



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Valorización integral de residuos por medio de la gasificación por plasma. Tecnología SPGV y proceso IPGCC

Autor: Daniel Rodríguez Merlo

Institución: Solena Group

E-mail: rodriguezmerlo.daniel@gmail.com

Otros autores: Ángel Prado (Solena Group); Yves Bannel (Solena Group)



RESUMEN:

Dentro de los aspectos generales para el tratamiento de residuos surge el 'principio de jerarquía' (Aprobado por el UE en 2006) que propone una secuencia ordenada para la gestión: (1)Prevención, (2)Reutilización, (3)Reciclaje, (4)Valorización energética y (5) Eliminación- De acuerdo con lo que se establece en el PNIR (Plan Nacional integrado de Residuos) se considera valorización del residuo cuando la extracción de energía del mismo no tiene como único fin su eliminación. La tecnología SPGV (Solena Plasma Gasification and Vitrification) y su proceso asociado IPGCC (Integrated Plasma Gasification and Combined Cycle) cumple explícitamente con lo establecido en el PNIR al permitir al tratamiento de residuos, tanto industriales como municipales, obteniendo electricidad de forma completamente limpia y permitiendo un máximo aprovechamiento energético sin ningún tipo de impacto sobre el medioambiente. La tecnología SPGV utiliza el plasma para la gasificación. Puede alcanzar temperaturas de hasta 5000°C y en un reactor parcialmente carente de oxígeno no se produce combustión de la materia sino una completa disociación molecular de sus componentes y su conversión en un gas de síntesis que, tras un proceso de acondicionamiento se utiliza en turbinas de gas en Ciclo Combinado para la obtención de electricidad. Esta tecnología permite a una comunidad o una industria realizar un programa de reciclado y producción de energía renovable eliminando la necesidad de enviar residuos al vertedero. Permite así la creación de un sistema distribuido de generación eléctrica que ofrece a las comunidades y municipios la posibilidad de ser autosuficientes energéticamente. El proceso IPGCC es altamente fiable, eficiente y rentable económicamente. También es respetuoso con el medioambiente ya que no produce emisiones y por la flexibilidad y robustez de la tecnología permite la gasificación de cualquier tipo de residuo garantizando la total reutilización de la materia orgánica, mientras que la inorgánica se inertiza en forma de basalto inocuo tres veces menos lixiviable que el granito. Es una Solución total y definitiva a los problemas causados por la generación de residuos y a la vez produce energía limpia y renovable, maximizando de esta forma los objetivos propuestos en el PNIR.

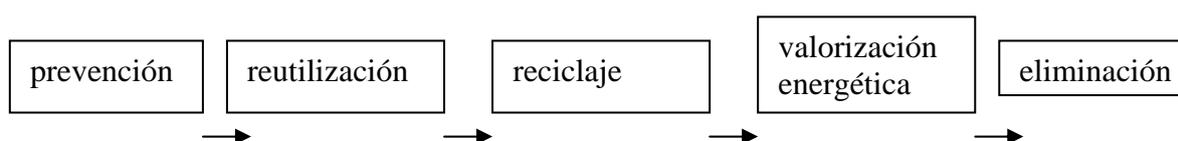
1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el medio ambiente se ve amenazado desde varios frentes: calentamiento global, emisiones y vertidos incontrolados, etc. que de seguir con su actividad destructora auguran un porvenir nada halagüeño para la humanidad.

Entre estas amenazas, una de las más importantes es la que se deriva del aumento en la producción de residuos de todo tipo y de vertidos incontrolados que provocan entre otros efectos la contaminación de los recursos hídricos, proliferación de plagas (roedores, insectos potencialmente peligrosos al ser transmisores de enfermedades, bacterias, hongos..), contaminación del suelo, etc. Ya no sólo se trata de una excesiva producción de residuos urbanos e industriales por parte sobre todo de los países industrializados sino de la mala gestión que se hace de los mismos. Por ejemplo se estima que los países industrializados producen alrededor del 80-85% de todos los residuos tóxicos generados en el mundo y que exportan cerca del 15% a países subdesarrollados con grandes necesidades económicas que no están preparados para su gestión y tratamiento.

