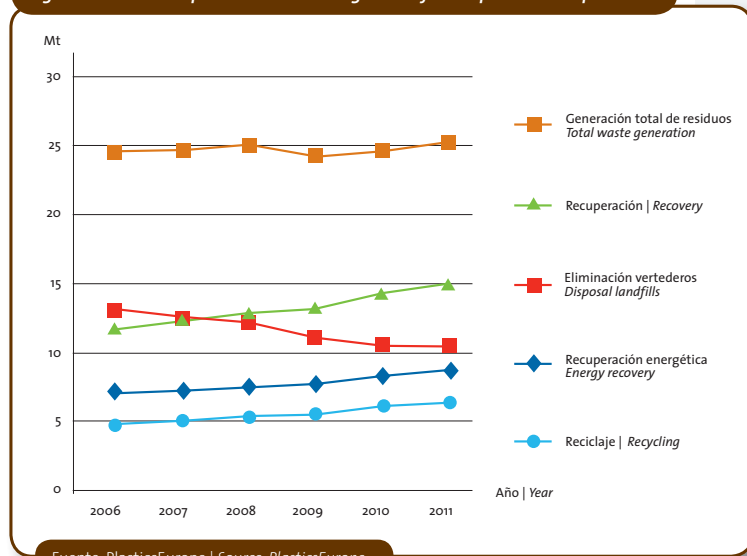


LOS RESIDUOS PLÁSTICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

LOS PLÁSTICOS SIGUEN SIENDO EN LA ACTUALIDAD MATERIALES CON UN AMPLIO CRECIMIENTO EN SU USO Y CON UNA PRESENCIA EN TODOS LOS SECTORES DE APLICACIÓN. LOS MATERIALES Y PRODUCTOS PLÁSTICOS, TRAS SU USO, SE CONVIERTEN EN UN RESIDUO, QUE A LA VEZ ES UN RECURSO MUY VALIOSO. ESTE RECURSO DEBE SER APROVECHADO DE LA FORMA MÁS ADECUADA, TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL COMO ECONÓMICO. ES NECESARIO POR TANTO VALORIZAR EL RESIDUO.

Eva Verdejo. Responsable de Departamento de Sostenibilidad y Valorización Industrial, AIMPLAS

Figura 1: Evolución de la producción y gestión de residuos plásticos en Europa.
Figure 1: Trends in the production and management of waste plastic in Europe.



Fuente: PlasticsEurope | Source: PlasticsEurope

La valorización consiste en sacar provecho, sacar valor a un residuo, tanto en forma de materia como en forma de energía. En el caso de los plásticos esta valorización es posible y aunque cada vez más la tendencia es hacia un mayor aprovechamiento, todavía existe una gran parte de residuos plásticos que son eliminados, principalmente mediante depósito en vertedero, y que por tanto no son valorizados.

En este sentido, la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, establece la jerarquía de residuos:

- Prevención.
- Preparación para reutilización.
- Reciclado material.
- Reciclado energético.
- Eliminación.

En esta jerarquía se debe trabajar sobre los primeros puntos (prevención y valorización - preparación para su reutilización, reciclado mecánico y reciclado energético-) frente a la eliminación. Pese que se considera que el reciclado mecánico de residuos plásticos es uno de los métodos de valorización más importantes en la actualidad y que todavía tiene un importante margen de crecimiento, en algunos casos existen diferentes limitaciones para el mismo. Estas limitaciones vienen principalmente marcadas por: la gran variedad de materiales plásticos existentes, la mezcla habitual de éstos, la baja homogeneidad de los residuos, la necesidad de limpieza de los residuos y la posible alta degradación en algunos casos.

WASTE PLASTICS AS A SOURCE OF ENERGY

THERE IS CURRENTLY EXTENSIVE GROWTH IN THE USE OF PLASTICS IN ALL SECTORS OF THEIR APPLICATION. AFTER THEY ARE USED, PLASTIC MATERIALS AND PRODUCTS BECOME WASTE, WHICH IN TURN IS A VERY VALUABLE RESOURCE. THIS RESOURCE SHOULD BE AVAILED OF TO THE UTMOST, FROM AN ENVIRONMENTAL AS WELL AS FROM AN ECONOMIC POINT OF VIEW. IT IS THEREFORE NECESSARY TO RECOVER THIS WASTE.

