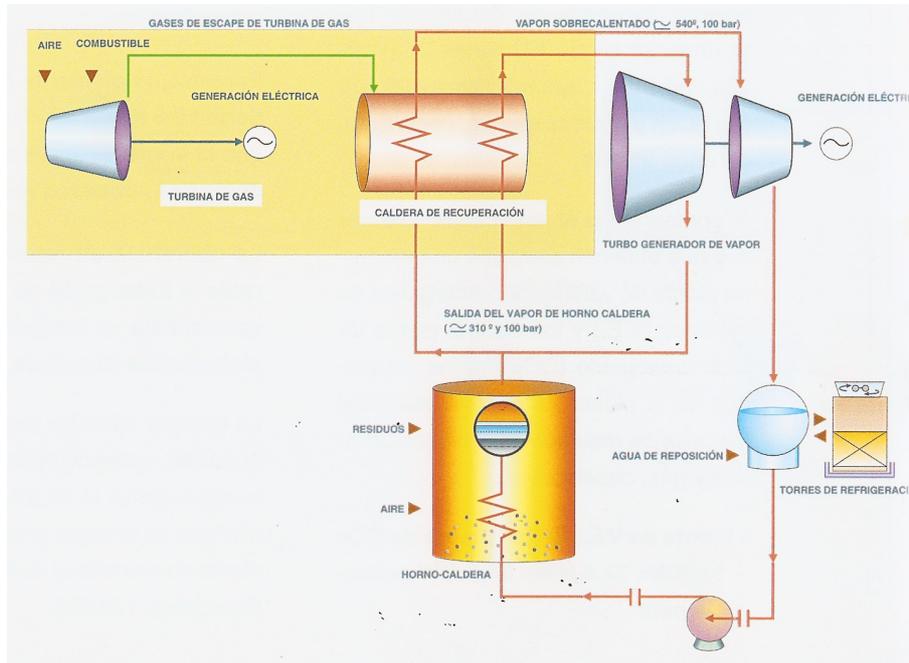


Figura 6. Diagrama de la PVE Zabalgarbi (Fuente: folleto informativo de Zabalgarbi)

Teniendo en cuenta estos elementos, podría parecer lógico coincidir con Zabalgarbi cuando afirma que “el sistema Sener [de adaptación de la tecnología de las modernas plantas de valorización energética de RSU a las de ciclo combinado] ... logra un mayor rendimiento eléctrico, consigue una alta eficiencia energética, un mayor desimpacto ambiental por kWh generado, una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, un ahorro de energía primaria, así como un menor coste del tratamiento y una mejor gestión de los recursos —RSU, gas y energía—” (folleto informativo, pág. 3).

Sin embargo, tal y como veremos a continuación estas afirmaciones requieren importantes matizaciones, cuando no severas correcciones.

### La eficiencia de Zabalgarbi

Según Zabalgarbi, la integración de la incineración de residuos con un ciclo combinado permite “obtener con los mismos recursos —basura y gas— mejores rendimientos, prestaciones y mayor desimpacto por kWh generado que la suma de los resultados de una moderna PVE y los de un ciclo combinado”. Para demostrar esto, el folleto informativo de Zabalgarbi incluye la tabla comparativa recogida en la tabla 4.

	Recursos	Potencia neta		Rendimiento neto (bruto)
<b>PVE</b>	30 t RSU/h (8,1 GJ/t)	12 MW	84,5 MW	17,8 % (18,7 %)
<b>Ciclo combinado</b>	125.000 tep/año	72,5 MW		39,8 % (40,8 %)
<b>Zabalgarbi</b>	30 t RSU/h 125.000 tep/año	95 MW		38,03 % (39,8 %)

Tabla 4. Supuesta ventaja de potencia proporcionada por la integración de la incineración con el ciclo combinado en Zabalgarbi (Fuente: Zabalgarbi, folleto informativo)

Según Zabalgarbi, mientras que una PVE convencional con su capacidad de tratamiento presentaría una potencia eléctrica de generación de 12 MW y “una moderna planta de generación eléctrica de ciclo combinado obtendría una potencia neta media de 72,5 MW, en condiciones normales, con las mismas entradas Zabalgarbi proporciona una potencia neta media de 95 MW”. Por tanto, según Zabalgarbi, su planta “obtiene 10,5 MW más de potencia neta que la suma de los resultados de los otros dos procesos industriales”.

En la tabla 4, sin embargo, hemos añadido una columna con los rendimientos netos y brutos que se derivan de los datos proporcionados por Zabalgarbi en su argumentación, suponiendo un funcionamiento anual de 8.000 horas. La supuesta mejora de eficiencia en Zabalgarbi no es tal, ya que Zabalgarbi supone eficiencias muy por debajo de las reales a las tecnologías por separado, especialmente en el caso del ciclo combinado.

Mediante álgebra elemental puede comprobarse que una PVE con una potencia neta de 12 MW generados a partir de una entrada de residuos de 30 t/h implica un rendimiento energético neto del ciclo del 17,8 %, y un rendimiento bruto inferior al 19 %. Con esta eficiencia sería absolutamente imposible cumplir con el indicador de 0,60 requerido por la directiva 2008/98 para lograr la categoría R1. Por tanto, o Zabalgarbi nos está confirmando que la generación de electricidad a partir de la incineración de residuos no cumple con los requisitos valorización energética fijados por la directiva marco de residuos, o Zabalgarbi está justificando su razón de ser con datos que no se ajustan a la realidad.

La subestimación del rendimiento es todavía más grave en el caso del ciclo combinado. De los datos recogidos en la tabla se deduce un rendimiento bruto del orden del 41 %, cuando es sabido que los modernos ciclos combinados pueden superar un rendimiento del 54 %<sup>8</sup>. De hecho, con un rendimiento del 54 %, un ciclo combinado generaría más electricidad (98,4 MW) solo a partir del gas natural, que la que Zabalgarbi genera a partir del mismo gas natural más los RSU (95 MW).

