

Tratamiento de desechos y aprovechamiento.

Romina M. Gazzo, Victor G. Librandi

Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería,

Mario Bravo 1050, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, C1175ABT

rominagazzo@gmail.com, vlibrandi@gmail.com

Abstract

There are alternatives to achieve close the cycle of degradation of waste but implementation often is impractical due to: the need for higher intakes of energy (pyrolysis), the deep cultural changes (separation in situ), changes in legal framework (economic incentives), appropriate economic conditions of the population (payment rates) and also due to insufficient involvement of the industrial sector with respect to product life cycle.

However, an action that is needed to perform and contribute to closing the cycle is the recruitment, thermal treatment (thermal plasma) and / or use of biogas and use. These treatments need to be controlled because it can be presented recurrent fires, release of unpleasant odors, high potential for explosion or greatly contribute to the greenhouse effect and others.

This research is based on the search for new technologies to improve the conditions under which develops the treatment of solid waste (RSU) and industrial (RSI).

At the country level, this process must be ineffective to the lack of collection and processing structure as well as the limited investment opportunities to improve the conditions under which it is developing this activity, the delay also allows the legislature does not become aware of the benefits society at the cultural, environmental, economic and technological that this would entail.

Keywords: Biogas, heat treatment, solid waste, industrial solid waste, thermal plasma.

Resumen

Existen alternativas para lograr cerrar el ciclo de degradación de residuos pero su aplicación muchas veces, es poco viable debido a: los requieren de altos consumos de energía (pirolisis), a los cambios culturales profundos (separación in situ), los cambios en marco legal (incentivos económicos), adecuadas condiciones económicas de la población (pago de tarifas) como también debido a la insuficiente participación activa del sector industrial a los que respecta ciclo de vida del producto.

Sin embargo, una acción que se necesita llevar a cabo y contribuye a cerrar dicho ciclo es la captación, tratamiento térmicos (plasma térmico) y/o uso del biogás y aprovechamiento. Dichos tratamientos requieren ser controlados ya que sino se pueden presentar recurrentes incendios, desprendimiento de olores desagradables, alto potencial de explosividad o contribuir en gran medida con el efecto de invernadero entre otros.

Esta investigación se funda en la búsqueda de nuevas tecnologías para mejorar las condiciones en las que se desarrolla el tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) e industriales (RSI).

A nivel país, dicho proceso debe su ineficacia a la falta de estructura de recolección y tratamiento como también las escasas posibilidades de inversión para mejorar las condiciones en que se esta desarrollando esta actividad, asimismo el atraso legislativo no permite a la sociedad concientizarse de los beneficios a nivel cultural, ambiental, económico y tecnológico que esto traería aparejado.

Palabras clave: Biogas, tratamiento térmico, residuos sólidos urbanos, residuos sólidos industriales, plasma térmico.

1 Introducción

Uno de los problemas mas controversiales concierne a la contaminación ambiental, es la gestión de los desechos. Estos han existido desde siempre como una consecuencia de la actividad humana, pero en la actualidad se han convertido en tema de debate, debido a 3 factores principales.

- El volumen de los residuos, el cual se incrementa año a año y no se consigue desenclavar la cantidad producida de la cantidad de consumo que tenemos como sociedad.
- La naturaleza, los residuos han cambiado sustancialmente pasando mayoritariamente de orgánicos a inorgánicos. En los residuos se encuentran en forma masiva plásticos, vidrios, metales, etc. Cuyo deposito en condiciones no adecuadas puede dar lugar a deterioro medioambientales irreversibles.
- La concentración de los residuos como consecuencia de la migración masiva desde medios rurales a las ciudades.

De acuerdo a esto nos enfocamos en dos alternativas viables para la gestión de residuos. Estos serán, el tratamiento térmico y el tratamiento anaeróbico para la obtención de biogas.

Los cuales nos pueden presentar una nueva forma de energía limpia y renovable, suponiendo un aprovechamiento energético eficaz y flexible.

