



EL PLASTICO A FAVOR DE LA VIDA

INFORMA - ASESORA - ASISTE
EN EDUCACION Y GESTION AMBIENTAL

Boletín Técnico Informativo N° 32

RECUPERACION ENERGETICA DE LOS RESIDUOS PLASTICOS

***A) COMBUSTION CON RECUPERACION DE
ENERGIA.***

***B) COMBUSTIBLES A PARTIR DE LOS RESIDUOS
PLASTICOS MIXTOS.***

Centro de Información Técnica - CIT
13 de octubre de 2009

INDICE

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS

INTRODUCCIÓN.....	3
A) COMBUSTIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA	4
1. Combustión con Recuperación de Energía.....	4
• Plantas de Recuperación Energética.....	4
• Usina Verde (Brasil).....	5
• Plantas de gran tamaño	7
• Planta de combustión con recuperación de energía de Valdemin Gómez, Madrid	9
2. Cálculo de la energía generada por la incineración de RSU.....	10
3. Impacto Ambiental de las emisiones a la atmósfera	11
4. Ventajas del sistema WtE.....	11
5. Ejemplo de producción de energía de los plásticos	12
6. Ciclo Energético	12
7. Otras formas de recuperación energética de los materiales plásticos.....	13
• Altos hornos de hierro.	13
• Hornos de cemento	14
B) COMBUSTIBLES A PARTIR DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS MIXTOS	14
1. De residuos plásticos mixtos a gasoil.....	14
2. Características del proceso; Pirólisis	14
• Descripción del proceso	15
• Balance de masa:	16
• Otras características del proceso – Catalizador.....	16
• Adaptación de los distintos plásticos	17
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	18

INTRODUCCIÓN

El gerenciamiento de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos) constituye un gran problema en la mayoría de las grandes ciudades cuyas poblaciones han crecido continuamente en los últimos años y como consecuencia la cantidad de residuos generados.

La solución de los rellenos sanitarios se está agotando y está en crisis en casi todos los casos debido a la escasez de terrenos adecuados, a la oposición de los vecinos a vivir cerca de uno de ellos y en algunos países a la falta de terreno disponible.

Debido a ello la obtención de energía a partir de los RSU ya sea en forma de energía eléctrica que se que se incorpora a la red de distribución o en la forma de calor para calefacción o la combinación de ambas se ha extendido rápidamente en países desarrollados de esta manera se ahorran recursos y se minimizan los residuos. Por ejemplo Suiza destina el 68 %, Alemania el 60 % y Francia el 38 % de sus RSU a la combustión con recuperación de energía.

Ante el mayor costo y escasez de la energía derivada de combustibles fósiles se hace necesario recuperar la energía que tienen los RSU. Aquí juega un papel muy importante los residuos plásticos dado que por su alto valor de calor de combustión contribuyen eficazmente al proceso de combustión. Los plásticos, derivados de los hidrocarburos, son un gran reservorio de energía que debe aprovecharse en lugar de enviarlos a los rellenos sanitarios.

El desarrollo de nuevas tecnologías de combustión y de purificación de los gases de combustión permite una combustión segura emitiendo gases limpios sin ninguna consecuencia para el medio ambiente que cumplen con las normas internacionales. Como se verá el nivel de contaminación atmosférica en muchos casos es inferior a la de los combustibles fósiles tradicionales (Gasoil, carbón, etc.).

Recientemente se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten obtener combustible (Gasoil) a partir de los plásticos mezclados tal como se encuentran en los residuos domiciliarios donde se realizó recolección diferenciada. Este proceso es desarrollado en el presente informe técnico.

A) COMBUSTIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

1. Combustión con Recuperación de Energía

Esta técnica de valorización se usa extensivamente en Europa, Japón y Estados Unidos.

También se denomina Recuperación Energética y en inglés se usa el término Waste to Energy (WtE) significando la conversión de la basura en energía.

La tendencia es a crecer por la falta de espacio para los rellenos sanitarios y el alto costo del petróleo y de la energía en general.

Una de las razones para usar la combustión con recuperación de la energía es que se cierra el ciclo de la energía para los productos plásticos que consiste en que para producir un producto plástico se usa energía del gas ó del petróleo que son sus materias primas, luego se producen envases plásticos que se destinan al uso industrial, comercial ó del hogar, una vez que esos envases se desechan se envían a usinas de combustión con recuperación de la energía y se obtiene nuevamente la energía usada como materia prima porque el Poder Calorífico de los plásticos es comparable con el del fuel oil. Y es 2,5 veces mayor que el Poder Calorífico de la madera y del papel y cartón.

En la figura 1.1 se muestra comparativamente el calor de combustión de diversos combustibles.