Por suerte, también amplios sectores de la sociedad ya han tomado conciencia de los efectos altamente perniciosos que producen los residuos tanto sobre el medio ambiente como sobre la salud y bienestar de las personas. La gestión integral de los residuos producidos por las actividades del hombre es uno de los grandes retos que afronta la humanidad en el futuro a corto plazo y que pasa por ejemplo por la elaboración de leyes y políticas de protección ambiental y que se ajusten a las nuevas tecnologías en desarrollo, como la gasificación por plasma a alta temperaturas.

Con el objetivo de elegir cuál es mejor opción entre todas las posibilidades facilitadas por los nuevos avances tecnológicos para el tratamiento y/o procesado de los materiales procedentes de los residuos se estableció el “*principio de jerarquía*” por parte de la legislación de la UE y que fue adoptado por la española. En él se establece que la secuencia de mayor calidad ecológica ante varias opciones de gestión es:



La tecnología SPGV (Solena Plasma Gasification and Vitrification) y el proceso IPGCC (Integrated Plasma Gasification and Combined Cycle) permiten como se verá más adelante la integración de todos estos órdenes jerárquicos, salvo el primero, ya que aunque el mejor residuo es el que no se produce, la tecnología SPGV actúa sobre el ya producido. En efecto, una instalación SPGV con proceso IPGCC procede a la reutilización del residuo ya que lo transforma en una materia prima, el SynGas, con potencialidades de utilización en producción de electricidad y/o acoplamiento a otros sistemas como pueden ser procesos Fischer-Tropsch para la producción de biocarburantes de segunda generación, etc. La instalación IPGCC permite el reciclado de metales, vidrios, etc. en la fase de pretratamiento del residuo, antes de su gasificación, produciendo además su valorización energética tras el uso del gas de síntesis (obtenido a partir del residuo) en una turbina de gas en ciclo combinado destinada a la para la obtención de electricidad. Por último, el objetivo de la tecnología SPGV es la implantación



una solución de “*vertedero cero*” eliminando la necesidad del uso de vertederos y por tanto la eliminación del residuo que es la opción menos ecológica.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA SPGV

2.1 Generalidades

La tecnología de gasificación y vitrificación por plasma (“SPGV”), gasifica diferentes materiales, como biomasa, residuos urbanos, industriales u hospitalarios y neumáticos para la producción de energía eléctrica. Además, ya de forma no renovable, la gasificación de Solena también puede utilizar carbón o residuos de carbón o petróleo de forma limpia y segura. La tecnología SPGV cumple con todos los requisitos del programa de la Unión Europea “*Energía, Medioambiente y Desarrollo Sostenible*” y con los objetivos del protocolo de Kyoto, así como con el libro blanco de la Unión Europea “*Energías para el Futuro.*”

El proceso SPGV tiene 4 ventajas principales en comparación con otros sistemas convencionales:

(1) Alta temperatura de operación

La combustión en los sistemas industriales convencionales puede alcanzar un máximo de 2000 °C en operando en continuo. A pesar de la inyección de cantidades substanciales de aire en los sistemas de combustión convencionales, compuestos del carbono sin combustión permanecen a menudo en el gas residual y en las cenizas. La zona de disociación molecular empieza a partir de 2700 °C. Ninguna temperatura inferior producirá una disociación completa. Como resultado, una parte de las moléculas permanecerán en las cenizas mientras que la otra se volatilizará como VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles) y SVOC (Compuestos Orgánicos Semi-volátiles). Se confirma de esta forma que la temperatura alcanzada en el sistema SPGV disociará todas las moléculas. Como ejemplo, los anillos benzoicos se rompen completamente, garantizando la total ausencia de SVOC, dioxinas, furanos y sus precursores.

(2) Máxima recuperación de la energía presente en el residuo

Transformación de la energía contenida en el residuo en electricidad sirve como fuente de energía limpia y económicamente rentable. Mínima y estrictamente controlada presencia de oxígeno, evitando así cualquier reacción de oxidación de compuestos orgánicos.

