



DOI:10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023(45)053-060

Potencial de la transformación de residuos sólidos urbanos en energía, a través del Sistema de Oxidación por Batch en Asunción, Paraguay

Potential of the transformation of urban solid waste into energy, through the Batch Oxidation System in Asunción, Paraguay

Daniel Ruiz Galli¹, Jazmín Suárez Pérez², José Báez³, Lidia Rosa Saldívar de Salinas⁴

¹Economista; Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Económicas; San Lorenzo, Paraguay; email: danielruiz.93@hotmail.com

²Estudiante de Economía; Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Económicas; San Lorenzo, Paraguay; email: jazminsuarez95@gmail.com

³Magíster en Macroeconomía Aplicada; Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Económicas; San Lorenzo, Paraguay; email: josba.eco@gmail.com

⁴Magíster en Gestión Ambiental; Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Económicas; San Lorenzo, Paraguay; email: lrssfceuna@gmail.com

Recibido: 23/2/2017; Aceptado: 23/2/2017

RESUMEN

Ante la problemática del excesivo volumen de residuos que se generan diariamente en la ciudad de Asunción y el mal estado de los vertederos creados para el efecto, se evaluaron alternativas de utilización de estos desechos, estudiando las experiencias en otros países con una problemática similar. Para el estudio se utilizó el enfoque cualitativo, a nivel descriptivo y, una vez asegurado el problema de estudio, se dio inicio a una investigación documental-bibliográfica a tipo exploratorio. Como técnica de recolección de información, se utilizó la revisión documental, recurriendo a periódicos e Internet, así como también, bibliotecas digitales, utilizando bases de datos, tales como CICC0 y SCIELO, se enfocaron los temas a abordar y surgió el problema a estudiar. Uno de los documentos clave, en los cuales se basó la investigación, fue “Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía”, publicado en el año 2012 por Diego Moratorio, Ignacio Rocco y Marcelo Castelli, en el cual se analizó la situación energética en Uruguay, mediante la implementación de distintas alternativas para generar energía con residuos, centrándose en una en particular, el Sistema de Oxidación por Batch. De esta investigación, se utilizó una fórmula matemática para calcular la capacidad de energía, que podría ser generada a partir de una cierta cantidad de residuos, la misma se adaptó a la cantidad estimada de basura producida en la ciudad de Asunción en el periodo 2016. Sin embargo, cabe resaltar que la investigación no profundizó en el modo de operación de la maquinaria, sino en lo que se podría lograr con su utilización. Se observó que en Asunción existe un potencial importante en términos de capacidad energética, a través de este sistema, más de 500 hogares de la capital del país podrían hacer uso de la energía generada a partir de residuos. Asunción podría empezar su camino hacia la sostenibilidad, teniendo en cuenta el cuidado del recurso más valioso: la naturaleza.

Palabras clave: Paraguay, Residuo Sólido Urbano, Energía, Sistema de Oxidación por Batch

ABSTRACT

In view of the excessive volume of waste generated daily in the city of Asunción and the poor state of the landfills created for this purpose, alternatives for the use of these wastes were evaluated, studying the experiences in other countries with a similar problem. For the study, the qualitative approach was used, at a descriptive level and, once the problem of study was assured, a documentary-bibliographic research was started at an exploratory type. As a data collection technique, the documentary review was used, using newspapers and the Internet, as well as digital libraries, using databases such as CICC0 and SCIELO, focusing on the issues to be addressed and the problem to be studied. One of the key documents, on which the research was based, was "Conversion of Urban Solid Waste into Energy", published in 2012 by Diego Moratorio, Ignacio Rocco and Marcelo Castelli, in which the energy situation in Uruguay was analyzed, Through the implementation of different alternatives to generate energy with residues, focusing on one in particular, the Batch Oxidation System. From this research, we used a mathematical formula to calculate the energy capacity, which could be generated from a certain amount of waste, it was adapted to the estimated amount of garbage produced in the city of Asunción in the period 2016. However, it should be emphasized that the investigation did not go much deeper into the mode of operation of the machinery, but in what could be achieved with its use. It was observed that in Asunción there is an important potential in terms of energy capacity, through this system, more than 500 households in the country's capital could make use of the energy generated from waste. Asunción could begin its path towards sustainability, taking into account the care of the most valuable resource: nature.