PODER CALORIFICO DE DIVERSOS MATERIALES

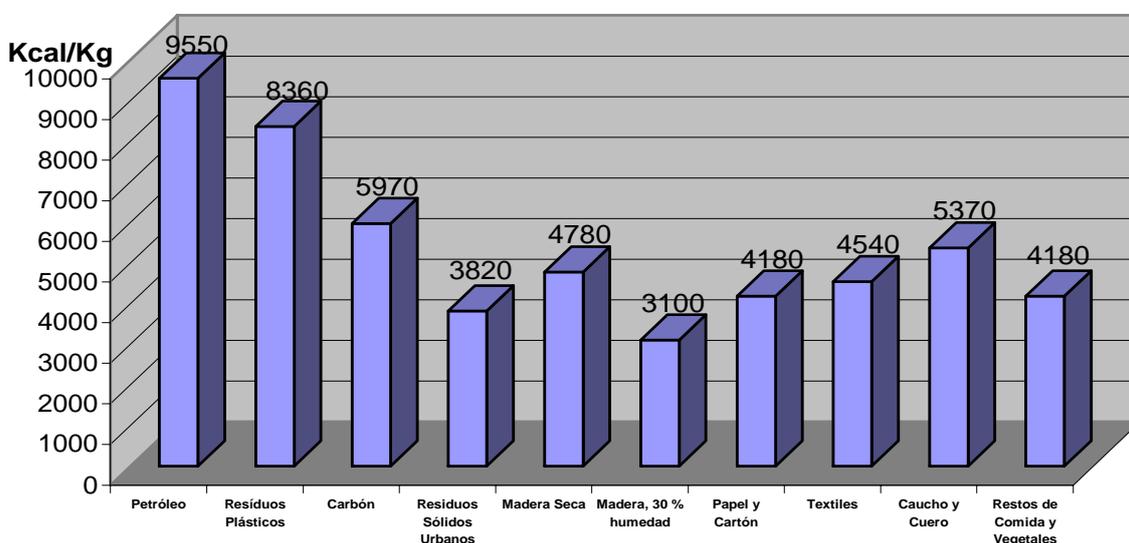


Figura 1.1

- **Plantas de Recuperación Energética**

En la figura 1.2 se da un detalle de las plantas de combustión con recuperación de energía en distintos países del mundo. Como puede apreciarse Japón está a la cabeza

en lo que se refiere a porcentaje de residuos plásticos tratados debido a la falta de espacio para rellenos sanitarios. Europa es la que mas plantas tiene y energía produce.

COMBUSTIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES POR REGIÓN (2002)

REGIÓN	Nº DE PLANTAS	CAPACIDAD MTn/año	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA MW	PLASTICOS TRATADOS % EN PROMEDIO
EUROPA *	250 (aprox)	50	----	12
JAPON	190	27	1060	37
USA	89	29	2800	14

* 14 países

Figura 1.2

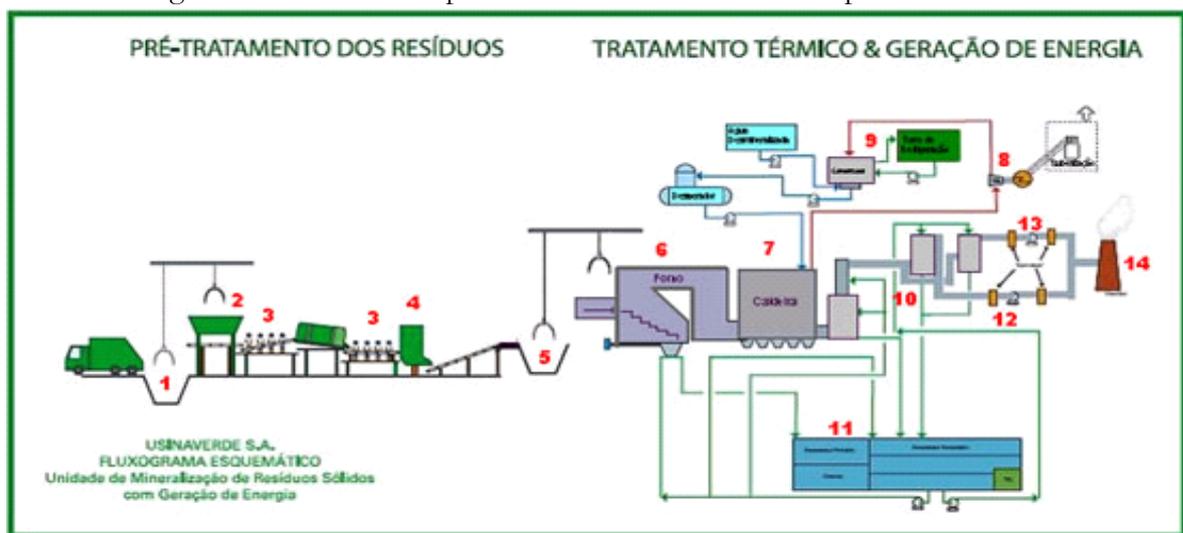
A continuación se dan algunos ejemplos de plantas de combustión con recuperación de energía. Como se mencionó a estas plantas se las denomina Waste to Energy.

• **Usina Verde (Brasil)**

Un caso que se describe con detalle por la cercanía geográfica y porque la tecnología fue desarrollada para ciudades relativamente pequeñas y puede ser ampliada en módulos.

El proceso denominado Usina Verde fue desarrollado en Brasil y consiste primero en separar la basura en la fracción reciclable: metales, vidrio, plásticos y cartón/papel. Este proceso se realiza en una cinta transportadora donde operarios separan manualmente dichos materiales que son enfardados y enviados a las plantas de reciclado.

En la figura 1.3 se muestra el proceso con cada una de sus etapas.



