

Alternativa para aumentar la entrega de energía eléctrica en el central azucarero “Antonio Sánchez”

Alternative to increase the electric power delivery in “Antonio Sánchez” sugar factory

Serguei Menes Alomá¹, Víctor González Morales^{2*}, Jorge Leiva Mas², Lázaro Juan Vilches Ferreiro¹ y Abel Hernández Sardiñas¹

¹ AZCUBA Cienfuegos

² Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas;

*e-mail de correspondencia: victorgm@uclv.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se realizó un estudio técnico-económico para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa agroindustrial y forestal en el central Antonio Sánchez del municipio Aguada de Pasajeros, Cienfuegos. Se realizó un diagnóstico técnico de la instalación existente lo que permitió determinar los puntos débiles del proceso. Se determinaron los consumos de vapor y la capacidad de generación de energía eléctrica en las condiciones existentes para conocer la cantidad de electricidad entregada al Sistema Electro energético Nacional. Se efectuaron los balances de masa y energía considerando una inversión inicial para montar un turbo de extracción-condensación y una caldera de alta presión, planteándose dos variantes principales: Una empleando como combustible el bagazo del propio central y una cantidad adicional de otro central tributario así como los Residuos Agrícolas Cañeros y otra variante en la que se añade biomasa forestal como combustible para la generación de electricidad. En la evaluación económica de ambas variantes se dan las evidencias de que la mejor alternativa es generar aprovechando todos los residuos.

Palabras Clave: Generación energía eléctrica, residuos agrícolas cañeros, biomasa forestal

Copyright © 2013. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

Abstract

Presently work was carried out a technician-economic study for the electric power generation starting from agro industrial and forest biomass in the central Antonio Sánchez of the municipality Aguada de Pasajeros, Cienfuegos. It was carried out an I diagnose technician of the existent installation what allowed to determine the weak points of the process. The consumptions of vapor and the capacity of electric power generation were determined under the existent conditions to know the quantity of electricity given to the System National energy. The balances of mass and energy were made considering an initial investment to mount an I upset of extraction-condensation and a boiler of high pressure, thinking about two main variants: One using as fuel the trash of the own power station and a tributary additional quantity of another central one as well as the Agricultural Residuals Cañeros and another variant in which one adds forest biomass as fuel for the electricity generation. It was carried out the economic evaluation of both variants and the evidences are given that the best alternative is to generate taking advantage of all the residuals.

Comentario [YAC1]: Revisar inglés

Key words: Generation electric power, residuals agricultural cane, forest biomass.

Introducción

Uno de los grandes problemas que la comunidad internacional debe resolver es la disminución del consumo de combustibles fósiles, debido al agotamiento inevitable de las reservas y para reducir las emisiones de los gases contaminantes y de efecto invernadero. Una de las nuevas fuentes de energía renovable es la obtenida a partir de la biomasa pues esta constituye un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono al producir emisiones de CO₂ que proceden de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, por tanto no alteran el equilibrio (Torres, J. 2007). En Cuba existe un elevado potencial de Fuentes de biomasa provenientes de la agroindustria azucarera y forestal. El bagazo de caña de azúcar constituye uno de los principales recursos cuyo aprovechamiento integral y eficiente ofrece nuevas perspectivas para el desarrollo del país, este constituye la principal fuente de biomasa, aunque también existen otras fuentes representadas por recursos forestales. En el Central Antonio Sánchez perteneciente a la provincia Cienfuegos es posible aumentar la generación de energía eléctrica de forma segura y estable, empleando la biomasa que brinda la agroindustria azucarera y forestal como fuente de energía renovable mediante la instalación de una tecnología apropiada.

El objetivo general: Estudiar la factibilidad técnica y económica de la generación de energía eléctrica en el central Antonio Sánchez empleando la biomasa de la agroindustria y la forestal.

Los objetivos específicos del estudio son: 1.- Proponer la tecnología a instalar en la planta. 2.- Analizar y seleccionar las fuentes de biomasa más adecuada para el proceso y 3.- Analizar la factibilidad técnica-económica.

Desarrollo

Ventajas del uso de la biomasa.