A partir del año 2009 están accesibles al público interesado, en el Servicio de Información

8 A modo de ejemplo, según consta en nota de prensa de la compañía *Bahía de Bizkaia Electricidad*, su ciclo combinado situado en el puerto de Bilbao (800 MW, el más grande de la CAPV, <[http://www.bahiasdebizkaia.com/pdf/NOTA\\_BBE\\_10032008\\_c.pdf](http://www.bahiasdebizkaia.com/pdf/NOTA_BBE_10032008_c.pdf)>) generó en 2007 4.135 GWh de electricidad. Por otro lado, dicha instalación emitió ese mismo año a la atmósfera 1.550.000 t CO<sub>2</sub> (<[http://www.prtr.es.es/Informes/fichacomplejo.aspx?Id\\_Complejo=4953](http://www.prtr.es.es/Informes/fichacomplejo.aspx?Id_Complejo=4953)>), lo que equivale a un consumo de gas natural de 7.662 GWh. De estos datos se deduce una eficiencia media a lo largo del año 2007 del 53,97 %.

Pública Ambiental del Gobierno Vasco, los datos del Informe Anual del Programa de Vigilancia Ambiental para la planta Zabalgardi. Los datos referentes a la actividad energética de la planta (Zabalgardi 2010, pág. 63-64) están resumidos en la tabla 5. Uno de los datos proporcionados por Zabalgardi es el del rendimiento energético neto, calculado para 2009 en el 39,13 %, muy similar al dato calculado en la tabla 4 a partir de la información del folleto informativo.

Parámetro	Valor
Residuos recibidos	231.612 t
Energía en los residuos	7,86 GJ/t
Residuos incinerados	505,56 GWh
Electricidad generada bruta	660,80 GWh
Electricidad inyectada a la red (neta)	622,23 GWh
% consumo combustibles no renovables frente a renovables	248 %
Consumo de gas natural (PCI)	1.090,07 GWh
Consumo de fuel	308 L
Rendimiento energético neto	39,13 %
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (incineración)	80.600.976 kg CO <sub>2</sub>
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (generación)	226.679.082 kg CO <sub>2</sub>

Tabla 5. Parámetros energéticos fundamentales de Zabalgardi en 2009  
(Fuente: Zabalgardi 2010, IPCC-Gobierno Vasco)

Los indicadores anuales de actividad recogidos en la tabla 5 permiten obtener información suplementaria de gran interés para poder valorar adecuadamente el proceso de valorización energética en Zabalgardi. Dado que los indicadores de actividad recogen información acerca de las entradas energéticas (RSU, gas natural) y salidas (electricidad bruta y neta generada en la planta), es posible determinar, de forma aproximada, el porcentaje de electricidad renovable generado en la planta<sup>9</sup>, y el resultado de la aplicación de la fórmula R1 a esta instalación. Los resultados se muestran en la tabla 6.

9 En aplicación de la directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, que fija en su artículo 5 (Cálculo de la cuota de energía procedente de fuentes renovables), punto 4, segundo párrafo que: “En las instalaciones multicomcombustibles que utilizan fuentes renovables y convencionales, solamente se tendrá en cuenta la parte de calor y frío producida a partir de fuentes renovables. Para efectuar este cálculo, la contribución de cada fuente energética se calculará sobre la base de su contenido energético.”

Parámetro	Valor
% de energía renovable en el total de las entradas de energía a la planta	29,95 %
% de electricidad renovable en el total generado	29,95 %
Resultado de aplicar la fórmula R1	0,327
Nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> por kWh generado	465,25 g CO <sub>2</sub> /kWh

Tabla 6. Parámetros energéticos más significativos calculados a partir de la información disponible.

Pero la singular configuración de Zabalgardi —un ciclo combinado integrado con una unidad de incineración— debe ser tenida en cuenta al aplicar la fórmula R1. Así, la Comisión Europea propone (2010, pág. 7) que, en el caso de configuraciones como la de Zabalgardi, la fórmula R1 sea aplicada al sistema sin considerar la turbina de gas, y por tanto sin considerar el flujo energético del gas quemado en la turbina. La aplicación de esta condición, obviamente, resultaría en un aumento del resultado de aplicar la fórmula R1 con respecto al valor de 0,327 recogido en la tabla 6. Sin embargo, la propuesta de la Comisión también señala que el sistema sobre el que se aplica la fórmula R1 sí debe incluir la segunda turbina de vapor, en la que se genera electricidad tanto a partir de la combustión de los residuos como del calor proveniente de la salida de la turbina de gas. Todos estos elementos hacen que la correcta aplicación de la fórmula R1 a la PVE de Zabalgardi suponga un reto importante, con resultados que pueden variar significativamente dependiendo de cómo sea definido el sistema al que se aplica la fórmula R1.

Sin embargo, la valoración del rendimiento energético de la PVE de Zabalgardi también se puede enfocar desde otro punto de vista. La Comisión Europea establece que la fórmula R1 debe aplicarse solo al sistema de incineración, sin considerar el ciclo combinado con el cual se integra la incineración. Esto nos deja la PVE dividida en dos sistemas, el ciclo combinado a partir de gas natural por un lado, y el sistema de generación eléctrica a partir de los RSU, por otro, con sus eficiencias respectivas, que a su vez deberán ser coherentes con la eficiencia global del 40 % reconocida por la operadora de la planta. Sin poder determinar exactamente cuál es la eficiencia de cada uno de estos dos subsistemas de la planta, mediante álgebra elemental es posible determinar la relación entre ellos, y a su vez la electricidad de origen renovable generada en la planta. Los resultados se muestran gráficamente en la figura 7.