Usina verde. Figura 1.3

A continuación se detallan las etapas del proceso mostrado en el gráfico anterior:
Descripción del proceso:

1. Foso de descarga de la basura
2. Grúa para retirar piezas mayores
3. Separación manual de materiales reciclables. Se separa vidrio y metales. También el plástico y papel en condiciones reciclables
4. Molino triturador de residuos. Se forma el Combustible Derivado de Residuos (CDR)
5. Depósito de CDR. Con la grúa se transfiere al horno
6. Horno. Temperatura de 950 a 1050 °C con tiempo de residencia mínimo de 2 seg. 8% de cenizas van al fondo
7. Caldera. Produce vapor a 45 bar y 420 °C que va al turbogenerador
8. Turbogenerado de 0,6 MW por Tn de basura
9. Retorno del vapor al sistema de generación
10. Neutralizador de gases por sistema de lavado. En dos etapas, enfriamiento y lavado
11. Lavado de gases, decantador y neutralizador
12. Eliminación de partículas de agua
13. Succionadores para enviar los gases a la chimenea
14. Chimenea. Elimina gases que cumplen con las normas ambientales

El molino triturador es el que muele los residuos para que tengan la granulometría adecuada para que entre en la caldera de combustión. El material que sale del molino se denomina CDR (Combustible Derivado de Residuos) y en inglés RDF (Refuse Derived Fuel).

Un aspecto muy importante es la temperatura mínima que debe alcanzar el horno de combustión: 950 a 1050 °C con un tiempo de residencia mínimo de 2 seg. para que se destruyan las dioxinas y furanos que siempre se generan durante la combustión de residuos domiciliarios.

Se produce un 8 % de cenizas, o sea que de la unidad mínima de 150 Tns/día se producen 12 Tns/día de cenizas. Dichas cenizas tienen muchas aplicaciones: se usan en la construcción de caminos, se agregan al cemento para producir bloques. Por ejemplo en Japón los bloques de cemento son usados para construir diques ó puertos ganándole terreno al mar.

Características principales de Usina Verde (Brasil):

- Planta tipo que ofrece la tecnología:
- Consumo: 150 Tns/día de RSU
- Generación de energía: 3.2 MWh de generación
- Energía para vender (sobrante): 2,6 MWh

- Alcanza para abastecer a una ciudad de 180000 habitantes.

Se estima que el 30 % de la población puede ser abastecida con la basura generada por ella misma. Los plásticos juegan un rol muy importante por el alto poder calorífico que contienen.

En la figura 1.4 se muestra la capacidad de tratamiento en forma modular para adaptarse a las necesidades de cada localidad. Asimismo se muestra los hogares que pueden ser abastecidos considerando un consumo promedio de 140 Kwh/mes.

Capacidade Tratamento de RSU (Ton./Dia)	ENERGIA ELÉTRICA GERADA				Residências Atendidas (média EPEIMME: 140 kWh/mês)
	GERAÇÃO EFETIVA	ENERGIA EXPORTÁVEL			
		MWh/dia	MWh/mês	MWh/ano	
150 (1 módulo)	3,2 MW	62,4	1.872	21.216	13.370
300 (2 módulos)	6,4 MW	124,8	3.744	42.432	26.740
600 (4 módulos)	12,8 MW	249,6	7.488	84.864	53.480

Usina verde, Brasil

Figura 1.4

Cabe señalar que en los países de clima frío como en el norte de Europa se aprovecha el vapor residual que sale de la turbina para ser distribuido como calefacción en los hogares y oficinas mediante redes de distribución municipales de esta manera aumenta mucho el aprovechamiento de la energía producida.

- **Plantas de gran tamaño**

En la figura 1.5 se muestra el croquis de una planta de combustión de residuos de gran tamaño típicamente usadas en Europa, USA y Japón.

En Europa en 2009 existen 420 plantas de WtE (Recuperación Energética) distribuidas en toda la Unión Europea que tratan 56 millones de toneladas de residuos por año. Dichas plantas suministran energía eléctrica a 7 millones de hogares así como calefacción a 13,4 millones de hogares. (En la figura 3.2 se muestra la estadística comparativa entre varios países del 2002 aprox. 250 plantas en Europa). Esto da en Europa un promedio de