La utilización de la biomasa con fines energéticos tiene las siguientes ventajas medioambientales:

1.- Disminución de las emisiones de CO₂: aunque sea necesario proceder a una combustión, se puede considerar que es la misma cantidad que fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, que no supone un incremento de este gas a la atmósfera. 2.- No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas. 3.- Si se utilizan residuos de otras actividades como biomasa; esto se traduce en un reciclaje y disminución de residuos. 4.- Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. 5.- Introducción de cultivos de gran valor rotacional frente a monocultivos cerealistas. 6.- Puede provocar un aumento económico en el medio rural. 7.- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

Desventajas del uso de la biomasa:

1.- Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa, 2.- Producción estacional, 3.- La materia prima es de baja densidad energética y 4.- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización, Todas tienen soluciones técnicas viables, <http://educasitios2008.educ.ar/aula156/biomasa/>

Agroindustria Azucarera: principal fuente de biomasa en Cuba.

En Cuba la principal fuente de energía renovable es la biomasa proveniente de la agroindustria azucarera, pues la caña de azúcar además de ser uno de los principales cultivos del país, es el captador vivo más eficiente de la energía solar por lo que se van a determinar altos rendimientos agrícolas que se pueden obtener como cultivo anual, (Curbelo, 2008).

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa. Tomando en cuenta sólo el bagazo y la paja, en los cañaverales se almacena alrededor del equivalente a una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar que pueda producirse. La biomasa aprovechable energéticamente es el bagazo y los residuos agrícolas cañeros (RAC). El bagazo representa el 30% de los tallos verdes molidos y es el residuo fibroso de este proceso, se obtiene con un 50% de humedad, esto significa que por cada hectárea cosechada es posible obtener anualmente 13,5 t de bagazo equivalentes a 2,7 tce (toneladas de combustible equivalentes 37.5 MJ/kg). El uso de los RAC como combustible depende ante todo de la posibilidad de su recolección. Como promedio es posible recolectar 3,75 t de RAC por hectárea de caña cosechada equivalentes a 0,62 tce (toneladas de combustible equivalentes 37.5 MJ/kg) (Reyes, 2003).

La mayor parte del bagazo producido en la industria azucarera es utilizado para generar el vapor requerido para los procesos de la fabricación de azúcar, con este

propósito es utilizado cerca del 92% del bagazo generado en la fábrica de azúcar. En las condiciones de Cuba, para producir 1 tonelada de azúcar es necesario moler unas 8,5 a 9 toneladas de caña las cuales producen unas 2,2 a 2,5 toneladas de bagazo, con una humedad que oscila entre 48 y el 50 % y una cantidad considerable de residuos agrícolas cañeros (RAC).

El aprovechamiento energético del bagazo, en una zafra permite obtener el equivalente de 400 kg de fuel oil por cada tonelada de azúcar producida. http://www.ecured.cu/index.php/Biomasa_

Caracterización del bagazo como combustible

El bagazo ha sido utilizado históricamente como combustible en la industria azucarera, y aun cuando su valor calórico es relativamente bajo (1 850 Kcal/kg) (Curbelo, 2008), al ser comparado con otros combustibles fósiles tradicionales, no hay duda de que constituye un valioso potencial energético, sobre todo, para aquellos países que no tienen disponibilidades significativas de combustible, y a la vez son grandes productores de azúcar de caña.

Caracterización de los RAC como combustible.

Los residuos agrícolas cañeros (RAC) han cobrado en los últimos años un gran interés como material combustible para los centrales azucareros, también han servido para suplir déficit energéticos en los centrales producto de inestabilidades en la molienda. Adicionalmente constituyen un extraordinario potencial para la generación de electricidad en los propios ingenios. Los RAC constituyen un combustible renovable cada año y su potencial - obteniéndolos en centros de acopio y limpieza - es equivalente a 0,12 millones de toneladas de combustible convencional, por cada millón de toneladas de azúcar crudo que se produzca (Valdés, 2009).

Otras fuentes de biomasa.

Existen otras fuentes que tienen importancia en el orden local o que su aprovechamiento resulta conveniente desde el punto de vista medio ambiental. Este es el caso de los bosques naturales y las plantaciones energéticas en desarrollo o sea la explotación forestal. El valor calórico neto VCN de la celulosa es más o menos constante y cercano a 4 250 Kcal/Kg. Sin embargo, el agua que contiene las diferentes maderas varía de acuerdo considerablemente de acuerdo con la especie y el tiempo que ha pasado después de cortadas. Pueden tomarse: Leña común, moderadamente seca: VCN 2 500 Kcal/kg y Casuarina: moderadamente seca: VCN 3 250 Kcal/kg (Espinosa, 1990).