El SynGas obtenido tras el proceso de gasificación de los compuestos orgánicos contiene básicamente monóxido de carbono e hidrógeno. Los compuestos halogenados y sulfuros contenidos en el residuo se transforman en HCl (Ácido Clorhídrico), HF (Ácido Fluorhídrico) y H₂S (Ácido Sulfhídrico). Las técnicas de neutralización de estos tres productos se basan en procedimientos probados.

Tras la depuración, el SynGas es más limpio que el gas natural. Su Poder Calorífico depende del tipo de residuo tratado pero típicamente el SynGas producido tiene un Poder Calorífico Inferior (PCI) de 15 – 22 MJ/kg.

(3) Balance de energía positivo

A excepción de los residuos con contenido orgánico muy bajo, la energía obtenida es superior a la energía térmica equivalente usada en el sistema.



El uso de catalizadores (generalmente coke metalúrgico) en el gasificador contribuye a optimizar la eficiencia de los procesos de degradación térmica. Generalmente la cantidad de catalizador añadido al gasificador es entre el 1 y 3% de la cantidad total de materia procesada.

(4) Ausencia de sustancias potencialmente tóxicas

Los materiales inorgánicos presentes en el residuo tratado en la Planta SPGV quedan reducidos y fundidos en una especie de lava que fluye hacia la parte inferior del gasificador atravesando la cama de coke. Una vez alcanzada la parte inferior del gasificador la lava fluye hacia el sistema de vitrificación. La viscosidad del slag se mantiene añadiendo una cantidad pequeña de CaO y/o SiO₂ como fluidificantes, hecho que produce además otros dos beneficios añadidos:

a) El mantenimiento de la viscosidad evita el bloqueo de las conducciones de salida del slag.

b) Al aumentar la basicidad del slag se produce una reducción significativa en los niveles de lixiviabilidad por lo que la presencia de metales pesados y sus compuestos derivados se mantiene considerablemente por debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

2.2 Generación del Gas de Síntesis

Se utilizan tres tipos de reacciones en la producción del SynGas.

La primera reacción es el cracking térmico; Todas las moléculas son disociadas hasta sus elementos primarios

La segunda reacción es la oxidación parcial que favorece la formación del CO (Monóxido de carbono) y pequeñas cantidades de CO₂ (Dióxido de carbono) y H₂O (Agua). Estos dos últimos compuestos que normalmente son los productos de una oxidación total tienen un efecto negativo sobre el poder calorífico del SynGas por lo que es fundamental controlar la cantidad de oxígeno que entra en el gasificador para minimizar estas reacciones de oxidación. Por el contrario, las reacciones de oxidación parcial contribuyen a alcanzar los valores de energía necesarios para las reacciones de gasificación.

El tercer tipo de reacciones son las de re-formación. Estas reacciones permiten el acoplamiento en nuevas moléculas. Por ejemplo, la reacción entre el carbono y el agua produce monóxido de carbono e hidrógeno; el carbono reacciona con el dióxido de carbono produciendo monóxido de carbono. Estas reacciones contribuyen a la formación de un gas energético y a la reducción de la presencia de compuestos oxidados que disminuyan el poder calorífico del SynGas.

Durante el proceso de gasificación se consideran unas condiciones optimizadas en los valores de "presión" y "temperatura". Estos dos factores afectan a la velocidad de las reacciones del monóxido de carbono y del hidrógeno.

En general, la gasificación ocurre entre los 4000 °C (Zona de Plasma) y los 1700 °C (Temperatura máxima de salida del SynGas). Este rango de temperaturas permite que las reacciones se lleven a cabo de forma muy rápida, minimizando el tamaño del gasificador. Permite además el uso de materiales que no tengan una resistencia térmica extremadamente alta, abaratando el precio de los materiales utilizados en el gasificador. Estas reacciones hacen posible que el reactor pueda operar a presión atmosférica, que



es otro de los factores importantes para disminuir los costes de construcción del gasificador.