La gasificación puede definirse como un proceso de combustión incompleta del cual se obtiene como producto un gas combustible, el cual depende del oxidante utilizado, si el agente es aire obtenemos un gas denominado pobre que tiene poco poder calorífico como consecuencia del alto porcentaje de nitrógeno como contrapartida si es oxígeno o vapor de agua obtenemos el denominado gas de síntesis que posee un gran poder calorífico.

La tecnología de plasma térmico aplicado a la destrucción de desechos ha evolucionado rápidamente debido a su eficacia en la degradación de una gran variedad de compuestos tóxicos y particularmente a evolucionado debido a la extrema capacidad de energía involucrada. El tratamiento y vitrificación por descarga de plasma permite obtener una matriz inerte para la disposición final de desechos y por lo tanto contribuir a resolver la problemática actual de los desechos [1].

2 Tratamientos de residuos

2.1 - Biogas - Historia

La historia del Biogas se remonta desde los años 1600, cuando se realizaron las primeras menciones por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica.

En 1890, se construye el primer biodigestor a escala real en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad.

Por los años 1940, comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época. En todo el mundo se difunden los denominados tanques Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se lo utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades se lo llegó a inyectar en la red de gas comunal.

Aproximadamente por 1944, durante los años de la segunda guerra mundial comienza la difusión de los biodigestores a nivel rural tanto en Europa como en China e India que se transforman en líderes en la materia, luego a mediados de 1970, esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década se reinicia con gran ímpetu la investigación y extensión en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos y desde 1990 han sido fructíferos los descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico gracias al nuevo material de laboratorio que permitió el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas.

Actualmente estos progresos en la comprensión del proceso microbiológico han estado acompañados por importantes logros de la investigación aplicada obteniéndose grandes avances en el campo tecnológico.

Los países generadores de tecnología más importantes en la actualidad son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU., Filipinas y Alemania.

2.2 - Proceso de obtención

Uno de los procesos para la obtención del Biogas es la digestión anaeróbica (fermentación) de materia orgánica de diversos orígenes tales como residuos vegetales, estiércol, basura doméstica, desechos de industrias de alimentos, papel, etc.

Como se mencionó anteriormente, el Biogás conocido también como "Gas de los Pantanos" se produce por la fermentación anaeróbica (sin oxígeno) de residuos orgánicos e inorgánicos que mezclados con agua y depositados en un recipiente cerrado e impermeable llamado Biodigestor a temperatura entre los 20° y 30° C se descomponen debido a las bacterias anaeróbicas.

El proceso se completa entre los 30 y 40 días produciéndose la mayor cantidad de Biogás.

La composición del gas obtenido varía con el material de partida utilizado con valores promedio de CH₄ (50 a 70%), CO₂ (30 a 40%), H₂ (5 a 10%), N₂ (1 a 2%), H₂O (0,3%) y vestigios de H₂S, dependiendo del sustrato.

Para mantener una producción constante se debe renovar periódicamente los insumos. Cuando los residuos no digeribles alcanzan cierta magnitud, se limpia el biodigestor, mayormente una a dos veces al año vaciándolo totalmente.

Por este motivo el mismo está provisto de mecanismos para la extracción de los lodos y sobrantes, además de dispositivos para la acumulación y expulsión de gases, dispositivos de seguridad contra explosión y la purga del digestor.

Los principales grupos en que se puede clasificar la biomasa son los siguientes:

- Biomasa natural o la producida en los ecosistemas naturales, como los bosques. Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la necesaria gestión de la adquisición y transporte del recurso al lugar de utilización. Esto puede provocar que la explotación de esta biomasa sea inviable económicamente.
- Biomasa residual (seca y húmeda): o los subproductos derivados de las actividades agrícolas (leñosos y herbáceos), ganaderas y forestales en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras. También se incluyen en este grupo los materiales biodegradables como los afluentes ganaderos (principalmente purines), los fangos de las depuradoras y las aguas residuales urbanas e industriales.
- Cultivos energéticos: constituidos por aquellos vegetales que están destinados exclusivamente a su aprovechamiento energético.
- Biomasa Primaria: está constituida por los residuos y desechos agrícolas y forestales., aunque también deberían incluirse los residuos ganaderos. Las explotaciones forestales dejan sobre el bosque gran cantidad de residuos.
- Biomasa secundaria: corresponde a la biomasa residual procedente de las industrias agroalimentarias y forestales una vez se han elaborado los productos o materiales principales.