Key words: Paraguay, Urban Solid Waste, Energy, Batch Oxidation System

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, cualquier actividad de producción o consumo produce residuos; ya sea una gran empresa productora de un bien determinado o un simple individuo realizando una compra. La disposición de la basura debería de constituir uno de los temas más importantes para todo país, a causa de que las personas, en su trajinar diario, están produciéndola constantemente, sin medir los efectos que ésta puede tener para la sociedad.

Con el crecimiento de la población, crece también el volumen de residuos diarios generados por persona. De acuerdo a datos obtenidos del informe realizado por Tavares et al. (2004), "La tasa promedio de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en Paraguay es de alrededor de 1,2 kg/persona/día, variando entre 0,5 y 1,5 kg/persona/día. En el Departamento Central se estima que actualmente se está generando alrededor de 2.000 tn/día en las poblaciones urbanas".

Asunción genera actualmente una mayor cantidad de residuos. De las 700 toneladas por día, que producía anteriormente, ahora llega a 900 toneladas por día, de acuerdo a datos proporcionados por el ingeniero Omar Mendieta, director de Aseo Urbano de la Comuna Capitalina. La recolección domiciliaria se efectúa en 123 zonas de la capital y de las 139.049 cuentas corrientes catastrales registradas en el municipio de Asunción, 129.561 unidades tienen cobertura de recolección de basura. Es decir, el 93,1% de las viviendas reciben el servicio. En promedio, cada persona genera un volumen de 1,25 kg por día de basura, lo que provoca que, al año, el volumen alcance 456,7 kg, en términos per cápita, según informe elaborado por técnicos de la Comuna.

El qué hacer con este gran volumen de residuos constituye un problema, que sin duda merece atención, puesto que, al no tomar medidas adecuadas, los números mencionados anteriormente podrían ir aumentando con el paso del tiempo ya que un gran porcentaje de la población paraguaya no tiene la cultura de reciclaje o re-utilización.

Un análisis del Gobierno de la República del Paraguay (2011), refiere que con relación al caso específico del manejo de los residuos sólidos en el Paraguay, este difícil panorama, unido a una distribución poco uniforme de la población, escasa planificación y seguimiento en la ocupación del espacio, el crecimiento acelerado de las poblaciones urbanas, así como las características geográficas de las regiones que conforman el país, convierten el problema sanitario, social y económico asociado al manejo de residuos sólidos en un reto difícil de superar. En las grandes ciudades, la complejidad del problema está asociada a las dificultades de extender la cobertura del servicio a los sectores marginales periurbanos, así como a la ubicación de sitios para la disposición de los desechos.

Esto se agrava por la baja capacidad técnica y económica presente en el país para desarrollar opciones de manejo, adaptadas a la realidad geográfica y social.

Conforme a lo expuesto por Lovera (2015), no hay ningún vertedero de residuos en Paraguay que cuente con los requerimientos técnicos necesarios y la situación no está tomando un curso alentador, debido a que los cálculos para una óptima sustentabilidad no prosiguen un rumbo adecuado.

En cuanto a lo que se refiere al medio ambiente, se observa que la falta de planificación y gestión del mismo causan numerosos problemas relacionados al manejo ineficiente de los residuos sólidos urbanos. La comunidad, cuyo papel es protagónico en este aspecto, persiste en hábitos comunes como los de quemar la basura o arrojarlas a cualquier sitio debido a que no poseen una visión a largo plazo (Tavares et al., 2004).

Día a día, el volumen de los residuos va aumentando a tasas preocupantes, deteriorando el medio ambiente y provocando consecuencias negativas para la sociedad. Incluso los desechos que terminan en los vertederos son dañinos en cierta manera ya que debido al proceso de descomposición generan gases tóxicos que pueden agravar el efecto invernadero y el cambio climático global, razón por la cual, surge la necesidad de utilizar tecnologías amigables con el medio ambiente, que permitan satisfacer a la población al mismo tiempo que se minimizan los costos ambientales. Ante esta necesidad, existen varios mecanismos capaces de transformar residuos en energía, tal como lo es el Sistema de Oxidación por Batch, que consiste en una tecnología que permite transformar residuos en energía térmica y eléctrica, a través procesos físicos y químicos.