El proceso SPGV para la recuperación de la energía contenida en el residuo es un proceso completamente controlado y estanco en lo referente a emisiones en cualquier fase intermedia del mismo, siendo la única descarga de gases de escape la que se produce el CTG, de esta forma no se produce ninguna emisión contaminante. Sin duda ese aspecto representa grandes ventajas respecto a los incineradores convencionales que generan (i) grandes cantidades de gases requiriendo sistemas de limpieza y filtrado muy caros; (ii) producen una gran cantidad de cenizas consideradas potencialmente peligrosas (volátiles) o perjudiciales (cenizas depositadas) lo que impone un post tratamiento muy caro tras la eliminación del residuo, como la solidificación, para poder cumplir con la legislación europea.

Los únicos dos productos resultantes de la gasificación mediante el proceso SPGV son:

El SynGas, que tienen un poder calorífico elevado, y se tratará y acondicionará para su uso en la producción eléctrica mediante procesos tecnológicos bien conocidos, establecidos y largamente probados.

El slag (basalto inerte) es totalmente inocuo, no tóxico y no lixiviable, como lo demuestran varios test realizados en diferentes laboratorios de prestigio internacional.

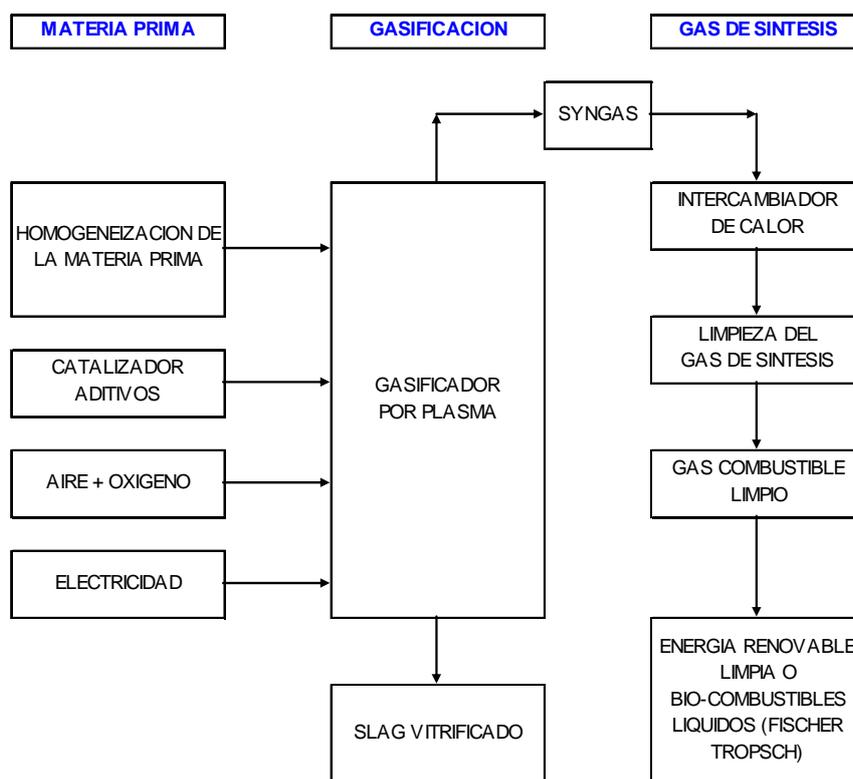
Debido al valor intrínseco contenido en los residuos, la práctica total de la energía es recuperada y todos los materiales inertes que se puedan obtener son completamente reciclables para futuros usos comerciales.

Cada instalación IPGCC está diseñada para el tratamiento mediante gasificación por plasma de gran variedad de materias primas, ya sean biomasa o residuos. El diseño conceptual de una instalación IPGCC contiene las zonas siguientes:

- 1) Área de recepción y preparación de residuos o biomasa: en el caso de residuos, dependiendo de sus características físico-químicas, el contenido de metal y vidrio es reciclado y el material restante es secado y/o embalado.
Opcionalmente, se puede incluir una línea dedicada exclusivamente a la recepción de residuos tóxicos o peligrosos, los cuales pueden ser enviados al reactor sin tratamiento previo para proteger a los trabajadores de cualquier posible contaminación o explosión.
- 2) Área de gasificación: uno o más reactores con sus antorchas de plasma y sus correspondientes sistemas auxiliares.
- 3) Sistema de tratamiento y limpieza del gas de síntesis
- 4) Área de producción de energía eléctrica: una turbina eléctrica en ciclo combinado (turbina de gas + turbina de vapor) produce la electricidad a partir del gas de síntesis de forma eficiente y rentable, con un rendimiento superior a cualquier incineradora u otro proceso de tratamiento térmico.