Como mencionamos al pasar los años; La tecnología de la digestión anaeróbica se fue especializando abarcando diversos campos de aplicación con diferentes objetivos y/o prioridades.

Ejemplo de estos campos de aplicación son entre otros;

1. Las plantas de tratamiento de desechos industriales las cuáles han tenido una importante evolución en los últimos años y habiendo superado una primera etapa a nivel piloto, en Europa y China se encuentran actualmente difundidas para determinados fines en combinación con tratamientos aeróbicos convencionales. Estos reactores anaeróbicos son de enormes dimensiones (más de 1.000 m³ de capacidad), trabajan a temperaturas mesofílicas (20°C a 40°C), o termofílicas (más de 40°C) poseen sofisticados sistemas de control y están generalmente conectados a equipos de cogeneración que brindan como productos finales; calor, electricidad y un efluente sólido de alto contenido proteico, para usarse como fertilizante o alimento de animales. A nivel latinoamericano, se ha desarrollado tecnología propia en la Argentina para el tratamiento de vinazas, residuo de la industrialización de la caña de azúcar. En Brasil y Colombia se encuentran utilizando sistemas europeos bajo licencia. El número de reactores de este tipo aún no es importante en el mundo (aproximadamente unos 130 en la Comunidad Económica Europea) pero los continuos descubrimientos, reducciones de costos y mejoramiento de la confiabilidad hacen suponer un amplio campo de desarrollo en el futuro tanto para Latinoamérica como el resto del mundo.
2. La aplicación del biogás en el área rural ha sido muy importante dentro de ella se pueden diferenciar dos campos claramente distintos. El objetivo buscado es dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores de zonas marginales o al productor medio de los países con sectores rurales de muy bajos ingresos y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía. En este caso la tecnología desarrollada ha buscado lograr digestores de mínimo costo y mantenimiento fáciles de operar pero con eficiencias pobres y bajos niveles de producción de energía.

El tipo de tecnología está dirigido al sector agrícola y agroindustrial de ingresos medios y altos. El objetivo buscado en este caso es brindar energía y solucionar graves problemas de contaminación. Los digestores de alta eficiencia desarrollados para esta aplicación tienen un mayor costo inicial y poseen sistemas que hacen más complejo su manejo y mantenimiento.

Ambos tipos de digestores se encuentran hoy día en continua difusión. Los reactores sencillos han tenido una amplia aceptación en China, India, Filipinas y Brasil; debido a que en estos países se ejecutaron importantes planes gubernamentales que impulsaron y apoyaron con asistencia técnica y financiera su empleo. En el resto de los países del mundo la difusión alcanzada por este tipo de digestores no ha sido significativa

Con respecto a los digestores de alta eficiencia la mayoría se encuentran instalados en Europa (se estima un total de 500 digestores en los países de la CEE.); en el resto del mundo no se ha superado aún la etapa de unidades demostrativas o emprendimientos particulares aislados.

El tratamiento de líquidos cloacales mediante sistemas anaeróbicos solos o combinados con tratamientos aeróbicos es una técnica muy difundida en todo el mundo desde hace más de 40 años. Para tener una idea de su importancia el gas generado por esta técnica en Europa alcanzaba en el año 1975 un total de casi 240 millones de m³ anuales de biogás.

Recientes progresos en equipos de cogeneración han permitido una más eficiente utilización del gas generado y los continuos avances en las técnicas de fermentación aseguran un sostenido desarrollo en este campo.

Debe tenerse en cuenta que la incorporación de esta tecnología obliga a una estricta regulación en cuanto a tipo de productos que se vierten en los sistemas cloacales urbanos; por este motivo en algunos países donde los desechos industriales son vertidos sin tratar en las cloacas los reactores anaeróbicos han tenido graves problemas de funcionamiento y en muchos casos han sido abandonados.