370 Tns/día de RSU quemados por planta.

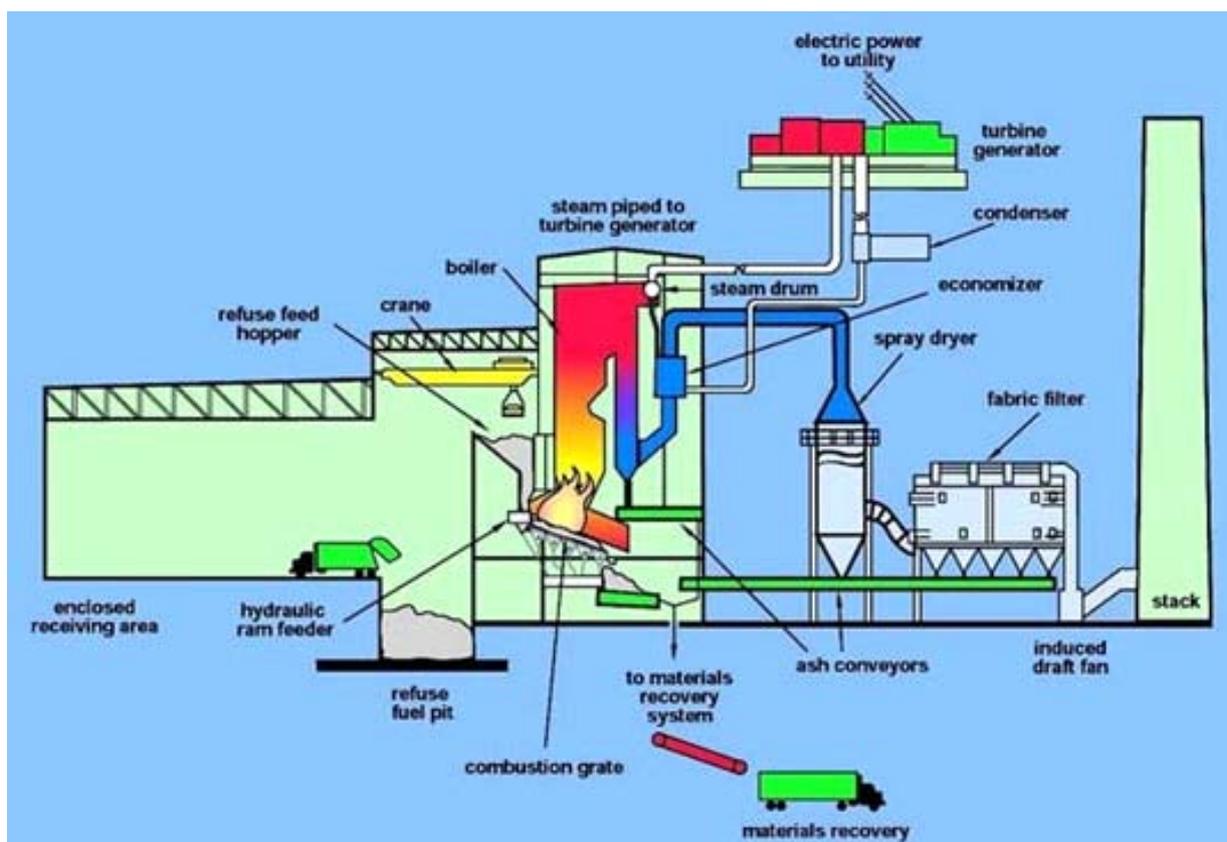


Figura 1.5

Descripción técnica de una planta de combustión con recuperación de energía:

Una planta típica de combustión con recuperación de energía se compone de varias operaciones unitarias y procesos que se describen brevemente a continuación:

➤ **Control y registro de los residuos.**

Con el propósito de controlar, facturar y registrar los residuos son pesados y registrados a la entrada de la planta. Con fines del control de la combustión se registran entre otros los residuos plásticos que componen la corriente de residuos totales.

➤ **Reducción de tamaño, selección e inspección de los residuos.**

Esta operación puede ser opcional en los casos que exista una recolección diferenciada por tipo de materiales. Existe una selección de los metales y vidrio que se reciclan y de algunas grandes piezas como electrodomésticos.

➤ **Descarga y tolva de residuos.**

Los residuos son descargados a una gran tolva o bunker. La capacidad de este sistema debe permitir las variaciones diarias o semanales de cantidad de RSU y también tiene por finalidad de mezclar o homogenizar los residuos antes de ingresar al horno.

➤ **Sistema de alimentación.**

Los RSU homogenizados son alimentados al horno normalmente con grúas como se muestra en la figura 3.5.

➤ **Horno de combustión.**

El residuo primero se seca y luego se quema y se completa la combustión en una serie de cámaras sobre una grilla móvil. Los gases residuales son completamente quemados en una cámara de post combustión.

➤ **Sistemas de recuperación de energía.**

La energía es recuperada como electricidad, calor o vapor (o en forma combinada) dependiendo del mercado local de energía.

➤ **Remoción de cenizas y otros residuos sólidos.**

Las cenizas son recolectadas y transportadas por un sistema de cinta o empujador. En ciertos casos se tamiza y selecciona y se usa como carga en la construcción de caminos, mezcla con cemento, etc. Si quedan residuos se separan y se envían a un relleno sanitario especial.

➤ **Sistema de control de la contaminación ambiental.**

Este sistema consiste en precipitadores electrostáticos o filtros de manga para la separación física del polvo y algunos metales pesados. Adicionalmente el gas residual se usa para pasar por torres de lavado para limpiar el gas. Además los óxidos de nitrógeno y dioxinas son removidos con filtros especiales o con carbón activado.

➤ **Chimenea.**

Finalmente el gas tratado es emitido por la chimenea. La altura de la chimenea depende de las condiciones topográficas y meteorológicas. En este punto existen analizadores de gases que miden on line las cantidades de impurezas emitidas a la atmósfera que deben cumplir con las normas ambientales de cada país.

● **Planta de combustión con recuperación de energía de Valdemín Gómez, Madrid**

En el complejo medioambiental de Valdemín Gómez que se encuentra a 23 Km. de la ciudad de Madrid se encuentra la planta Las Lomas que tiene una planta de valorización energética que arrancó en 1997 que trata los rechazos generados en la planta de separación así como los provenientes del centro La Paloma perteneciente al mismo centro medioambiental. La capacidad es de 600 Tns/día con un poder calorífico inferior de 3.500 Kcal./Kg. Están ampliando la capacidad de la planta a 1000 Tns/día. El rechazo que se lleva a la recuperación energética es el 42 % de los RSU recibidos y se denominan RDF (Refuse Derivated Fuel) ó sea Combustible Derivado de Residuos.

El horno es del tipo de lecho fluidificado alcanzando temperaturas mayores a los 850 °C durante un mínimo de 2 segundos y en presencia en exceso del 6 % de oxígeno tal como prescriben las normas para la destrucción de dioxinas y furanos.

La capacidad de generación es de 29 MW equivalente al consumo de una ciudad de 50.000 habitantes, 6 MW son de consumo propio y el resto, 23 MW, se envían a la red de consumo. Para la limpieza de los gases de combustión se usan ciclones, filtros de manga y sistemas de neutralización de gases ácidos así como Carbón Reactivo para retener dioxinas y furanos.