Varias ciudades de Colombia sufren de contaminación y mal cuidado del medio ambiente, debido al incorrecto manejo de sus rellenos sanitarios, y como la mayoría de ellas no tienen solución y existe dificultad para la disposición de nuevos sitios para los residuos. La Superintendencia de Servicios Públicos se encuentra en la búsqueda de una solución factible (Pérez et al., 2010).

A través de la utilización de mecanismos de transformación de residuos se podría producir casi el 30% de los requerimientos de energía del estado de Morelos, México. Mediante la producción de energía limpia se podrían reducir los efectos negativos hacia el medio ambiente (Flores et al., 2008).

Según la Agencia Nacional de Energía (ANEEL, 2005), la energía, en sus más diversas formas, es indispensable para la sobrevivencia humana, ya que además de sobrevivir, el hombre busca

maneras de evolucionar, utilizando los recursos de manera eficiente para solucionar el problema de la escasez, es por eso, que se están implementando técnicas de transformación de residuos en energía.

“La sostenibilidad de las organizaciones socioeconómicas en un nivel agregado depende fundamentalmente de tres dimensiones: la ambiental, la social y la económica” (Feitó et al., 2016).

Según Borja (2013), la capacidad del vertedero Cateura, ubicado en Asunción, llegará a su tope para el año 2016, razón por la cual se están buscando soluciones alternativas para el problema de la basura en la ciudad.

En el corriente año, la ciudad de Asunción rompió su propio récord en la recolección de residuos, llegando a casi 1300 toneladas de desechos en un día.

Torres (2016) expresó que alrededor de unos 300.000 kilos de basura no pueden ser depositados en el vertedero Cateura, debido a que la capacidad es insuficiente y está al borde del colapso.

Está visto que el manejo de los residuos es un problema que afecta a varios países. De esto surgió el deseo de utilizar los recursos eficientemente y, para ello, fue necesario considerar a los desechos como un recurso más. Puntualmente en la ciudad de Asunción, esta problemática se viene agravando a consecuencia del aumento en los volúmenes de residuos diarios y la falta de acción de las autoridades en relación al caso.

Para este trabajo se fijó como objetivo general determinar el potencial de la utilización de residuos sólidos urbanos para la producción de energía en la ciudad de Asunción-Paraguay, utilizando el Sistema de Oxidación por Batch en el 2016. Como objetivos específicos se trazó lo siguiente: identificar la manera en que la tecnología Oxidación Batch permita la transformación de desechos en energía eléctrica, determinar un método para el cálculo del potencial de transformación de desechos sólidos en energía eléctrica y Estimar la capacidad o potencial de transformación de residuos sólidos a energía eléctrica en la ciudad de Asunción para el 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en la ciudad de Asunción-Paraguay en el 2016, debido a la problemática existente en dicha zona, en cuanto a la administración de los residuos municipales. Para el estudio se utilizó el enfoque cualitativo, fue de nivel descriptivo, luego se dio inicio a una investigación documental-bibliográfica a tipo exploratorio.

Como técnica de recolección de información, se utilizó la revisión documental, recurriendo a periódicos e Internet, así como también, bibliotecas digitales, utilizando bases de datos, tales como CICCIO y SCIELO, se enfocaron los temas a abordar y surgió el problema a estudiar.

Uno de los documentos clave, en los cuales se basó la investigación, fue “Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía”, publicado en el año 2012 por Diego Moratorio, Ignacio Rocco y Marcelo Castelli, en el cual se analizó la situación energética en Uruguay, mediante la implementación de distintas alternativas para generar energía con residuos, centrándose en una en particular, el Sistema de Oxidación por Batch, el cual consiste en una tecnología, que permite transformar residuos en energía térmica y eléctrica, a través de procesos físicos y químicos. De esta investigación, se utilizó una fórmula matemática para calcular la capacidad de energía, que podría ser generada a partir de una cierta cantidad de residuos, la misma se adaptó a la cantidad estimada de basura producida en la ciudad de Asunción en el periodo 2016.