El relleno sanitario, práctica muy difundida en el mundo para eliminar las enormes cantidades de desperdicios generados en las grandes ciudades han evolucionado hoy en día modernas técnicas de extracción y purificación del gas metano generado el cual en décadas pasadas generaba graves problemas, entre los cuales figuraba el ambiental, por muerte de la vegetación que se encontraba en las zonas cercanas, malos olores que molestaban a los residentes y explosivas mezclas de gases que se acumulaban en los sótanos de la vecindad.

El avance de esta técnica ha permitido que importantes ciudades del mundo, como es el caso de Santiago de Chile en América Latina, incluya un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana de gas natural.

Todos los campos de aplicación analizados muestran que la tecnología bajo estudio se encuentra en una franca etapa de perfeccionamiento y difusión. Las causas que motivarán y regularán su futura expansión se encuentran centradas en dos aspectos críticos del futuro como son la energía y la contaminación.

2.3 - Conversión de Biomasa en Energía

Desde el punto de vista medioambiental, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles.

Estos últimos (formados por cadenas largas del tipo C_nH_m , y presencia de CO_2 , CO e H_2), son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. Asimismo, el poder calorífico depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad. De acuerdo a ello, estos valores de poder calorífico se pueden dar en base seca o en base húmeda.

Una de las ventajas desde el punto de vista medioambiental de la biomasa, es el balance neutro en emisiones de CO_2 , ya que realizada en condiciones adecuadas, la combustión de biomasa produce agua y CO_2 . Este último al formar parte de un flujo de circulación natural entre la atmósfera y la vegetación, no contribuye de manera significativa al gas invernadero en la atmósfera (siempre que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada).

Por otro lado, esta fuente de energía no produce emisiones sulfuradas o nitrogenadas y poco material particulado. A su vez, como una parte de la biomasa procede de residuos que es necesario eliminar, su aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso. De esta manera, dentro de las ventajas socioeconómicas de dicha fuente energética, se pueden mencionar:

- La disminución de la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Se favorece el desarrollo del sector rural y el sector agrícola, ya que permite sembrar cultivos energéticos en sustitución de otros excedentarios.
- Abre oportunidades de negocio a la industria, favorece la investigación y el desarrollo tecnológicos, e incrementa la competitividad comercial de los productos. En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000 – 3500 kcal/kg para los residuos ligno - celulósicos, entre 2000 – 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente alrededor de 10000 kcal/kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar, que en algunos casos la explotación de biomasa para distintas actividades económicas, deja una parte de ella sin aprovechar que se transforma en residuo de esa actividad.

Por otro lado, de acuerdo a las características particulares de los residuos a utilizarse como fuente de energía, pueden provenir de las siguientes actividades:

forestales, agrícolas, pecuarias, agroindustriales o urbanas.

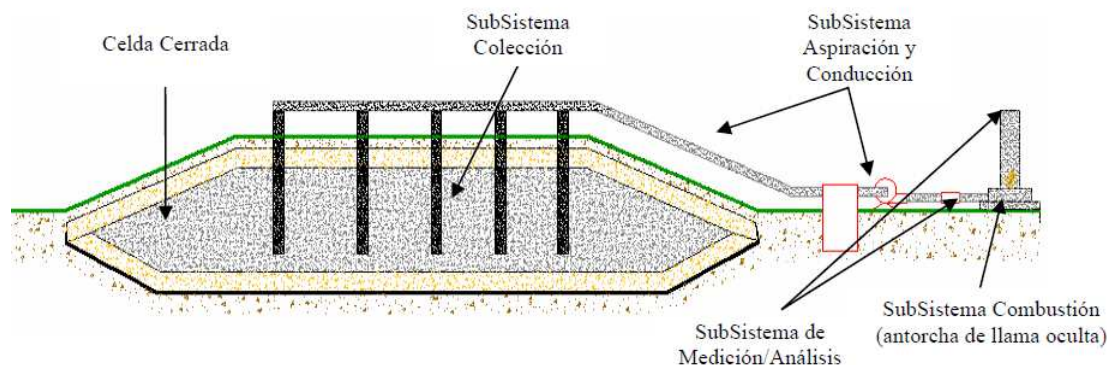


Fig. 1

2.4 - Alternativas para la conversión de la biomasa.