Eva Verdejo. Head of Department of Industrial Sustainability and Recovery, AIMPLAS

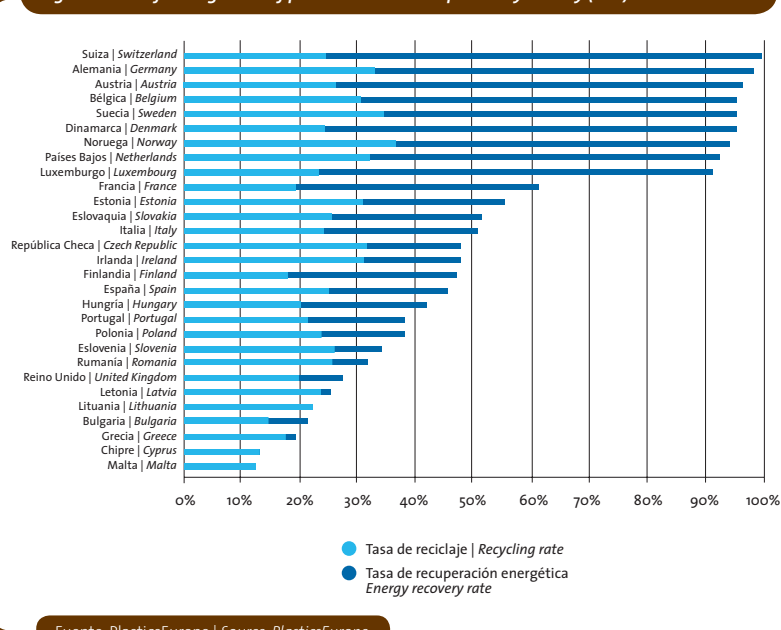
Recovery consists of taking waste and converting it into value, in the form of materials or energy. In the case of plastics, such recovery is possible and although there is a growing trend towards availing of such waste, a great deal of plastic waste is disposed of in landfills and is therefore not recovered.

In this respect, the Spanish Waste and Contaminated Land Act 22/2011, of the 28th of July, sets out the following waste hierarchy:

- Prevention.
- Preparation for reuse.
- Recycling.
- Energy recovery.
- Disposal.

In this hierarchy, the first items listed (prevention, preparation for reuse, mechanical recycling and energy recovery) take precedence over disposal. Although the mechanical recycling of plastics waste is currently considered to be one of the most important recovery methods and one that still has significant margin for growth, it does have some limitations in certain cases. These limitations are mainly created by: the great variety of plastic materials, the fact that they are commonly mixed, low homogeneity of waste, the need for cleaning of waste and possible degradation in certain cases. These limitations mean that, in parallel to seeking solutions to improve the efficiency of mechanical recycling, it is important to study the possibility of

Figura 2: Ratio de gestión de residuos plásticos post consumo por países (2011).
Figure 2: Rate of management of post consumer waste plastics by country (2011).



Fuente: PlasticsEurope | Source: PlasticsEurope

Estas limitaciones hacen que, paralelamente a la búsqueda de soluciones en el reciclado mecánico para aumentar su eficiencia, sea importante estudiar la posibilidad de la valorización energética o incineración con recuperación de energía, como sistema complementario del propio reciclado mecánico, como ya se lleva a cabo en muchos países europeos como Suiza, Alemania o Austria, y cuya tasa de vertido de residuos plásticos es cercana al 0%.

Las posibles operaciones de valorización están listadas en el anexo II de la Ley 22/2011; en esta lista se incluye, entre otras, la operación R1 que se corresponde con “utilización principal como combustible u otro modo de producir energía”. En ésta se incluyen las instalaciones de incineración destinadas al tratamiento de residuos domésticos 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; en el caso de instalaciones autorizadas después del 31 de diciembre de 2008, esta cifra asciende a 0,65. El valor de la eficiencia energética real, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

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

Siendo:

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

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

E_i : 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.

Se considera que la valorización energética es adecuada para los materiales plásticos por el alto poder calorífico que presentan los mismos, similar a la de otros combustibles como el carbón, el petróleo o el gas natural. En este sentido, hay que remarcar que las poliolefinas son las que presentan un mayor contenido energético y que éste disminuye con la presencia de heteroátomos.

En la tabla se muestran valores de poder calorífico de distintos materiales.

Dentro de las posibilidades de valorización energética para residuos plásticos, se incluyen procesos como incineración con recuperación de energía, gasificación o pirólisis.

Hay que tener en cuenta que se puede hacer una incineración directa solamente de materiales plásticos o éstos pueden estar mezclados con otros materiales como cartón, restos de alimentos, papel, etc., como ocurre con los residuos sólidos urbanos (RSU). Pero también hay otras opciones muy interesantes, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, y es su empleo como combustible en industrias del tipo: cementeras, industrias de la cal, industrias del acero, centrales térmicas o en cualquier sistema de cogeneración; es decir, es su empleo en sistemas de combustión ya existentes.

En estas industrias se están empleando los residuos plásticos y su uso se está incrementando en los últimos años; sin embargo España sigue no estando en la cabeza de los países con uso de combustibles alternativos y debe seguir aumentando esta fuente.