- 5) Área de Auxiliares: donde se encuentran todos los equipos necesarios para el buen funcionamiento de la instalación: laboratorios, oficinas, unidad de producción de oxígeno, etc.

Las instalaciones SPGV e IPGCC están diseñadas para funcionar una media de 8000 horas al año.



2.3 Características medioambientales

El proceso SPGV es inherentemente “más verde” que cualquier otra tecnología de combustión/incineración disponible en la actualidad en el mercado. Al ser un sistema completamente limpio, todos los posibles contaminantes son eliminados del SynGas generado en el proceso SPGV antes de que puedan dañar el equipamiento encargado de su combustión, es decir, la turbina de gas o la caldera de generación de vapor. Sin embargo no es necesario el tratamiento de los gases de escape producidos por el CTG ya que los niveles de SO_x , NO_x , mercurio, metales volátiles y partículas constituyen una fracción muy pequeña de la emisión que normalmente se produce en plantas de carbón o en incineradores. Consecuentemente, una instalación con el sistema SPGV requiere un esfuerzo significativamente menor para conseguir los niveles de emisión regulados y poder obtener los permisos medioambientales locales y gubernamentales.

En contraste con los incineradores Standard el proceso SPGV posibilita el reciclado y reutilización de los productos obtenidos. En incineradores normales los productos residuales como cenizas, sulfuros y lodos de depuración representan el mayor factor de coste en su manejo, post-tratamiento, transporte y eliminación final.



Cenizas

El gasificador del sistema SPGV no produce cenizas. Convierte todo el material inorgánico del residuo a gasificar en un basalto vítreo (slag). En contra de lo que ocurre en un sistema de combustión, las altas temperaturas alcanzadas por el plasma rompen todos los enlaces carbono-carbono. Los materiales inorgánicos que todavía perduran son vitrificados en el slag que se extrae del gasificador en forma de producto vítreo inerte y no lixiviable. Tanto la EPA (US Environmental Protection Agency) como la U.E clasifican este slag como inerte y por tanto se puede emplear como material de conducción. La EPA actualmente ya ha aprobado el uso del slag para multitud de aplicaciones como agregado para construcción de hormigones, como material para ser usado en la construcción de carreteras o como baldosas. Los metales pesados y peligrosos quedan inmovilizados dentro de la matriz vítrea por lo que el slag pasa fácilmente los test TCLP (Toxic Characteristic Leaching Procedure).

Partículas (PM)

El gasificador SPGV está diseñado para controlar la velocidad superficial del gas caliente y maximizar el tiempo del cracking térmico, asegurando de esta forma una cantidad mínima de PM u hollín/alquitrán en el SynGas. En cualquier caso y como medida de seguridad, cualquier PM es eliminada del SynGas por medio del uso de un ciclón u otro filtro para producir un SynGas completamente limpio de PM. No se requiere el aporte de ningún combustible secundario durante eliminación de PM en el proceso SPGV.

3. RESIDUOS A GASIFICAR Y RECUPERACIÓN ENERGÉTICA

Con la excepción de residuos radiactivos, el sistema SPGV puede tratar cualquier tipo de residuo incluyendo (pero no estando limitado) RSU (Residuo Sólido Urbano), residuos hospitalarios, residuos industriales tóxicos y peligrosos, disolventes químicos, metales pesados, cenizas, fibras de asbestos lodos de depuración, neumáticos usados, PCB, etc.

La energía se puede extraer de dos formas diferentes: de los compuestos orgánicos (hidrocarburos) del residuo, que quedarían sin reutilización utilizando las formas tradicionales de eliminación de residuos como la incineración y el depósito en vertederos. Los hidrocarburos sufren un proceso de pirolisis y el gas caliente producido se utiliza para generar una cantidad importante de energía eléctrica, que puede ser ampliada con la utilización de un sistema de ciclo combinado. Alternativamente el gas caliente se podría utilizar en diferentes sistemas para la obtención de vapor.