La posibilidad de los distintos aprovechamientos de la biomasa está asociada a los tratamientos a que se puede someter la misma, el uso de un sistema u otro obedece a un mayor rendimiento de la transformación energética. Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grandes grupos: biomasa húmeda y biomasa seca. A continuación se detallan en el esquema los procesos de obtención de energía a partir de ambos tipos de biomasa.

2.5 - Costos asociados a la producción de Biomasa.

El factor que se torna crucial para la utilización de la biomasa en el plano económico, es el costo de la disponibilidad de la materia prima, que hoy en día varía de un costo negativo para los residuos de la actividad forestal hasta un costo positivo en los cultivos energéticos más caros. El espectro resultante de los costos de energía es, por consiguiente, bastante amplio. Una de las opciones más económicas es el uso de desecho de madera en turbinas de vapor combinadas con planta de calor y energía. Por otra parte, la gasificación de la biomasa sólida que abre una amplia gama de aplicaciones, sigue siendo relativamente cara. El gran potencial en la utilización de la biomasa sólida también puede volcarse a la generación de calor en centros de generación de calor grandes y pequeños unidos a redes de calefacción siendo una de las tecnologías más económicas.

Debido a su gran potencial en cultivos energéticos, residuos forestales y desechos industriales, la Biomasa representa una alternativa viable para América Latina y en especial para la Argentina.

2.6 - Biomasa en Argentina

En la República Argentina, se han realizado y se realizan en la actualidad aprovechamientos energéticos asociados a la tecnología de la biomasa.

Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy (Altos Hornos Zapla). El mismo se obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptos realizadas con ese fin. También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.

Otro aprovechamiento significativo es la utilización de bagazo de caña de azúcar como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias.

Relacionada con la caña azúcar se puede mencionar la fabricación de alcohol que, convenientemente deshidratado y dosificado, da origen a la alconafta. Este proyecto a implementarse en varias provincias no prosperó por no llegarse a la conclusión de que desde el punto de vista económico no resultaba satisfactorio para las características del país.

Otros aprovechamientos incluyen:

- El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- El uso de leña para calefacción (hogares).
- El uso de residuos agroindustriales (torta de girasol, cáscara de arroz, etc.) en calderas para producir vapor de proceso.
- El uso de residuos de aserradero para generar energía en la industria de transformación de la madera.
- La generación de biogás en tambos (uso muy poco difundido)

Es importante destacar que el potencial de aprovechamiento energético de la biomasa en la Argentina es muchísimo mayor a su actual utilización

2.8 - Tratamiento térmico por arco de plasma

Comenzamos con una serie de definiciones básicas.

Podemos considerar el plasma como el cuarto estado de la materia, no es más que un gas ionizado resultante de la aplicación de una descarga eléctrica, ya sea sólida, líquida y gaseosa.

Arco eléctrico lo podemos definir como el paso de electrones de un ánodo a un cátodo, debido a una diferencia de potencial entre ambos generando una gran energía térmica, alcanzando en algunos casos los 20.000 °C .

Arco transferido, consiste en el arco eléctrico generado en un ánodo de sacrificio (reemplazable) y un recipiente que hace de cátodo y que contiene el producto a trazar.

Arco no transferido, consiste en un arco eléctrico entre un ánodo y un cátodo ambos de sacrificio (reemplazables) por el que pasa un gas plasmógeno que se convierte en plasma (con alto contenido energético) y al que comúnmente se lo llama antorcha.

En este caso, cuando el gas atraviesa el arco eléctrico que está a unos 20.000°C, se transforma en plasma con una temperatura aproximada de 6000°C.