Utilizando el ejemplo presentado en la mencionada investigación, teniendo en cuenta un poder calorífico de 9,25 megajoules/kilogramos de residuos sólidos y X toneladas de residuos sólidos, el potencial de energía sería el siguiente, considerando que 50% de la energía química puede convertirse en energía térmica, un 30% en energía eléctrica y el 20% restante se pierde, por lo tanto, si la maquinaria tiene un funcionamiento uniforme durante todo un día, lo cual sería 86.400 segundos, tendríamos una generación de Y MW de los distintos tipos de energía, en relación a las toneladas diarias de residuos:

$$X \text{ kg} / \text{ día} * 9,25 \text{ MJ} / \text{ kg} * 1 \text{ día} / 86.400 \text{ segundos} * 0,50 = Y \text{ MW} \text{ térmicos} / \text{ ton diaria} \quad (1.1)$$

$$X \text{ kg} / \text{ día} * 9,25 \text{ MJ} / \text{ kg} * 1 \text{ día} / 86.400 \text{ segundos} * 0,30 = Y \text{ MW} \text{ eléctricos} / \text{ ton diaria} \quad (1.2)$$

$$X \text{ kg} / \text{ día} * 9,25 \text{ MJ} / \text{ kg} * 1 \text{ día} / 86.400 \text{ segundos} * 0,20 = Y \text{ MW} \text{ pérdidas} / \text{ ton diaria} \quad (1.3)$$

Al momento de desarrollar la hipótesis y los antecedentes, se utilizó el método deductivo, debido a que el problema global era la transformación de residuos sólidos urbanos en energía, y luego de una lectura acerca de los distintos métodos, se fue descomponiendo en diversos temas, para llegar a determinar la capacidad potencial que esto tendría en la ciudad de Asunción, utilizando concretamente el Sistema de Oxidación por Batch.

Así también, se recurrió a la búsqueda de informaciones proveídas por instituciones públicas, como la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC), la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), y así también sitios web para informaciones varias. A través del sitio web de la ANDE, se realizó el cálculo del consumo de un hogar promedio, para luego determinar a cuántos hogares podría satisfacer, en términos de energía eléctrica, el Sistema de Oxidación por Batch. La recolección de basura domiciliaria en el municipio de Asunción, alrededor de 128.897 de usuarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo relativo a la población de la ciudad Asunción, la cual, según datos proveídos por DGEEC, la misma cuenta con una población de 515.587 habitantes (DGEEC, 2012), la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), en lo concerniente a la generación energética en la ciudad, según “*Datos comerciales e informe de gestión 2013-2014*” (ANDE, 2014) cuenta con 338.908 usuarios activos. De esta manera, acorde con lo investigado, existen 515.587 habitantes en la ciudad de Asunción, con un promedio de 4 personas por hogar. Entonces, alrededor de 128.897, de los 338.908 usuarios de la ANDE son hogares, es decir, la relación entre la cantidad total de habitantes y el número de personas por hogar. A través del sitio web de la ANDE se realizó el cálculo del consumo de un hogar promedio, para luego determinar a cuántos hogares podría satisfacer, en términos de energía eléctrica, el Sistema de Oxidación por Batch.

Para una ciudad como Asunción, con una generación de residuos sólidos del orden de 900 ton/día, se tendría un potencial de generación de:

$$900000\text{kg/día} * 9,25\text{MJ/kg} * 1\text{día} / 86.400\text{segundos} * 0,50 = 48,18\text{MWtérmicos/tondiaria}$$

(2.1)

$$900000\text{kg/día} * 9,25\text{MJ/kg} * 1\text{día} / 86.400\text{segundos} * 0,30 = 28,91\text{MWeléctricos/tondiaria}$$

(2.2)

$$900000\text{kg/día} * 9,25\text{MJ/kg} * 1\text{día} / 86.400\text{segundos} * 0,20 = 19,27\text{MWpérdidas/tondiaria}$$

(2.3)

El cálculo de interés en este caso fue el de la producción de energía eléctrica, es decir, 28,91 MW eléctricos/ton diarias considerando que la planta funcione las 24 horas.