La valorización energética de los residuos plásticos, mediante uno u otro proceso, es muy interesante principalmente para aquellos residuos difícilmente reciclables, como por ejemplo rechazos de plantas de selección de envases, residuos muy degradados o residuos muy mezclados.

waste-to-energy or incineration with energy recovery as a system to complement mechanical recycling. This is happening in many European countries, such as Switzerland, Germany and Austria, which have a plastics landfill disposal rate of close to 0%.

Possible recovery operations are listed in Annex II of Act 22/2011; the list includes, amongst other operations, the R1 operation, corresponding to “main use as fuel or other mode of producing energy”. This includes incineration facilities for the treatment of domestic waste, only when the energy efficiency of such facilities is equal to or greater than 0.60, in the case of plants authorised in accordance with applicable EU legislation that went into operation prior to January 1st 2009. In the case of facilities authorised after December 31st 2008, required energy efficiency increases to 0.65. The real energy efficiency value is calculated using the following formula:

$$\text{Energy efficiency} = [E_p - (E_f + E_i)] / [0.97 (E_w + E_f)]$$

In which:

E_p : annual energy produced as heat or electricity. It is calculated with energy in the form of electricity being multiplied by 2.6 and heat produced for commercial use being multiplied by 1.1 (GJ/year).

E_f : annual energy input to the system from fuel contributing to the production of steam (GJ/year).

E_w : annual energy contained in the treated waste, calculated using the net calorific value of the waste (GJ/year).

E_i : annual energy imported, excluding E_w and E_f (GJ/year).

0.97 is a factor accounting for energy losses due to bottom ash and radiation.

Energy recovery is considered suitable for plastics materials due to their high calorific value, which is similar to that of other fuels, such as coal, oil or natural gas. In this respect, it should be pointed out that polyolefins have the greatest energy content and that energy content is lower in the presence of heteroatoms.

The following table shows the calorific values of different materials.

Tabla 1: Contenido energético. | Table 1: Energy content.

Material Material	Contenido Energético (MJ/kg) Energy Content (MJ/kg)
Gas natural <i>Natural gas</i>	52
Polipropileno (PP) <i>Polypropylene (PP)</i>	44
Polietileno (PE) <i>Polyethylene (PE)</i>	43
Crudo petróleo <i>Crude oil</i>	42
Poliestireno (PS) <i>Polystyrene (PS)</i>	40
Poliamida (PA) <i>Polyamide (PA)</i>	37
Polietileno tereftalato (PET) <i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>	33
Polimetacrilato de metilo (PMMA) <i>Polymethyl methacrylate (PMMA)</i>	25
Policloruro de vinilo (PVC) <i>Polyvinyl chloride (PVC)</i>	20

Fuente: AIMPLAS | Source: AIMPLAS

Energy recovery options for plastics waste include processes such as incineration with energy recovery, gasification or pyrolysis. It should be taken into account that it is possible to carry out direct incineration of plastics materials alone or that these can be mixed with other materials such as cardboard, food waste, paper, etc., as occurs with municipal solid waste (MSW). But there are also other very interesting options, both from the economic and the environmental perspective. An example is the use of this waste as fuel in industries such as: the cement, lime and steel industries, thermal power stations or any CHP system; i.e., use of the waste as fuel in already existing combustion systems.

Así es muy importante mantener la complementariedad entre reciclado mecánico y valorización energética, para dar una gestión global y adecuada.

Este aumento esperado en la valorización energética, puede venir ayudado por la normalización de algunos parámetros como los relacionados con los CSR (Combustibles Sólidos Recuperados) mediante la UNE-EN 15359. Estos combustibles, que son sólidos, están preparados a partir de residuos no peligrosos y cumplen con una clasificación que debe facilitar su comercialización y su uso. Esta clasificación está basada en valores mínimos para tres propiedades:

- Valor medio para el poder calorífico inferior (PCI) en base húmeda.
- Valor medio para el contenido en cloro en base seca.
- Mediana y percentil 80% para el contenido en mercurio en relación al PCI en base húmeda.

Es de esperar que en los próximos años se vea un crecimiento claro en la valorización energética de los residuos plásticos, lo que se traducirá en una disminución de la presencia de los mismos en vertedero y una mejora ambiental directa. Para conseguir este resultado es necesario seguir trabajando en el conocimiento de estos residuos, su control, su análisis y su tratamiento.