La incineración por plasma se considera un tratamiento definitivo. Con este método los elementos contaminantes quedan mayoritariamente atrapados en una red vítrea con lo que se reducen las emisiones gaseosas de partículas y la posibilidad de que se formen dioxinas y furanos en las (gracias al rápido enfriamiento de éstas). También disminuye el volumen de residuos.

En Física se entiende por plasma un gas altamente ionizado con baja densidad de partículas. Para generar este gas ionizado se hace pasar una determinada corriente eléctrica a través de un plasmógeno provocándose con ello el paso de las moléculas a estados atómicos ionizados.

Una vez obtenido el plasma, que alcanza temperaturas de 5000 a 15000°C, el proceso de incineración, de forma general, consiste en inyectarle los residuos, el tiempo de residencia de éstos en él es muy bajo, 500µs (las altas temperaturas del arco del plasma se aseguran de que las reacciones sean muy rápidas, y esto permite tiempos cortos de residencia de y por ello el incinerador de plasma se puede hacer más pequeño que otros con rendimiento de procesamiento comparable) para ser así atomizados y pasarlos posteriormente a una cámara de reacción donde se recombinan formando moléculas sencillas: CO, HCl... El tiempo de residencia en esta cámara es de 1s. Después de enfriar la corriente con agua se filtra para eliminarle los sólidos y se introduce en una torre donde se eliminan los ácidos que contiene lavándola con producto cáustico antes de ser expulsados por la chimenea.

Se necesita menor cantidad de aire que en los procesos convencionales al se un proceso pirolítico pero hay que aportar un plasmógeno (más caro que el aire) que dependerá de las características del residuo a tratar.

El coste es elevado por la energía eléctrica y por los materiales que han de ser resistente a temperaturas muy altas. Además necesita mano de obra altamente cualificada.

Dos aplicaciones de este sistema de incineración son el tratamiento de cenizas volantes de incineración de RSU y el de lodos de pinturas. Ambos son residuos tóxicos y peligrosos y se producen grandes cantidades de ellos. La incineración por plasma inertiza y vitrifica el residuo bloqueando los contaminantes en una red. Los residuos producidos presentan una fuerte reducción de volumen (de hasta el 80% en el primer caso).

Un ejemplo de la aplicación del sistema de incineración por plasma para eliminar las cenizas procedentes de RSU lo encontramos en la ciudad japonesa de Hirosaki con una capacidad inicial de tratamiento de 40t/día. El sistema se ha desarrollado para desintoxicar (descomposición y eliminación de dioxinas), reducir, tratar, y reutilizar (como recursos y para reciclar) la ceniza de la incineración producida por los incineradores de la basura municipal. Este sistema soluciona no sólo los problemas que generan los elevados volúmenes de ceniza de incineración, sino también constituye una medida eficaz contra metales pesados y dioxinas.

Algunas especificaciones de este sistema son:

- Gas del plasma: N₂.
- Temperatura: 12000K en el plasma y 2000° en la superficie de la ceniza.
- Consumo de energía: 800 a 1000kWh/ton de la ceniza.
- Reducción en volumen de la ceniza: casi 50%.
- Utilidad de la escoria: asfaltos.

Un esquema general sería el representado en la figura 2.

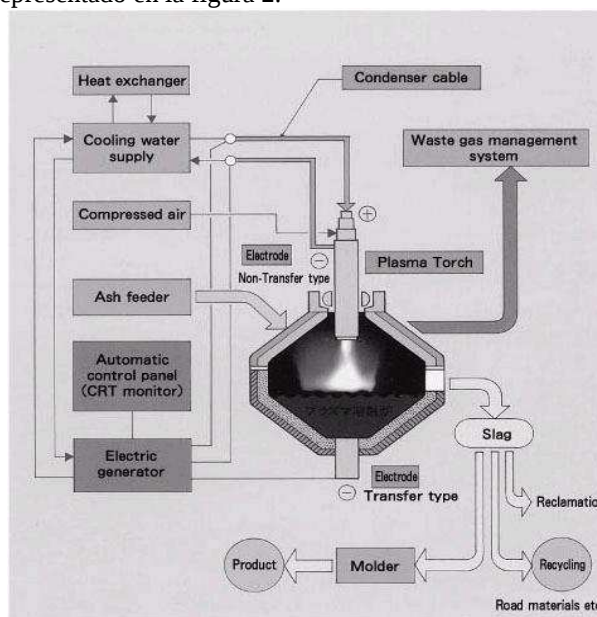


Fig. 2

2.9 - Tipos de tecnología de Plasma.