Por otro lado, según datos de la Encuesta Permanente de Hogares (DGEEC, 2014), la determinación del consumo de energía de un hogar promedio en la ciudad de Asunción, que hace uso de los electrodomésticos detallados a continuación, arroja el resultado de 41.260 watts diarios, lo que serían 0,041260 mega watts, a lo que se debe pagar Gs 452.354 al mes (Tabla 1).

Tabla 1. Cálculo de consumo de energía de un hogar promedio en Asunción para el año 2016.

Electrodoméstico	Consumo por hora	Cantidad	Horas	Consumo por día
Aire Acondicionado Frío	1500 w/h	2	4	12000 w/d
Cargador de Celular	10 w/h	4	6	240 w/d
Computadora	200 w/h	1	4	800 w/d
Fluorescente	40 w/h	10	10	4000 w/d
Foco bajo consumo	24 w/h	3	10	720 w/d
Foco Común	100 w/h	2	10	2000 w/d
Heladera	400 w/h	1	24	9600 w/d
Lavarropa	1000 w/h	1	1	1000 w/d
Plancha	1000 w/h	1	1	1000 w/d
Ventilador de Techo	80 w/h	5	10	4000 w/d
Ducha Eléctrica	5000 w/h	1	1	5000 w/d
Televisor	150 w/h	1	6	900 w/d
TOTAL	9504 w/h			41260 w/d

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la Encuesta Permanente de Hogares 2014 y a través de la aplicación de cálculo de tarifa de la Administración Nacional de Electricidad.

Utilizando el Sistema de Oxidación por Batch en Asunción, se halló el cociente de 28,91/0,055694, lo cual nos da 519, que es la cantidad de hogares que podrían aprovechar diariamente la energía generada a partir de los residuos sólidos de la ciudad.

Si consideramos la tarifa de la ANDE y traducimos esa energía en dinero, es decir 519 hogares que paguen mensualmente Gs. 610.601, tenemos que los ingresos brutos por mes en concepto de energía, utilizando este sistema, serían de Gs. 316.901.919.

De acuerdo a una descripción de Waste to Energy Canada Inc. (2011), las ventajas que presenta la utilización de este método son varias, a continuación, se citan una serie de ellas:

- Es una tecnología comprobada con plantas de gran escala comercial que operan actualmente.

- Es auto sostenible, la reacción exotérmica no quema los residuos directamente como se hace en la incineración, sino que primero convierte los residuos en calor, gas sintético, el cual es quemado de forma limpia y eficiente.
- Es técnicamente más simple que otras tecnologías para tratamiento de residuos.
- Puede procesar todos los tipos de residuos sin la necesidad de que estos reciban un tratamiento previo.

CONCLUSIONES

Lo que se esperaba con esta investigación era poder observar la capacidad, en términos de energía, de un método determinado que permita la transformación de los residuos en algo útil para la sociedad como lo es la energía misma. Las consecuencias ambientales generadas por la falta de tratamiento de los vertederos, se agravan con el paso del tiempo. El método de oxidación por Batch brindó una alternativa eficiente para poder solucionar de manera parcial la problemática de la disposición de los desechos. La investigación se enfocó en la capacidad potencial de implementación de una tecnología amigable, como la mencionada anteriormente. Esta alternativa en una posible aplicación se podría utilizar en la ciudad de Asunción, sin embargo, en el estudio presente no se analizaron las implicaciones técnicas de la misma, solamente su capacidad de generación de energía a nivel residencial, en donde más de 500 familias podrían abastecerse de esta fuente de energía.

Sin dudas, implementar un sistema como el analizado no es tan sencillo en la práctica. Se deberían tener en cuenta muchos más aspectos de los que fueron analizados en esta investigación, como la localización y el tamaño de la planta, así también, los costos de la misma, que en términos monetarios solo sería rentable si los mismos son inferiores a los ingresos. Sin embargo, mirando desde la óptica ambiental y de la sostenibilidad, en caso de que en términos monetarios el proyecto no sea rentable, pero este sistema produzca energía limpia y amigable con el medio ambiente y solucione en una medida importante el problema de la gran cantidad de residuos que ya rebasan los límites de los vertederos disponibles, debería ser considerado igualmente. Otro punto a atender son los fondos para la inversión, tanto la cantidad como el origen de los mismos, es decir, si tendría una financiación pública, privada o mixta.