## Relación entre diversos parámetros energéticos relacionados con el funcionamiento de Zabalgarbi

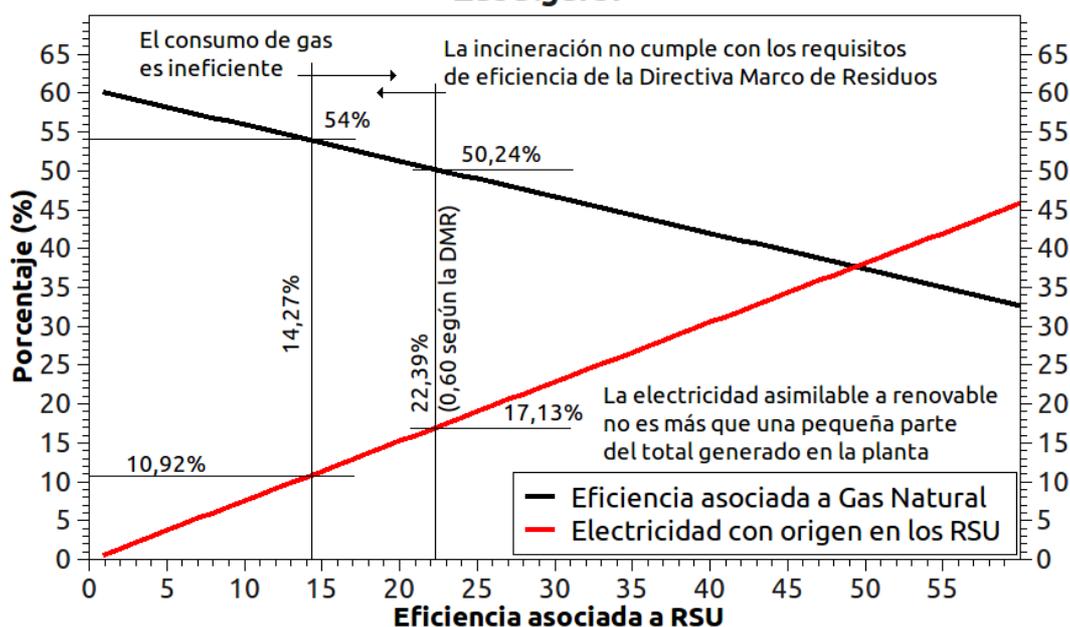


Figura 7. Relación entre diversos parámetros energéticos relacionados con el funcionamiento de Zabalgarbi (Fuente: elaboración propia).

Dado que un ciclo combinado convencional presenta una eficiencia del 54 %, cualquier eficiencia por debajo de ese valor supondría una ineficiencia en el consumo del gas natural en Zabalgarbi. sin embargo, dado que la eficiencia global de Zabalgarbi es del 40 %, una eficiencia del 54 % en la generación de electricidad a partir del gas natural exigiría que la eficiencia en la generación de electricidad a partir de los RSU fuera inferior al 11 % —y en ese caso solo el 14,27 % de la electricidad podría ser considerada como equiparable a renovable en origen—. Con una eficiencia del 11 %, el subsistema de incineración no cumpliría claramente con el requisito para acceder a la categoría R1, que requiere una eficiencia mínima del 22,39 % —en el mejor de los casos, ya que tal y como queda recogido en la figura 1, si  $E_i$  ó  $E_f$  fueran no nulos la eficiencia mínima aumentaría—. El cumplimiento del requisito para acceder a la categoría R1, por otro lado, solo es compatible con una significativa pérdida de eficiencia del subsistema del ciclo combinado. Y la electricidad equiparable a renovable podría mantenerse todavía por debajo del 20 %.

De este análisis, por tanto, se deduce que en la PVE de Zabalgarbi es imposible que se cumpla al mismo tiempo la doble condición de utilización eficiente del gas natural en el subsistema de ciclo combinado, por un lado, y de utilización eficiente de los RSU según la directiva marco de residuos, por otro. También se puede asegurar con un grado de certeza muy alto que la electricidad realmente equiparable en origen a renovable es inferior al 30 % de toda la generada en la planta, y muy probablemente incluso inferior al 25 %, ya que Zabalgarbi requiere de una gran cantidad de gas natural para alimentar el ciclo combinado. Este dato es coherente con el hecho de que desde su puesta en marcha, los datos agregados de generación termoeléctrica renovable en la CAPV —que

incluyen no solo Zabalgardi, sino también otras instalaciones, como la cogeneración y el biogás— proporcionados anualmente por el Ente Vasco de la Energía en sus contabilidades energéticas anuales siempre han sido bastante inferiores a la generación eléctrica anual en Zabalgardi<sup>10</sup>.

Este importantísimo consumo de gas natural, unido al hecho de que una importante fracción de los RSU es de origen fósil, hace a su vez que el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh generado en Zabalgardi ascienda a 465,25 g CO<sub>2</sub>/kWh. Más adelante volveremos sobre este punto, al analizar los argumentos de Zabalgardi sobre el desimpacto ambiental.

Aunque la eficiencia energética de Zabalgardi es superior a la de una PVE convencional, no es comparable a la de un ciclo combinado eficiente, como los varios que ya hay en funcionamiento en la CAPV. Si esta planta genera poca electricidad renovable, su ciclo combinado es menos eficiente que otros del entorno, y es razonable poner en duda el cumplimiento del requisito fijado por la Directiva 2008/98/CE, ¿dónde radica su ventaja? Para responder a esta pregunta es necesario no olvidar la posición de Zabalgardi, cuando afirma que su proceso industrial de valorización “se trata de un proceso único e integrado” (folleto informativo, pág. 12). Este carácter integrado ha sido un pilar fundamental de la esencia del proyecto de Zabalgardi: esta planta no proporciona el calor de los residuos que incinera a un ciclo combinado ya preexistente cuando se puso en marcha en 2005 —tal y como es el caso en otras plantas con una configuración similar en Europa—, sino que la puesta en marcha de Zabalgardi trajo consigo la creación del nuevo ciclo combinado, que funciona, además, con un régimen de trabajo muy diferente al de los ciclos combinados convencionales.

## La verdadera razón de ser de Zabalgardi

La PVE de Zabalgardi debe entenderse, fundamentalmente, como un ciclo combinado con una capacidad de generación eléctrica de 99,5 MW, que utiliza como combustible gas natural en más de un 70 %, complementado en casi otro 30 % por la energía térmica producida en la incineración de RSU.