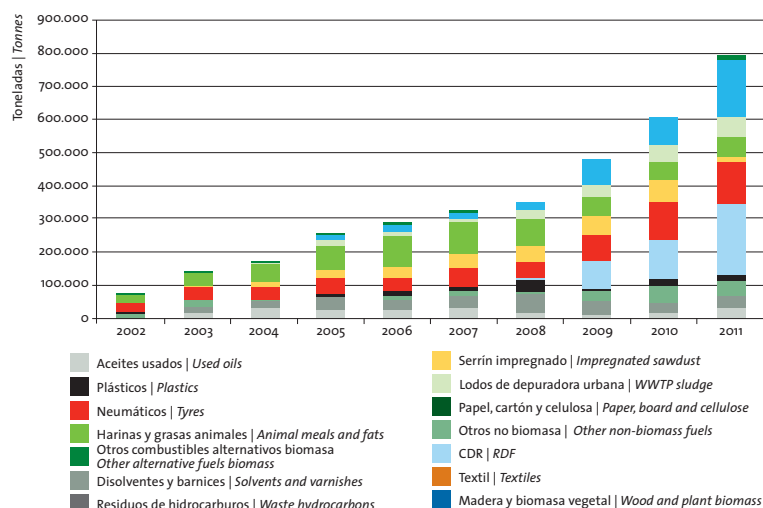
AIMPLAS pone a disposición de las empresas, interesadas en la búsqueda de nuevas alternativas de gestión de sus residuos plásticos, los servicios de ensayos, asesoramiento técnico, desarrollo de proyectos a medida y formación que les permitan ser más competitivos y eficientes en el desempeño económico y ambiental de sus empresas.

Tabla 2: Clasificación de CSR. | Table 2: SRF Classification.

Propiedades Properties	Clases Classes				
	1	2	3	4	5
Poder calorífico inferior (MJ/kg) Low calorific value (MJ/kg)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Contenido en cloro (%) Chlorine content (%)	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3
Contenido en mercurio (mg/MJ) Mercury content (mg/MJ)	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50
Percentil 80 en mercurio (mg/MJ) 80 th Percentile for mercury (mg/MJ)	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

Fuente: AIMPLAS. | Source: AIMPLAS

**Figura 3: Combustibles alternativos en cementeras.
Figure 3: Alternative fuels at cement plants.**



Fuente: OCIMEN | Source: OCIMEN

Plastics waste is being used in these industries and its use has increased in recent years. However, Spain continues to lag behind the leading countries in the use of alternative fuels and needs to continue increasing its use of this source of energy.

Energy recovery from plastics waste, through one process or another, is of great interest, mainly for waste that is difficult to recycle, such as reject from container sorting plants, extremely degraded waste or highly mixed waste.

For this reason, it is very important to maintain the complementary relationship between mechanical recycling and energy recovery so that appropriate global management can be provided.

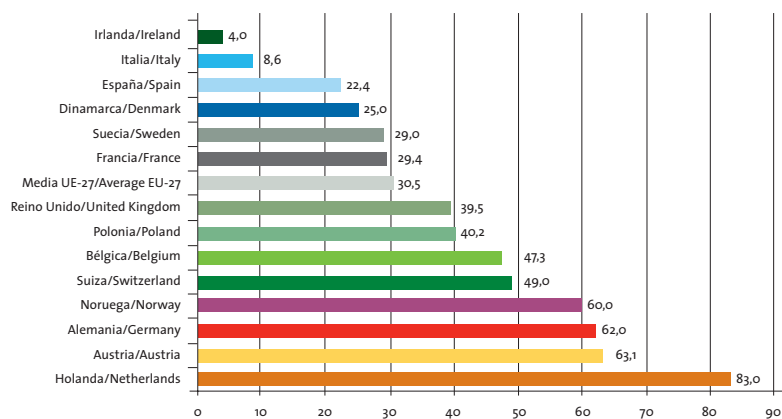
The expected increase in energy recovery may be helped by the standardisation of some parameters, such as those related to SRF (Solid Recovered Fuel) through UNE-EN 15359. These solid fuels are prepared from non-hazardous waste and comply with a classification that should facilitate their sale and use. This classification is based on minimum values for three properties:

- Average net calorific value (NCV) in wet processes.
- Average chlorine content in dry processes.
- Median and 80th percentile for mercury content in relation to NCV in wet processes.

It is to be expected that the coming years will see a significant growth in energy recovery from plastics waste, which will result in a lower quantity of such waste in landfills and a direct environmental benefit. In order to achieve this, it is necessary to continue working on the knowledge, control, analysis and treatment of this waste.

AIMPLAS offers testing services, technical consultancy, customised project development and training to companies interested in the search for new management alternatives for their waste plastics, thereby enabling such companies to be more economically and environmentally competitive, and more efficient in carrying out their business.

**Figura 4 Combustibles alternativos en cementeras según países. Fuente: OCIMEN
Figure 4 Alternative fuels in cement plants by country. Source: OCIMEN**



Fuente: Datos de WBCSD y CEMBUERAU de 2010 en general salvo Irlanda y Suecia, con datos de años anteriores, y España con datos de 2011 | Source: WBCSD and CEMBUERAU 2010 figures. Figures for Ireland and Sweden from previous years, 2011 figures for Spain