La emisión de gases se analiza continuamente y se envían los datos a la municipalidad en tiempo real. Cumple con la norma Europea de menos de 0,1 ng/m³ de dioxinas en

el gas que sale por las chimeneas. Se producen 4 bolsas de cenizas por día que son enviadas al vertedero. La inversión de la planta de recuperación energética se estima en 100 millones de Euros, 1/3 de la inversión se destina a limpieza y purificación de los gases de combustión.

El poder calorífico de los rechazos (RDF) es de 2100 a 2200 Kcal./Kg. para aumentar el poder calorífico se usan rechazos de otras plantas y residuos plásticos para llevarlo a 3500 Kcal./Kg. que es el de diseño.

2. Cálculo de la energía generada por la incineración de RSU

En Europa en 2008 se incineran 58,5 millones de Tns de RSU que generaron 23,4 billones de Kwh. de electricidad y 58.5 billones de Kwh. en calorías que se suministraron a los hogares, centros comerciales, oficinas, etc. como calefacción.

En energía eléctrica esto significa que se producen 400 Kwh./ Tn de RSU quemada.

Este valor coincide aproximadamente con los datos mostrados de Usina Verde.

Es decir que una ciudad de 1.000.000 habitantes que genera aproximadamente

1000 Tns/día de RSU (con 12 a 15 % de residuos plásticos) y destina a la combustión con generación de energía el 30 % del RSU generado (300 Tns/día) genera aproximadamente 5,0 MWh de energía. Considerando un consumo promedio de 200 Kwh. por hogar y por mes la energía generada alcanza para abastecer 18.000 hogares. Si consideramos 4 personas por hogar promedio tenemos 72.000 personas que es el 7,2 % de la población.

Considerando 2100 Kcal./Kg. de RSU sin plástico y que se aporta 7 % de residuos plásticos al RSU (50 % del total de plásticos) los residuos plásticos aportan 28 % de la energía siendo solo el 7% en peso (Se toma como promedio 8300 Kcal./Kg. el calor de combustión del plástico)

Ejemplo de la Ciudad de Buenos Aires:

La ciudad de Bs. As genera aproximadamente 5000 Tns/día de RSU considerando los provenientes de:

1. Domiciliarios
2. Barrido
3. Otros (Áridos, escombros, árboles caídos, poda, grandes bultos como electrodomésticos, etc.)

Los residuos domiciliarios fueron en 2008 de 2100 Tns/día.

Haciendo la hipótesis que se destinen a la combustión con recuperación de energía el 30 % de los mismos se tienen 630 Tns/día. Considerando como promedio 400 Kwh/Tn de RSU se tiene una potencia de 10.5 MW neta para la red de distribución.

Considerando un consumo promedio de 200 Kwh./mes por cada hogar se pueden abastecer 37800 hogares que equivalen a 151.200 personas que es aproximadamente el 6 % de la población de la ciudad.

3. Impacto Ambiental de las emisiones a la atmósfera

Cuando se compara las emisiones a la atmósfera de las plantas de Recuperación Energética (WtE) con otros combustibles tales como el Carbón, Fuel Oil y Gas natural la conclusión es que las plantas WtE tienen menos impacto ambiental como se muestra en la tabla siguiente (figura 1.5):

EMISIONES A LA ATMOSFERA DE PLANTAS WtE COMPRADAS
CON PLANTAS QUE USAN COMBUSTIBLES FÓSILES
(Kilogramos por megawatt hora)

Tipo de combustible	Dióxido de Carbono	Dióxido de Azufre	Oxidos de Nitrógeno
Carbón	1020	5,9	2,7
Petroleo	758	5,4	1,8
Gas Natural	515	0,045	0,77
Waste to Energy	380	0,36	2,45

Figura 1.5

Se observan las emisiones típicas a la atmósfera medidas como gases contaminantes por cada megawatt hora producida por una planta generadora de energía.

Si bien todas las plantas generan contaminantes atmosféricos las plantas WtE son las que como balance general contaminan menos comparadas con las plantas de combustibles fósiles.

A estos valores son aún mayores si les debe suma las emisiones ahorradas por la recuperación de los metales tales como hojalata y aluminio que son reciclados y las emisiones de metano que se evitan por la fermentación anaeróbica en los rellenos sanitarios.

Cabe señalar que los residuos plásticos juegan un papel importante en la combustión porque aportan gran parte del calor de combustión que permite un funcionamiento adecuado de la central térmica.

El poder calorífico inferior (LCV = Lower calorific value) promedio en el año debe ser como mínimo 1672 Kcal./Kg. (7 MJ/Kg.). Los residuos plásticos contribuyen a lograr este promedio ya que tienen un poder calorífico muy superior al de la basura orgánica y tienen un rol fundamental en mantener la combustión en el horno de combustión.

Dependiendo de la calidad de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos) recibidos se hace necesario realizar una selección previa a la combustión como se mostró en el esquema de Usina Verde. Dicha selección puede ser manual, mecánica ó automática ó combinación de ellas. Antes de la combustión se separan los materiales reciclables tales como metales (aluminio y hojalata), papel y cartón, grandes bultos tales como restos de electrodomésticos, plásticos limpios, etc.