La Ley 54/1997 del sector eléctrico establece, en su Título IV, dos regímenes diferenciados de producción de energía eléctrica: el Régimen Ordinario y el Régimen Especial. El Régimen Especial incluye, con el objetivo de promover su explotación, a instalaciones de potencia inferior a 50 MW que explotan flujos de energía renovable, aprovechan residuos o utilizan cogeneración u otras tecnologías de alto rendimiento

<sup>10</sup> En la pág. 35 del informe del año 2008

(<[\(<\[25\]\(http://www.elpais.com/articulo/pais/vasco/ingresos/incineradora/Zabalgardi/caen/elpepiesppvs/20100303elpvas\_1/1/Tes>\). Zabalgardi nunca ha especificado públicamente cuánta de la electricidad que generan es renovable. En visita realizada a la planta el 13 de noviembre de 2010, al ser interpelados sobre esta cuestión en repetidas ocasiones, los responsables técnicos de la planta reusaron en todo momento concretar el porcentaje de electricidad renovable generados en Zabalgardi alegando que eso era una cuestión menor, ya que la aportación sustancial de Zabalgardi residía en “la mejora sustancial de la eficiencia”.</p></div><div data-bbox=\)](http://www.eve.es/web/Documentacion/publicaciones/DetallePublicacion.aspx?NodeID=2793&Categoria=> el EVE afirmaba que la generación eléctrica renovable en ese año fue de 1.142 GWh; pero de esa energía sólo el 30 % correspondió a cogeneración, incineración y biogás, siendo el resto hidroeléctrica y eólica. Por tanto, según esos datos, Zabalgardi generaría en 2008 343 GWh renovables como mucho, suponiendo nulas las aportaciones del biogás y la cogeneración. Por otro lado, para ese año Zabalgardi hacia pública una generación eléctrica mucho mayor, de 632 GWh</p></div><div data-bbox=)

energético. El Régimen Especial está regulado actualmente por el RD 661/2007, y establece un sistema de primas y tarifas reguladas para la electricidad generada en dicho régimen. El sistema también reconoce el carácter no gestionable de algunos tipos de generación —como la eólica y la fotovoltaica— y les da prioridad de acceso a la red eléctrica.

Zabalgardi, sin embargo, está integrada en el Régimen Ordinario de generación eléctrica peninsular, tal y como consta en el registro de instalaciones del Régimen Ordinario del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio<sup>11</sup>. El Régimen Ordinario incluye al grueso de la generación eléctrica, incluida la térmica convencional y la gran hidroeléctrica. Las instalaciones del Régimen Ordinario están obligadas a vender la electricidad producida en el mercado diario de producción de energía eléctrica, también conocido como *pool de electricidad*.

En este mercado, gestionado por OMEL (Operador del Mercado Eléctrico<sup>12</sup>), las instalaciones de generación venden la electricidad que consideran que están en condiciones de suministrar al día siguiente; mediante un sistema de casación de ofertas de compra y venta de electricidad se decide qué unidades generan en cada momento al mejor precio; esta información se traslada posteriormente al CECOEL, el Centro de Control Eléctrico de Red Eléctrica de España, que envía las órdenes de funcionamiento a todas las unidades de generación.

Sin embargo, el Artículo 25 de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico establece algunas excepciones al sistema de ofertas que regula el mercado de electricidad. El punto 1 da margen a la administración para que algunas unidades (hasta un 15 % del total de energía primaria) que utilizan "energía primaria autóctona" queden excluidas del sistema de ofertas —en este punto se sustenta el reciente *decreto del carbón*, de apoyo a las centrales térmicas que queman carbón autóctono—, y el punto 2 excluye a las unidades del Régimen Especial, que tienen prioridad de acceso a la red y solo están obligadas a comunicar sus previsiones de producción para cada período de programación.

Dado que la electricidad no se puede almacenar, el sistema eléctrico tiene que ajustar en todo momento la generación eléctrica a la demanda existente, una demanda que presenta picos y valles a lo largo del día. Durante la última década, el ajuste final entre oferta y demanda de electricidad en la red eléctrica ha recaído cada vez más bajo la responsabilidad de los ciclos combinados —junto con la generación hidroeléctrica, que presenta también una gran capacidad de regulación, aunque la gestión del recurso hidrológico no puede supeditarse exclusivamente a la gestión de la red eléctrica—, que han pasado de un papel residual antes de 2002 a suponer el 26 % de la potencia instalada a finales de 2010 (26,22 GW de un total de 97,5 GW), fundamentalmente por dos razones, una técnica, y la otra económica: por un lado, los ciclos combinados presentan una gran capacidad de regulación, es decir, su potencia se puede variar y ajustar rápidamente para adaptarse a la demanda —mucho más rápido que la generación nuclear, o la termoeléctrica convencional—; por otro lado, los ciclos combinados son instalaciones muy compactas con unos costes de inversión y fijos de operación más reducidos que otras tecnologías, lo que implica menores costes económicos globales que otras opciones en situación de parada. La gran penetración de generación eléctrica renovable no gestionable —fundamentalmente eólica— que ha sufrido el sistema eléctrico peninsular en la última década —en 2010 el 35 % de la electricidad fue de origen

---

11 <<http://www.mityc.es/ENERGIA/ELECTRICIDAD/REGIMENORDINARIO/Paginas/RegInstalaciones.aspx>> (justo al final de la lista).

12 <<http://www.omel.es/>>

renovable<sup>13</sup>— ha reforzado el papel de los ciclos combinados como instrumentos de ajuste entre generación y consumo de electricidad en la red, que se han visto forzados a tener que compensar no solo la variabilidad de la curva de demanda —los picos y valles de demanda— sino también la variabilidad de la curva de generación: la del Régimen Especial no gestionable, que tiene prioridad de acceso a la red (fundamentalmente la generación eólica).

La tabla 7 muestra la generación eléctrica y las horas equivalentes de funcionamiento a pleno rendimiento para los diferentes tipos de generación en el sistema eléctrico durante el año 2009. Mientras que la generación nuclear funcionó a un régimen del 90 %, los ciclos combinados funcionaron al 40 %, y la generación hidroeléctrica al 16 %.