Los materiales inorgánicos del residuo como metales, rocas, vinilos, etc. son vitrificados por el sistema de arco de plasma en un slag inerte que puede ser utilizado como sustituto de agregados de cemento. El slag siempre es extraído de forma completamente segura sin que se produzca degradación alguna del medio ambiente. Otros usos posibles del slag pueden ser su utilización en la construcción de carreteras, usos cerámicos, ornamentos en jardinería, joyería, etc.



4. CONCLUSIONES

Desarrollada y patentada por Solena, la tecnología SPGV permite a una comunidad o industria realizar un programa de reciclado y producción de energía eléctrica renovable a partir de la fracción orgánica de los residuos, eliminando a la vez la necesidad de enviar los residuos al vertedero. Debido a la flexibilidad y robustez de la tecnología, ésta permite la posibilidad de tratar muy diversas fuentes de material orgánico desde biomasa hasta residuos industriales peligrosos y tóxicos, residuos hospitalarios e incluso neumáticos fuera de uso, manteniendo en todo momento un absoluto respeto por el medioambiente. El proceso IPGCC permite asimismo la creación de un sistema distribuido de generación eléctrica que ofrece a las comunidades o municipios la posibilidad de ser autosuficientes energéticamente y cumplir con los estándares y requisitos renovables y medioambientales de la Unión Europea.

Entre las ventajas asociadas a la utilización de la tecnología SPGV y del proceso SPGV, resaltan:

- 1) El proceso IPGCC ha demostrado ser altamente eficiente y viable económicamente, así como menos caro que cualquier otro proceso térmico, en especial la incineración;
- 2) El proceso IPGCC es respetuoso con el medioambiente ya que no produce ningún impacto sobre éste ni ocasiona ningún problema de seguridad o de salud pública. Al eliminar la necesidad de enviar los residuos a vertedero, se trata de un proceso que elimina los gases de efecto invernadero como el metano que se originan en los vertederos; y
- 3) La tecnología SPGV es muy robusta y flexible, siendo capaz de tratar cualquier tipo de residuo y convertirlo en una materia inocua para el hombre y el medioambiente. Además, la tecnología SPGV garantiza la total reutilización / reciclado de toda la materia orgánica mientras que la materia inorgánica se inertiza en forma de un basalto inerte que es tres veces menos lixiviable que el granito.

Por lo tanto, Solena ofrece una solución global y definitiva a los problemas causados por la generación de residuos sólidos urbanos o industriales y a la vez produce energía limpia y renovable de estos residuos.

La tecnología SPGV puede ser considerada como una oportunidad ya que representa:

- **El triunfo de las energías limpias y renovables producidas a partir de los residuos.** Esta energía renovable presenta beneficios para la comunidad de forma positiva y útil (i) produciendo electricidad limpia, sin contaminación o cenizas, y (ii) eliminando a su vez la necesidad de enviar los residuos al vertedero, aportando así una solución definitiva a los problemas de los residuos y de la energía sostenible.
- **El triunfo de los valores medioambientales:** (i) conversión de residuos sin valor en energía renovable; (ii) eliminación de vertederos que contaminan el aire y el agua; (iii) impacto ambiental nulo dado que elimina los residuos sin producir cenizas, dioxinas, furanos, o cualquier otro contaminante, al contrario que las incineradoras.



- **El triunfo de la inteligencia de los costes:** el proceso es seguro, limpio y rentable y maximiza la producción y venta de energía renovable, limitando la repercusión económica del tratamiento de residuos sobre las finanzas municipales o públicas.

La solución integrada representa un gran avance que responde a los desafíos planteados por el protocolo de Kyoto ya que no solamente se trata de una tecnología respetuosa con el medio ambiente y productora neta de energía limpia y renovable, sino que también es altamente eficiente en el tratamiento de cualquier tipo de residuo producido en las sociedades urbanas e industrializada.

La tecnología propuesta por Solena permite así a los legisladores o personas que han de tomar una decisión promover e implementar una tecnología totalmente nueva e innovadora, y respetuosa con el medioambiente para resolver los problemas asociados con la gestión de los residuos industriales y municipales.