4. Ventajas del sistema WtE

1. Reduce la cantidad de residuos que van a los rellenos sanitarios en dos aspectos en el volumen que ocupan y en evitar la generación de gas metano (biodegradación anaeróbica) que tiene 21 veces más efecto invernadero que el dióxido de carbono
2. Disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.
3. Se reciclan los metales (hojalata y aluminio) disminuyendo las operaciones mineras con la consecuente disminución de contaminaciones y emisión de CO₂

4. Reduce el tráfico de camiones con RSU para llevarlos a los rellenos sanitarios que en muchos casos, y cada vez más, se encuentran lejos de las ciudades.
5. Permite la valorización de residuos plásticos sucios y de estructuras complejas como envases laminados de diferentes tipos de plásticos que no pueden ser reciclados mecánicamente.

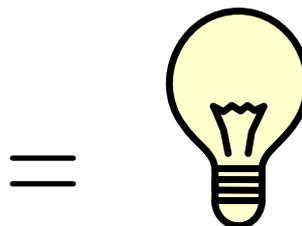
5. Ejemplo de producción de energía de los plásticos

En la figura 3.6 se muestra en la práctica cual es el impacto de la combustión de los plásticos en la producción de energía. Se da el ejemplo de la combustión de un pote de yogurt que puede mantener encendida una lámpara de 40 watts durante una hora

RECUPERACIÓN DE ENERGÍA



Pote de Plástico (PS)



**Lámpara 40 w encendida
una hora**

La energía que se recupera de la combustión de un pote plástico es equivalente a la energía consumida por una lámpara incandescente de 40 watts durante una hora

Peso promedio pote de yogurt 200 cc = 8 gr
Poder Calorífico PS = 8400 Kcal/kg

8 gr = 67 Kcal
67 Kcal = 78 watts/hr
Eficiencia 50 % = 40 watts/hr

6. Ciclo Energético

Con la combustión de los productos plásticos se cierra el ciclo energético del combustible usado. Para la fabricación de un producto plástico se usó un combustible (gas natural ó petróleo) que tiene un contenido energético y se usó para la fabricación de un envase que se usó para contener productos domésticos ó industriales y una vez desechado se hizo la recuperación energética con lo cual se recuperó la energía de la materia prima para producir energía en cantidad equivalente.

7. Otras formas de recuperación energética de los materiales plásticos

Existen otras formas de recuperar la energía de los materiales plásticos que se muestran a continuación:

- a) Altos hornos de hierro
- b) Hornos de cemento

- **Altos hornos de hierro.**

Los materiales plásticos se usan mezclados con el coque para la reducción del mineral de hierro como se muestra en el esquema de la figura 1.7



Figura 1.7

El plástico usado puede ser en forma de película ó de piezas moldeadas que se trituran y muelen al tamaño de pequeñas partículas que luego son inyectadas en el alto horno. Durante este proceso se separa el PVC porque contiene cloro y por lo tanto no puede ser introducido al alto horno. El PVC se somete a un proceso de declorinización y cuando el cloro fue eliminado se introduce al horno. Otra alternativa es utilizar el PVC separado para ser reciclado mediante métodos convencionales. El plástico inyectado en el alto horno cumple una doble función: elevar la temperatura del horno

mediante la combustión y actúa como agente reductor por el gran contenido de carbono que contiene.

- **Hornos de cemento**

Los plásticos se usan como combustibles alternativos en los hornos de cemento.

La técnica empleada consiste en moler el plástico a una granulometría pequeña de tal manera que pueda ser alimentado al horno de cemento en combinación con combustibles tradicionales. Generalmente se los introduce mediante inyección con transporte neumático.

En Argentina se usa esta técnica para reciclar energéticamente los bidones y envases de productos agroquímicos.

B) COMBUSTIBLES A PARTIR DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS MIXTOS

1. De residuos plásticos mixtos a gasoil

Se trata de un moderno y novedoso proceso por el cual los plásticos mixtos recolectados de los residuos urbanos son transformados por un proceso químico a combustible diesel que puede ser usado directamente en automotores.

El sistema utiliza licuefacción, pirólisis y craqueo catalítico de plásticos. Dicho sistema puede manejar casi todo tipo de plásticos que en la actualidad se desechan en rellenos particularmente el PEBD, PEAD, PP y PS. Más adelante se verá que el PVC ni el PET son adecuados para este sistema.

Una de las principales ventajas del proceso es la capacidad de manejar plástico mixto sin depurar (lavar) con cierto grado de suciedad, además de su alta efectividad. Una planta típica puede producir hasta 9.500 litros de diesel de alta calidad utilizando 10 toneladas de residuos plásticos, con sistemas modulares que van desde 5 a 30 toneladas diarias.

Esto significa que plásticos altamente contaminados como el film para mulching (recubrimiento de tierra para uso agrícola) pueden procesarse sin dificultad. Lo mismo ocurre con el envoltorio para silos, los tubos para riego por goteo y otros plásticos de uso agrícola. Otros plásticos normalmente difíciles de reciclar tales como los laminados de polímeros incompatibles, los films multicapa o las mezclas de polímeros también pueden procesarse sin inconvenientes a diferencia de las técnicas convencionales de reciclaje de plásticos, como el reciclado mecánico. De hecho, la mayoría de los plásticos puede procesarse directamente aún estando contaminados con suciedad, laminados de aluminio, tintas de impresión, residuos oleosos, etc.

2. Características del proceso; Pirólisis

La pirólisis es un proceso de termodegradación en ausencia de oxígeno. Los residuos plásticos son continuamente tratados en una cámara cilíndrica y los gases pirolíticos son condensados en un sistema condensador especialmente diseñado para generar un destilado de hidrocarburo compuesto por hidrocarburos alifáticos de cadena abierta y ramificada, alifáticos cíclicos e

hidrocarburos aromáticos. La mezcla resultante es esencialmente equivalente al destilado de petróleo.