Tipo de generación	Potencia media instalada en 2009 (MW)	Generación (GWh)	Generación (% del total)	Factor de trabajo (%)	Horas equiv.
Hidráulica	16.657	23.844	8,82	16,34	1.431
Nuclear	6.616	52.731	19,51	90,98	7.970
Carbón	11.359	33.859	12,52	34,03	2.981
Fuel/gas	3.902	2.082	0,77	6,09	534
Ciclo combinado	22.366	78.296	28,96	39,96	3.501
RE eólica	16.997	36.188	13,39	24,31	2.129
RE resto	13.273	43.346	16,03	37,28	3.266
Zabalgarbi	99,5	660	0,24	75,72	6.633

Tabla 7. Volumen de generación según tipo de generación en la red eléctrica en 2009 (Fuente: REE, boletines mensuales)

Zabalgarbi, por su parte, tiene previsto un régimen de funcionamiento de 8.000 horas anuales (folleto informativo, pág. 4). En el año 2009, según consta en el Informe Anual del Plan de Vigilancia Ambiental (pág. 15), el horno-caldera de incineración de residuos estuvo en funcionamiento un total de 7.588 horas. Si tenemos en cuenta los datos de potencia y electricidad generada, la planta tuvo un funcionamiento equivalente a 6.633 horas de trabajo a plena potencia, o un factor de trabajo del 75,7 %, muy por encima del 40 % de media de los ciclos combinados de la red eléctrica en el Estado, justificado seguramente por la prioridad de acceso a la red que la normativa del Régimen Especial otorga a la generación de origen renovable no gestionable, ya que OMEL reconoce a Zabalgarbi la condición de “GENERACIÓN RÉGIMEN ESPECIAL” en su lista de agentes del mercado<sup>14</sup>.

Dado que el proceso de incineración de RSU es continuo en el horno-caldera de la PVE, esta planta funciona de forma continua a lo largo de todo el año —salvo paradas programadas, fallos, etc.—, y al contrario de lo que sucede con el resto de los ciclos combinados no puede hacer regulación de su potencia de generación, que es precisamente una función importante de los ciclos combinados dentro del sistema eléctrico. Llama la atención este privilegio concedido a Zabalgarbi, ya que es una unidad

13 Nota de prensa de Red Eléctrica de España, <[http://www.ree.es/sala\\_prensa/web/notas\\_detalle.aspx?id\\_notas=198](http://www.ree.es/sala_prensa/web/notas_detalle.aspx?id_notas=198)>.

14 <[http://www.omel.es/informes\\_mercado/listados/LISTA\\_AGENTES.PDF](http://www.omel.es/informes_mercado/listados/LISTA_AGENTES.PDF)>.

de generación que tal y como se ha demostrado no presenta mejora de eficiencia con respecto a los ciclos combinados, no tiene la flexibilidad de estos para hacer regulación, y además tampoco puede alegar que su combustible principal sea de origen renovable según los estándares de la Unión Europea, ya que consume al menos un 70 % de gas natural.

Es de suponer que la venta de electricidad suponga el principal ingreso económico de Zabalgardi, y su principal fuente de beneficios económicos. También es de suponer que los beneficios aumentarán conforme aumenten las horas anuales de funcionamiento de la planta, no sujetas a lo marcado por el *pool* de electricidad. La incineración de residuos en Zabalgardi, por tanto, permite trabajar casi en continuo a un ciclo combinado, aumentando así los beneficios económicos derivados de su funcionamiento. Pero esta filosofía entraña un serio riesgo: el riesgo de que la maximización del beneficio económico obtenido a través de la generación eléctrica en el ciclo combinado empuje a la planta a maximizar la incineración de residuos que justifique su actividad, en clara contradicción con la jerarquía de residuos, que establece como primer elemento la prevención —y por tanto minimización— de la generación de residuos.

### El desimpacto ambiental de la electricidad de Zabalgardi

Si el ciclo combinado de Zabalgardi es menos eficiente que los convencionales, es también mucho menos flexible y solo un 30 % de la electricidad que genera puede considerarse de origen renovable, habrá que pensar que su funcionamiento supone al menos una mejora sustancial desde el punto de vista medioambiental y de reducción del consumo de combustibles fósiles.

Eso alega Zabalgardi, cuando afirma (folleto informativo, pág. 17) que la valorización de RSU evita el consumo de 44 ktep/año (miles de toneladas equivalentes de petróleo) de combustibles fósiles por la combustión de RSU, y otros 23,5 ktep/año suplementarios por la mejora de eficiencia con respecto a la generación convencional; esto a su vez evitaría la emisión de 440.000 t CO<sub>2</sub>/año.

Pero estos argumentos no se sostienen, tal y como trataremos de demostrar a continuación. La tabla 8 muestra una comparativa de los consumos de energía fósil en varias instalaciones de generación eléctrica de diferente tipo, entre ellas Zabalgardi.

Tipo de generación	Combustible	Eficiencia (%)	Consumo de fósiles por kWh de elec. producido (kWh fósil/kWh elec.)	Consumo de energía fósil (796 GWh/año)	Nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> (g CO <sub>2</sub> /kWh)	Emisiones (t CO <sub>2</sub> ) (796 GWh/año)
Zabalgardi	RSU + GN	40 %	1,65	Referencia	465	Referencia
Convencional	Carbón	36 %	2,78	Ref. + 77,1 ktep	983	Ref. + 412.000
Convencional	Fuel	36 %	2,78	Ref. + 77,1 ktep	739	Ref. + 218.000
Ciclo combinado	Gas natural	54 %	1,85	Ref. + 13,6 ktep	375	Ref. – 72.000

Tabla 8. Comparación desde el punto de vista del consumo de energía fósil y la emisión de CO<sub>2</sub>, entre Zabalgardi y otras centrales de generación eléctrica.

Tal y como apunta la información de Zabalgarbi, esta planta es más eficiente y menos intensiva en consumo de energía fósil que otras termoeléctricas convencionales a fuel o carbón, que con un régimen anual de funcionamiento de 8.000 horas y la potencia máxima de Zabalgarbi (99,5 MW) consumirían 77 ktep más que aquella, ya que son menos eficientes (el 36 %, frente al 40 % de Zabalgarbi). Este ahorro de combustible, sin embargo, se reduce significativamente a 13,6 ktep si se supone que la electricidad se genera en un ciclo combinado, que es más eficiente incluso que Zabalgarbi —los datos utilizados son, nuevamente, los de *Bahía Bizkaia Electricidad*—.