A la hora de realizar los cálculos, no se tuvo en cuenta la capacidad de la planta, es decir, cuál es el límite de residuos que se pueden procesar diariamente, asumiendo que el tamaño de la misma se adaptaría a las necesidades, con respecto al volumen de desechos que se desean tratar.

La transformación de residuos en energía, a través de este sistema, es utilizado en distintos países de Europa, Estados Unidos y el Caribe. Según Aharonian (2016), en un artículo para el sitio web "Sustainable Capital Advisors", esta maquinaria, que transforma residuos en energía, resuelve dos de los mayores retos de los países: reduce las montañas de desperdicios de los vertederos y ofrece un recurso energético con una menor cantidad de emisiones que los aceites fósiles. Señaló también que, en Estados Unidos, una planta común que utiliza el sistema de Oxidación por Batch puede generar 500 a 600 kWh de energía por tonelada de residuos, el equivalente a 2 semanas de consumo de energía en un hogar promedio, y comentó que varias plantas están en desarrollo en el Caribe; en Puerto Rico, Bahamas, Barbados, entre otros.

En el caso de Uruguay, a través del proyecto que fue planteado para la ciudad de Paysandú, con unas 60 toneladas de residuos diarios, se concluyó que las plantas WTE son una alternativa compatible con el medio ambiente y así también proporciona a los residuos una cualidad ventajosa, a diferencia de lo que se veía hasta hace unos años.

Es muy reducido el número de personas que se da cuenta de la gran cantidad de energía que contienen los residuos que desechan diariamente. Utilizando este sistema, no solo se soluciona el gran problema de la sobreproducción de residuos y la contaminación, sino que también se genera energía compatible con el medio ambiente.

En Paraguay, no está muy desarrollada la cultura del reciclaje, las personas aún no tienen una visión a largo plazo en cuanto a la reutilización de la basura (Tavares et al., 2004).

A través de este estudio, se pudo observar que existen alternativas a la hora de decidir qué hacer con los desechos; no solo deshacernos de los mismos, sino utilizarlos para beneficio propio de la sociedad y al mismo tiempo del medio ambiente, ya que solo a través de la utilización de tecnologías que produzcan energía limpia, como fue comprobado en otros países donde se implementaron métodos similares, la ciudad de Asunción podría empezar su camino hacia la sostenibilidad teniendo en cuenta el cuidado del recurso más valioso, la naturaleza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración Nacional de Electricidad. (ANDE) (2014). *Datos comerciales e informe de gestión 2013-2014*. Asunción, Paraguay.

Agencia Nacional de Energía. (ANEEL). (2005). *Atlas de energía eléctrica do Brasil*. Brasilia, Brasil.

Borja, F. (2013). *Trabajar con la basura en Asunción*. ABC Color, Nacionales.

Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. (DGEEC). (2014). *Encuesta Permanente de Hogares 2014*. Fernando de la Mora, Paraguay.

Feitó C., Cespón, R., & Rubio, M. (2016). *Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos*. *Ingeniare*. Revista chilena de ingeniería.

Flores, R., Muñoz-Ledo, R., Flores, B., & Cano, K. (2008). *Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio*. *Revista mexicana de ingeniería química*. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx>

Gobierno de la República del Paraguay. (2011). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Paraguay*. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, división de Salud y Ambiente. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org>

Lovera, M. (2015). *¿Qué se hace con la basura?* Recuperado de www.paraguay.com

Moratorio, D., Rocco, I., & Castelli, M.. (2012). *Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía*. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, 10, 115 - 126.

Pérez, M., Valencia, J., Rubiano, J., Feo, D., & Cuellar, E. (2010). *Energía de la basura*.

Tavares, S., Lima Morra, R., & Merlo, M. (2004). *Evaluación del manejo de los residuos sólidos municipales en el Paraguay*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org>

Waste to Energy Canada Inc. (WTEC). (2011). *Batch Oxidation System*. Recuperado de <http://www.wtecanada.com>