El plástico es pirolizado a 370°C-420°C y los gases de la pirólisis son condensados en un condensador de 3 etapas para lograr un destilado con bajo contenido de sulfuro.

Los pasos esenciales en la pirólisis de los plásticos son los siguientes:

- 1.- calentar en forma pareja el plástico a un rango limitado de temperatura sin variaciones excesivas de temperatura
- 2.- purgar el oxígeno de la cámara de pirólisis.
- 3.- manejar el sub-producto carbonoso dentro del reactor antes de que éste actúe como aislante térmico y haga descender la transmisión de calor al plástico
- 4.- condensar y fraccionar cuidadosamente los vapores de la pirólisis para producir un destilado de buena calidad y consistencia.

- **Descripción del proceso**

El proceso consiste en un sistema de alimentación de reserva, una cámara de gasificación por pirólisis, un convertidor catalítico, condensadores, una centrífuga, una línea de recuperación de aceites, eliminación del gas remanente, y remoción de impurezas.

Los residuos plásticos se cargan mediante un sistema de extrusión que funde el material y lo ingresa a la cámara de pirólisis principal. Los plásticos mezclados se muelen a un tamaño de aproximadamente 15 mm para alimentarlos al extrusor.

Cuando la temperatura del reactor se eleva, la agitación comienza a uniformar la temperatura. La pirólisis llega entonces al punto de gasificación del producto (aprox. 300 a 420 °C) en ausencia de Oxígeno. Los materiales no plásticos se depositan en el fondo de la cámara así como el alquitrán (< 5 %) de donde se extraen.

El gas pasa por el convertidor catalítico (patentado) y se convierte en fracciones de destilado por medio del proceso de craqueo catalítico. El destilado o condensado pasa luego al tanque de recuperación después de enfriarse en los condensadores. Los gases no condensados se purifican y se usan como combustible para calentar el reactor principal.

Desde el tanque de recuperación, el producto es enviado a una centrífuga para remover contaminantes tales como agua y carbón.

El destilado limpio luego se bombea al tanque de reserva para posteriormente depositarse en los tanques de almacenamiento para su uso como gasoil.

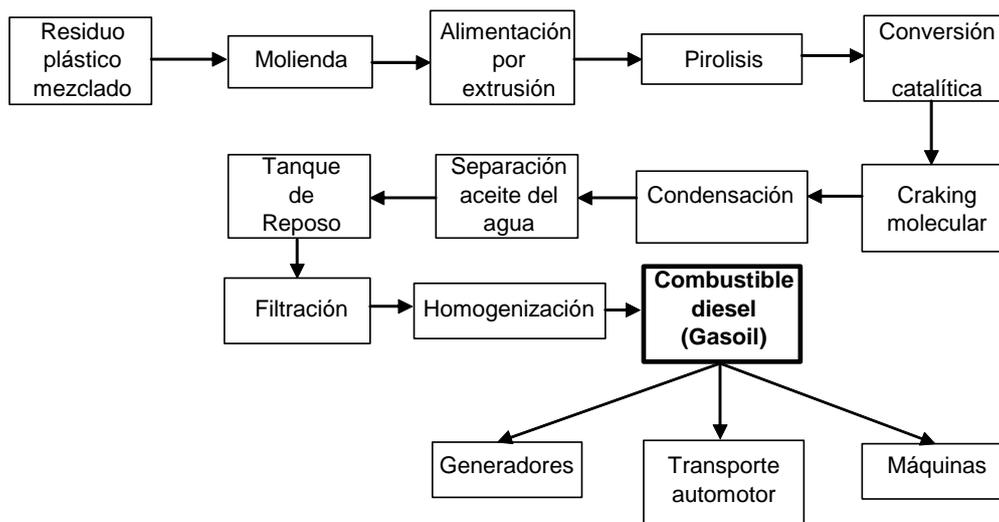


Figura 11.5

En la figura 11.5 se tiene un esquema del proceso de producción.

Para tener una visión del resultado del proceso se da un balance de masa típico para una planta de este tipo:

- **Balance de masa:**

Entradas

- 1) 10.000 Kg. de plástico recuperado post consumo formado por: PE = 43 %;
PA = 7 %: PP = 50 %
- 2) Gas natural: 1790 Kg./día (promedio)
- 3) Nitrógeno: 6,8 m³/día (promedio)

Salidas

- 1) Gasoil : 10.500 lts/día x 0,8 (densidad) = 8400 Kg./día
- 2) Gas residual: 1200 Kg. (usado en la planta)
- 3) Residuos sólidos: (3% en peso) = 300 Kg./día (principalmente carbón y cenizas)

Dado que los plásticos usados como materia prima no contienen azufre el combustible final tiene muy bajo nivel de azufre y cumple fácilmente con las normativas europeas

- **Otras características del proceso – Catalizador**

El corazón del proceso de pirólisis para convertir los plásticos a gasoil es el catalizador o convertidor catalítico que se encuentra a la salida del reactor de pirólisis o en ciertos casos se agrega al mismo.

En algunos sistemas el catalizador se encuentra en placas de una aleación especial de metales que hacen de catalizador que se encuentran a la salida del reactor. Las características del catalizador son las responsables de la calidad del producto final obtenido. Estas placas deben ser limpiadas cada cierto tiempo dado que se ensucian con los residuos de alquitrán

En otras tecnologías el catalizador es del tipo Zeolitas que se agregan directamente en el interior del reactor que tiene la desventaja que se ensucian y hay que renovarlos.