En sus informaciones, Zabalgarbi insiste constantemente en comparar su funcionamiento con el de las plantas termoeléctricas convencionales, cuando la comparación sería mucho más razonable establecerla con un ciclo combinado a gas natural. Pero de hacerlo así, quedaría claro que el consumo de energía fósil evitado es muy inferior al proclamado.

La comparación resulta todavía más distorsionada si atendemos a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los diferentes tipos de generación. Según los datos recogidos en el informe de actividad de 2009, Zabalgarbi emitió a la atmósfera ese año 307.000 toneladas de CO<sub>2</sub>. Casi tres cuartas partes del CO<sub>2</sub> emitido (ver tabla 5) se originaron en la combustión del gas natural en la turbina de gas del ciclo combinado, y el resto en la incineración de los RSU, ya que una parte importante del carbono de los RSU tiene un origen fósil<sup>15</sup>. Por tanto, aunque la Unión Europea equipare la combustión de RSU a una fuente de energía renovable, es obligatorio cuantificar también las emisiones no neutras generadas en la incineración de los RSU. Tenida en cuenta la generación de electricidad en Zabalgarbi en el año 2009, de estos datos se deduce una emisión de 465 gramos de CO<sub>2</sub> por kilovatio-hora generado (ver tabla 8). Este nivel de emisiones es inferior al de una central térmica de carbón (983 g CO<sub>2</sub>/kWh), que en comparación emitiría al año 412.000 toneladas más de CO<sub>2</sub>. También es mayor el nivel de emisiones en una central térmica de fuel (739 g CO<sub>2</sub>/kWh), que emitiría al año 218.000 toneladas más de CO<sub>2</sub> que Zabalgarbi. Sin embargo, una central de ciclo combinado que consume gas natural tiene un nivel de emisiones inferior al de Zabalgarbi (375 g CO<sub>2</sub>/kWh), gracias a que un ciclo combinado es casi quince puntos más eficiente: la electricidad generada en un ciclo combinado daría lugar a la emisión de 72 mil toneladas de CO<sub>2</sub> menos que en Zabalgarbi.

De hecho, el nivel de emisiones de Zabalgarbi es superior al de la mezcla eléctrica en el Estado, que como puede comprobarse en cualquier factura eléctrica es ligeramente inferior a 400 gramos de CO<sub>2</sub> por kilovatio-hora generado<sup>16</sup>. Por tanto, parece claro que la PVE de Zabalgarbi empeora el nivel de emisiones de la mezcla en la red eléctrica cuando entra en funcionamiento.

(La emisiones en la PVE del CGRG en Zubieta serían de 611 g CO<sub>2</sub>/kWh, supuesto un rendimiento del ciclo del 25 %, una densidad energética de los residuos antes del pretratamiento biomecánico de 8,2 GJ/t RSU y el factor de emisiones propuesto por IHOBE, 348,6 kg CO<sub>2</sub>/t RSU).

Zabalgarbi emite más CO<sub>2</sub> por kilovatio-hora generado que el resto del parque de generación eléctrica. Sin embargo, Zabalgarbi afirma que su funcionamiento evita la emisión de 440.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. Una parte significativa de estas emisiones

---

15 Pese a que el *Informe Anual PVA 2009* de Zabalgarbi incluye una nueva caracterización de los residuos, parece que para los cálculos de las emisiones de CO<sub>2</sub> se sigue dando por bueno el estudio recogido en IHOBE (2005), según el cual (pág. 29) la fracción fósil de los RSU da lugar a una emisión de 348,6 kg CO<sub>2</sub>/t RSU.

16 El nivel de emisiones de la mezcla eléctrica determinada por la generación marginal de electricidad, es decir, por las tecnologías que en cada hora marcan el precio en el *pool* de electricidad, es todavía inferior: en torno a 300 g CO<sub>2</sub>/kWh, debido al gran peso de los ciclos combinados (marcaron precio el 42 % de las horas en 2009), y la energía hidroeléctrica (marcaron precio en el mercado el 38 % de las horas).

“evitadas” tiene su origen en el hecho de que Zabalgardi se compara con la generación más contaminante. Sin embargo, Zabalgardi también achaca una parte importante de esta supuesta prevención de emisiones, en concreto 150.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, al hecho de que los RSU incinerados allí no son vertidos a un vertedero.

Los vertederos de residuos pueden ser una gran fuente de emisiones de gases de efecto invernadero; en concreto de metano (CH<sub>4</sub>), con un potencial de calentamiento global 25 veces el del CO<sub>2</sub>, y generado fundamentalmente en la descomposición del material orgánico de los RSU. Según el procedimiento de cálculo de emisiones al aire en vertederos de RSU manejado por IHOBE (2005, pág. 30-40), la descomposición de una tonelada de RSU en un vertedero sin control de emisiones puede dar lugar a la emisión de 162 kilogramos de CO<sub>2</sub>, y 100 kg de CH<sub>4</sub>, lo que conjuntamente equivale a 2.662 kilogramos equivalentes de CO<sub>2</sub>. Si el vertedero dispone de un sistema de captación del metano para su posterior combustión, se aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> pero se reducen las de CH<sub>4</sub>, que presentan mayor efecto invernadero, reduciendo las emisiones a menos de una tonelada equivalente de CO<sub>2</sub> por tonelada de RSU. De esta forma, la incineración de residuos en una planta con la capacidad de Zabalgardi podría evitar unas emisiones de entre 200.000 toneladas y 600.000 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, según las características del vertedero.

Estos datos indican, por tanto, que la incineración de residuos previene importantes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), **si estas dos opciones fueran las únicas viables disponibles para la gestión de los residuos**<sup>17</sup>. Pero esto, obviamente, es falso. Nuevamente, de cara a justificar su actividad, Zabalgardi se compara con la peor opción posible. Un análisis más mesurado de las diversas opciones existentes para la gestión de los RSU exige inevitablemente un análisis del ciclo de vida de los residuos, considerando las diversas opciones en cada fase. En el último apartado de este documento recogeremos algunos apuntes sobre esta cuestión.