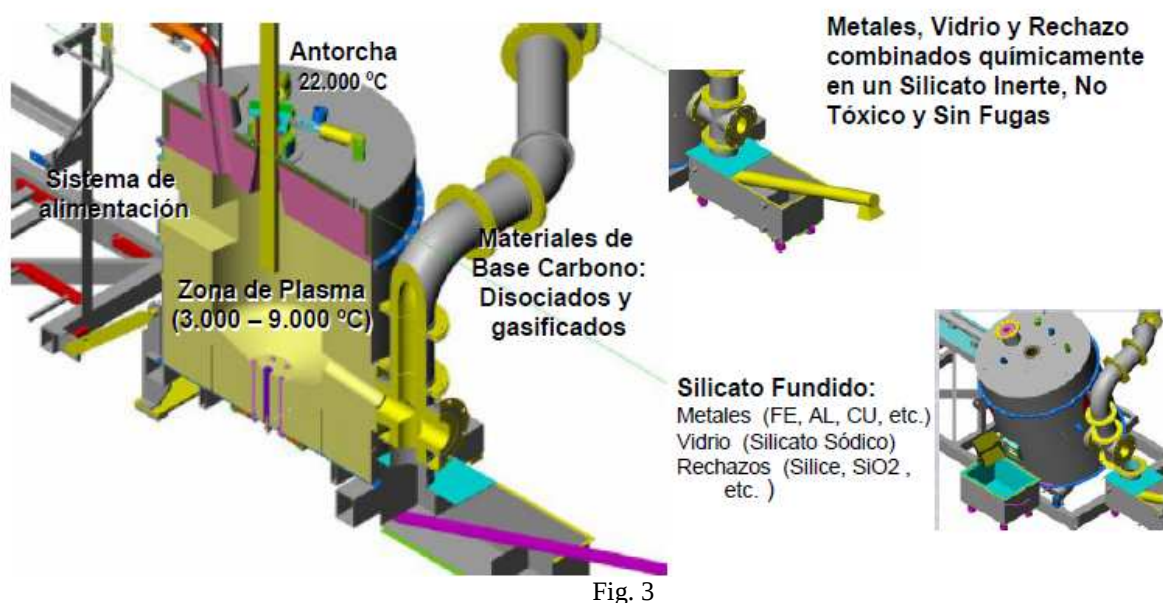
Básicamente existen 3 tipos distintos de tecnologías de plasma desde el punto de vista del tipo y ubicación de la torcha.

Plasma transferido en horno: Creación de uno o mas arcos eléctricos en el interior de un horno gasificador, con el consiguiente calentamiento del residuo.

Ventajas:

- El sistema de tratamiento de gases es muy reducido.
 - Permite la recuperación de metales valiosos contenidos en los residuos.
- Desventajas:
- Balance energético muy deficiente.
 - El ánodo se encuentra en el interior de l horno gasificador por lo que esta expuesto a golpes y corrosión.
- Aplicaciones:
- Industria Metalúrgica.
- Plasma no transferido en horno: Una o varias antorchas introducen el plasma en el interior del horno gasificador con el consiguiente calentamiento del residuo.
- Ventajas:
- La antorcha esta poco expuesta a los productos en el interior del horno gasificador.
 - Los gases de escape generan un gas de síntesis de alto poder calorífico.
 - El sistema de tratamiento de gases es de tamaño reducido.
- Desventajas:
- Balance energético muy deficiente.
 - No garantiza la total destrucción de compuestos orgánicos, dioxinas y furanos.
- Aplicaciones:
- Residuos peligrosos inorgánicos.
 - Residuos sanitarios.
 - Residuos explosivos. (en ausencia de oxígeno o aire)
 - Residuos radioactivos.
- Plasma no transferido en conducto de gases: Una o varias antorchas introducen el plasma en la corriente de gases con el consiguiente calentamiento de los mismos. El residuo se gasifica previamente en el horno gasificador por medios convencionales.
- Ventajas:
- La antorcha no esta expuesta a los productos en el interior del horno gasificador.
 - Gasificación y vitrificación convencionales.
 - El sistema de tratamiento de gases es de tamaño intermedio.
 - Tecnología mejor considerada ambientalmente (el plasma se aplica como una primera etapa de tratamiento de gases siendo el único sistema que garantiza la total destrucción de los compuestos orgánicos, dioxinas y furanos.
- Desventajas:
- Consumo eléctrico intermedio (por la antorcha de plasma).
 - Poder calorífico intermedio del gas de síntesis, lo que hace difícil su utilización en motores de gas.
- Aplicaciones:
- Residuos peligrosos orgánicos.
 - Residuos sólidos urbanos.

Podemos ver lo que sucede en el interior de la cámara en la figura 3



Como comentario final, las ventajas tecnológicas del plasma.

- Permite obtener temperaturas extremas (entre 3.000°C y 20.000°C).
- Las temperaturas extremas y la ausencia de oxígeno permiten la disociación molecular de cualquier tipo de residuo, evitando su combustión o reacciones secundarias, especialmente en tecnologías que usan un mínimo de oxígeno o aire técnico.
- En función de la riqueza del gas de síntesis obtenido es posible la utilización del mismo para la síntesis de compuestos orgánicos u obtención de hidrógeno.
- Aporta energía suficiente para la producción de un gas de síntesis aprovechable energéticamente en general por motores de gas y una escoria vitrocerámica inerte y comercializable.
- Tecnología neutra con el medio ambiente. (Vertido cero)
- El proceso se adapta a cualquier tipo de residuo.

3 Conclusiones

A lo largo de este informe, se han analizado las ventajas y desventajas en la implementación de alternativas para el procesamiento de residuos en la Argentina, especialmente la biomasa y tratamientos por arco de plasma, haciendo hincapié en la biomasa y los biocombustibles por ser los más viables dentro de la matriz energética actual del país.

La diversidad de tecnologías al servicio de los distintos procesos descritos en este informe, para el avance en el desarrollo de tratamientos de RSU - RSI, hace necesario tener en cuenta los requerimientos y especificaciones de cada una de ellas, no solo por el tipo de residuo, sino también por las ventajas económicas derivadas de su implementación.

De las tecnologías anteriormente descritas, el relleno sanitario y la incineración son las que cuentan con mayor trayectoria de desarrollo a nivel nacional, destacándose la incineración por la amplia gama de residuos que es capaz de tratar.

La fermentación, proceso que se lleva a cabo en los biodigestores, se presenta también como una alternativa a considerar. Esta tecnología se está implementando en un gran número de establecimientos ganaderos, ya que no solo proporciona energía para cocción, calefacción, refrigeración, entre otros usos, sino también su aprovechamiento es considerable en explotaciones de ganadería intensiva.

Para resumir, es importante destacar que la mayoría de estos emprendimientos generan múltiples beneficios ambientales y económicos; ya sea por la utilización de residuos como fuente de energía, por la disminución de emisiones gaseosas contaminantes, y por la reducción de costos de operación, tratamiento y disposición final de los desechos.

Agradecimientos

Los autores agradecen los aportes, sugerencias y colaboración brindada a la Lic. Mónica López Sardi y al Departamento de Ingeniería de la Universidad de Palermo.

Referencias

- [1] Laura V. D. Archundia, Joel O. P. Sotelo, Marquidia Pacheco, Fabiola Guzmán, Miguel Hernández, *Tratamiento de desechos mixtos por descarga de plasma térmico*, Simposio LAS/ANS (2007) 721 .