El catalizador “rompe” las cadenas mayores a C 25 (con 25 átomos de carbono) y convierte las alfa olefinas (insaturadas) en olefinas saturadas.

El catalizador asegura que el combustible tenga una composición de longitudes de cadenas en el rango de C8 a C25 idealmente con un pico en C16 (cetano) para que sea similar al combustible tradicional obtenido por refinación. Cuando se usa alto contenido de PE pueden aparecer ciertas cantidades de cera que se eliminan en la etapa de filtración con filtrado en dos etapas.

- **Adaptación de los distintos plásticos**

Los distintos plásticos que se encuentran en los RSU tienen distinto comportamiento en el proceso de pirólisis como se muestra en la Figura 11.6

RESIDUOS PLÁSTICOS A COMBUSTIBLES

Adaptabilidad de los plásticos para el tratamiento

Plástico	Densidad	Adaptabilidad al sistema de pirólisis
Polietileno (PE)	0,919 - 0,960	Muy buena
Polipropileno (PP)	0,900	Muy buena
Poliestireno (PS)	1,050	Muy Buena
Copolimero ABS	1,03 - 1,07	Buena. Requiere medición de gases remanentes
Policloruro de vinilo (PVC)	1,350	No adecuado
Poliuretano (PU)	1,200	Buena. La recuperación de aceite es limitada
Polietilen tereftalato (PET)	1,37 - 1,45	Muy limitado. Recomendable 1 %. Máximo 5 %

Figura 11.6

Los que mejor comportamiento tienen son las poliolefinas y el poliestireno. El PVC interfiere en el proceso por la presencia del cloro puede usarse con el agregado de neutralizantes y el PET por el contenido de oxígeno

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. World Bank Technical Paper N° 462. Municipal Solid Waste Incineration. T. Rand; J.Haukoll; U.Marxen.
2. Plastics Europe. Associations of Plastics Manufacturerers in Europe.
3. www.plasticseurope.org.
4. Usina Verde, Brasil. www.usinaverde.com.br.
5. American Chemistry Council. USA. www.americanchemistry.com.
6. Plastics and Chemicals Industries Associations. Australia. www.pacia.org.au.
7. Plastic Waste Management Institute. Japón. www.pwmi.or.jp.
8. Canadian Plastics Industry Associations. Canada. www.plastics.ca.
9. Cicloplast. España. www.cicloplast.com.
10. Ozmotech. Australia. www.ozmotech.com.ar.





EL PLASTICO A FAVOR DE LA VIDA

INFORMA - ASESORA - ASISTE
EN EDUCACION Y GESTION AMBIENTAL

BIBLIOTECA TECNICA – Títulos a la fecha

1. Plásticos ignífugos o no inflamables.
2. Residuos Plásticos. Su aprovechamiento como necesidad.
3. Plásticos: su origen y relación con el medio ambiente.
4. ¿Qué hacer con los plásticos cuando concluyen su vida útil?
5. Manejo de los Residuos plásticos en Diferentes partes del mundo.
6. La relación entre los plásticos y los moduladores endocrinos.
7. Informe técnico sobre la performance ambiental de las bolsas plásticas.
8. La relación entre la biodegradación y los residuos plásticos.
9. Guía didáctica de las normas ISO – Serie 14.000.
10. Aportes para el capítulo “Envases” de una eventual Ley de Residuos Sólidos Urbanos.
11. Manual de valorización de los Residuos Plásticos.
12. Juguetes de PVC.
13. Gestión de los Residuos Plásticos Domiciliarios en la Argentina, Estados Unidos y Europa.
14. Esteres de Ftalatos su Relación con el PVC y sus Diferentes Aplicaciones.
15. Plásticos en la Construcción: su contribución a la Salud y el Medio Ambiente.
16. Plásticos de aplicación en el campo de la Salud: Envases Farmacéuticos y Cosméticos.
17. Envases Plásticos: Su relación con el Medio Ambiente
18. Recuperación Energética - a través de la co-combustión de residuos plásticos mixtos domiciliarios y residuos sólidos urbanos.
19. Estudio comparativo: envases descartables de PET vs. retornables de Vidrio.
20. Consideraciones Ambientales de las Bolsas de Comercio de Polietileno.
21. Degradación de los Materiales Plásticos.
22. Posición de Plastivida Argentina con respecto a los plásticos Biodegradables.
23. Seguridad en el uso de recipientes plásticos en el horno a microondas y de botellas de agua en la heladera.
24. Posición de la Cadena de Valor de la Fabricación de las Bolsas Plásticas
25. Plásticos Biodegradables, ¿qué son? Y su relación con los RSU.
26. Position Paper Gestión de los Plásticos al final de su vida útil.
27. Análisis Del Ciclo de vida de tres tipos distintos de Bolsas de Comercio – Plástico Reciclable, Plástico Biodegradable; Papel Reciclado y Reciclable.
28. Ciclo de Vida de Varios tipos de Bolsas de Comercio.
29. Ciclo de Vida de cuatro tipos de envases de Leche.
30. Auditorías de Litter en las calles de San Francisco 2008.
31. Reciclado sustentable de residuos plásticos post consumo. Position paper. “Los aditivos oxodegradables son incompatibles con el reciclado mecánico”.
32. Recuperación Energética de los Residuos Plásticos.

Reconquista 513 – 5° Piso – Of. B - (C1003ABK) Capital Federal
Tel / Fax: 011 4312-8158/8161 – E-mail: plastividaarg@plastivida.org.ar

www.plastivida.com.ar