### **Apuntes para un análisis del ciclo de vida de la gestión de los RSU**

Un análisis del ciclo de vida completo para las diferentes opciones de gestión de los RSU se escapa claramente del ámbito de este breve documento. En este apartado, por tanto, nos limitaremos a comparar las implicaciones energéticas y relativas a emisiones de GEI de diversas opciones de valorización y eliminación de residuos, al objeto de completar y corregir la argumentación de Zabalgardi. Esto también nos permitirá realizar alguna valoración global sobre la gestión de los residuos en la CAPV desde el punto de vista energético.

En concreto, las opciones que vamos a considerar en este apartado son cinco:

1. Incineración de residuos en una PVE.
2. Vertido de residuos a un vertedero sin sistemas de control de emisiones.
3. Vertido de residuos a un vertedero con control de emisiones (eficiencia de

---

<sup>17</sup> De cualquier forma, hay que insistir en que la incineración de residuos de ninguna forma puede bonificarse con esta supuesta prevención de emisiones a la hora de su contabilización, por ejemplo de cara al cumplimiento de los objetivos internacionales y europeos derivados del protocolo de Kioto. Los datos de emisiones de Zabalgardi recogidos en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (E-PRTR) <[http://www.prrt.es.es/informes/fichacomplejo.aspx?id\\_complejo=4987](http://www.prrt.es.es/informes/fichacomplejo.aspx?id_complejo=4987)> incluyen la suma de las emisiones derivadas de la combustión del gas natural y los RSU; las “emisiones de vertedero evitadas” no constan, ni pueden contar, en ningún registro oficial.

colección de metano del 85 %, y de combustión del metano del 90 %).

4. Compostaje de los residuos en planta de biotratamiento.
5. Digestión anaerobia en planta de biogás con una captación del 99 %, de la misma cantidad de metano generado en las opciones 2 y 3.

En la figura 8 se muestran los datos referentes a emisiones de GEI y valorización energética para cada una de las opciones, según los datos proporcionados para su cálculo por IHOBE (2005, 2007) e IPCC (2006, pág. 6).

De la comparación de estos datos se deduce claramente que el vertido de los residuos a vertederos sin control de emisiones es un desastre medioambiental, y por eso la legislación europea persigue la desaparición de los vertederos. Sin embargo, la incineración no es la única opción viable alternativa al vertido a vertedero, ni tampoco la de menor impacto. El compostaje de los residuos da lugar a unas emisiones ligeramente inferiores a las de la incineración, y la digestión anaeróbica las reduce en un orden de magnitud —en dos órdenes de magnitud si las comparamos con el vertido en vertederos sin control de emisiones—.

Desde el punto de vista de la valorización energética de los residuos, la digestión anaerobia produce una cantidad de energía en forma de biogás que es un 30 % inferior a la energía térmica liberada en la incineración. La calidad superior del metano como portador de energía, que se puede almacenar, compensa sobradamente esta pérdida frente a la incineración, que exige un proceso en continuo de los residuos y da lugar a una energía —calor, electricidad— que no se puede almacenar.

El compostaje de los residuos no da lugar a una valorización energética directa, pero sí produce compost, que puede ser valorizado sustituyendo otros productos cuya fabricación requiere consumos de energía, consumos que por tanto serían evitados y no están reflejados en la figura 8.

El compostaje y la digestión anaerobia requieren de un alto grado de homogeneidad de los residuos procesados. Lo más lógico, por tanto, y en coherencia con la estrategia europea de gestión de residuos, sería la implantación de un sistema integral de recogida selectiva de residuos con suficientes garantías en sus resultados, como por ejemplo el sistema de recogida *puerta a puerta* ya implantado en algunos municipios de Gipuzkoa.

La recogida selectiva de los residuos permitiría un índice mucho mayor de reciclado de residuos como papel, textiles y plásticos, que son precisamente las principales fuentes de energía en la incineración de residuos, dando lugar a una disminución drástica de las entradas a las plantas de incineración, que quedarían reducidas a los rechazos originados en la gestión de los residuos en los escalones previos y superiores establecidos por la jerarquía de residuos. El proyecto del CGRG (memoria, pág. 39-40) prevé que los rechazos de las plantas de compostaje, reciclado y lodos EDAR supongan en 2016 menos del 15 % de las entradas del proceso de incineración. Si por otro lado se tiene en cuenta que una estrategia de recogida selectiva adecuada redundaría en una reducción significativa de los rechazos y hasta de los residuos totales, parece razonable suponer que la aplicación de esta estrategia justifica la reducción del tamaño del proceso de incineración en un orden de magnitud, o a la décima parte, como mínimo.

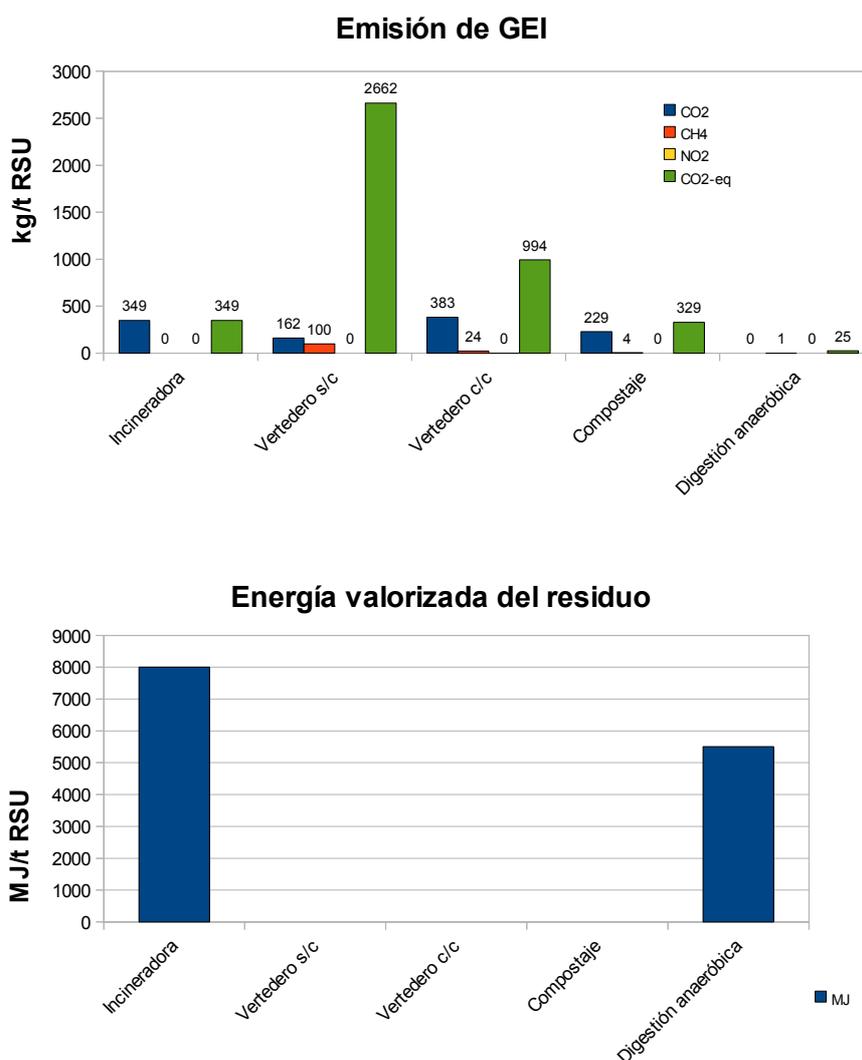


Figura 8. Emisiones de GEI y valorización energética de los RSU, para diversas opciones de gestión de los residuos.

Las plantas de valorización energética de residuos mediante incineración no solo deberían reducir muy significativamente su tamaño, sino que también tendrían que modificar su configuración. La valorización energética mediante la generación exclusiva de electricidad no garantiza unos rendimientos suficientes; seguramente tampoco los exigidos por la directiva 2008/98. Por ello, las incineradoras deberían en todo caso seguir el modelo utilizado en los países del norte de Europa, con un porcentaje significativo de la valorización energética directamente en forma de calor, y limitar su instalación a zonas urbanas o industriales en las que hubiera garantizada una demanda sostenida de calor a lo largo de todo el año y que dispusieran de redes urbanas de distribución de calor. El incumplimiento de estos requisitos en la CAPV nos permite afirmar que la incineración de RSU en la CAPV no puede ser considerada como una estrategia viable para la valorización energética de RSU. Esto refuerza la necesidad de potenciar vías alternativas, como el compostaje y la digestión anaerobia de los residuos orgánicos y la cuidadosa recogida selectiva de todo residuo que pueda ser reciclado.

## Bibliografía y otras referencias

CEWEP, 2009. Waste in (mega) watt out 2009, Corporate Brochure, Confederation of European Waste-to-Energy Plants, 2009, <[http://cewep.com/storage/med/subdir/263\\_Orange\\_brochure\\_Final\\_2009.pdf](http://cewep.com/storage/med/subdir/263_Orange_brochure_Final_2009.pdf)>.

Comisión Europea, 2010. Proposal for a European Guidance for the use of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of Municipal Solid Waste according to Waste Framework Directive 2008/98/EC, Annex II, R1-formula, junio, 2010, <[http://www.gipuzkoakohondakinenkudeaketa.com/docs/uploads/RESPUESTA\\_63\\_30092010\\_R1\\_guidance\\_draft\\_final\\_100729.pdf](http://www.gipuzkoakohondakinenkudeaketa.com/docs/uploads/RESPUESTA_63_30092010_R1_guidance_draft_final_100729.pdf)>.

Greenpeace, 2009. Incineración de residuos: malos humos para el clima, noviembre 2009, <<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/091124-02.pdf>>.

IHOBE, 2005. Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire. Sector Gestión de Residuos, 2005, <[http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-6172/es/contenidos/manual/eprtr/es\\_guia/adjuntos/residuos.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-6172/es/contenidos/manual/eprtr/es_guia/adjuntos/residuos.pdf)>.

IHOBE, 2007. Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire. Valorización de Residuos Sólidos Urbanos, 2007, <[http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/manual/eprtr/es\\_guia/adjuntos/residuos\\_urbanos.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/manual/eprtr/es_guia/adjuntos/residuos_urbanos.pdf)>.

IPCC, 2006. Chapter 4: Biological Treatment of Solid Waste, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_4\\_Ch4\\_Bio\\_Treat.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_4_Ch4_Bio_Treat.pdf)>.

ISWA, 2006. Energy from Waste, State of the Art Report, Statistics, 5th Edition, <[http://www.iswa.org/en/290/iswa\\_publications\\_detailview/publicationdetail/energy-from-waste-state-of-the-art-report-statistics-5th-edition.html](http://www.iswa.org/en/290/iswa_publications_detailview/publicationdetail/energy-from-waste-state-of-the-art-report-statistics-5th-edition.html)>.

Reimann D., 2009. CEWEP Energy Report II (Status 2004-2007). Results of Specific Data for Energy, R1 Plant Efficiency factor and Net Calorific Value (NCV) of 231 European WtE Plants, 2009.

<[http://www.cewep.com/storage/med/media/statements/257\\_09\\_04\\_29\\_final\\_version\\_CEWEPE-Report.pdf?fCMS=faa940f1597c399f780ccd56ff3199d4](http://www.cewep.com/storage/med/media/statements/257_09_04_29_final_version_CEWEPE-Report.pdf?fCMS=faa940f1597c399f780ccd56ff3199d4)>.

Stengler E., 2010. *On the Road to Recovery: Achieving R1 Status*, WASTE management world, V11 N6, noviembre 2010, <[http://www.waste-management-world.com/index/display/article-display/2677396038/articles/waste-management-world/waste-to-energy/2010/11/On\\_the\\_Road\\_to\\_Recovery\\_Achieving\\_R1\\_Status.html](http://www.waste-management-world.com/index/display/article-display/2677396038/articles/waste-management-world/waste-to-energy/2010/11/On_the_Road_to_Recovery_Achieving_R1_Status.html)>.

UE, 2006. Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration (BREF-WI), 2006, <[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download\\_WI.cfm](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download_WI.cfm)>.

UE, 2008. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0098:ES:NOT>>.

Zabalgardi, folleto informativo *Un paso más en la valorización energética de los residuos*, 22 páginas.

Zabalgardi, 2010. Informe Anual. Programa Vigilancia Ambiental 2009, Ingenieros Asesores, S.A.