Valoración de posibles escenarios futuros.

Han sido propuestas dos alternativas para el incremento en la generación de energía eléctrica, para esto se requiere de algunos cambios tecnológicos, en el área de generación eléctrica se propone cambiar el turbogenerador de contrapresión existente

por un turbogenerador de extracción-condensación de 15 MW y en el área de generación de vapor se propone cambiar las calderas existente por una caldera de alta presión, a continuación se explican dos variantes.

Variante 1.- Se considera la generación de electricidad por períodos, primeramente se generará electricidad normalmente en época de zafra usando el bagazo del proceso azucarero, al finalizar la zafra se continuará generando electricidad con el bagazo sobrante de la zafra, posteriormente se generará con bagazo sobrante de la zafra de un central tributario y por último se continuará la generación con los residuos agrícolas cañeros (RAC) recuperados en los centros de limpieza.

Variante 2.- Se agrega a la variante 1 que al final se continuará la generación eléctrica durante un período de tiempo usando como combustible la biomasa forestal acopiada durante el período seco de zonas cercanas al central. En el territorio cercano existen 9354,81 ha de tierras ociosas de las cuales el 83 % está cubierto malezas que se estima alrededor de 37 toneladas de biomasa por cada hectárea. Se podrá disponer de forma inmediata, del 62 % de estas, 4813,98 ha. Se considera en esta variante lo requerido para que el sistema trabaje durante 335 días al año, y se garantiza un mes para mantenimiento. Las biomásas obtenidas directamente del proceso agroindustrial azucarero garantizan una operación de sistema de 212 días en total, se requiere operar con la biomasa forestal durante 123 días, son necesarias 108 546, 84 t de biomasa.

Se realizaron los balances de materiales y energía utilizando los procedimientos recomendados por (Espinosa, 2012), (Kern, D. Q. 1999), (Hugot, E. 1980) y (Pérez de Alejo, H., 2009).

Resultados y discusión

Tabla 1. Resumen de la primera variante

<i>Origen de la biomasa utilizada</i>	<i>No de Días</i>	<i>Electricidad Generada (kW-h)</i>	<i>Electricidad Consumida (kW-h)</i>	<i>Electricidad Entregada (kW-h)</i>
Durante la zafra	129,00	46 440 000,00	16 429 419.36	30 010 580.64
Bagazo Sobrante durante la zafra	4,29	1 544 400,00	131 274,00	1 413 126,00
Bagazo Sobrante central tributario	46,87	16 873 200,00	1 434 222,00	15 438 978,00
RAC	32,03	11 530 800,00	980 118,00	10 550 682,00
Total	212,19	76 388 400,00	18 975 033,36	57 413 366,64

Tabla 2. Resumen de la segunda variante

Biomasa forestal	122,81	44 211 600,00	3 757 986,00	40 453 614,00
Total	335,00	120 600 000,00	22 733 019,36	97 866 980,64

Durante la variante dos se logra generar durante otros 122,81 días generando durante los mismos 44 211 600,00 (kW-h) y entregando al SEN 40 453 614,00 (kW-h) lo cual representa el 41,3 % del total entregado.

Tabla 3. Indicadores de rentabilidad para la Segunda Variante (*Peters, M. 1991*)

<i>Variante II.</i> <i>Casos de estudio</i>	<i>Precios electricidad</i> <i>(\$/kW-h)</i>	<i>Costo de inversión total</i> <i>(\$)</i>	<i>Costos de producción</i> <i>(\$/año)</i>	<i>Valor actual neto VAN</i> <i>(\$)</i>	<i>TIR</i> <i>(%)</i>	<i>PRD</i> <i>(años)</i>
II(A2)	0,12	32 407 500,00	5 596 068,34	19 590 949,62	22	6,5
II(A3)	0,15			40 636 707,88	31	4,2
II(A4)	0,20			75 712 971,63	45	2,8

Para los casos analizados del II(A2) al II(A4) se observa como al aumentar el precio de venta de la electricidad desde 0,12 a 0,20 \$/kW-h se logra recuperar la inversión en un máximo de 6,5 años, ratificando que para realizar la inversión deben analizarse los factores que influyen en la rentabilidad económica de las variantes propuestas, se ha sugerido por AZCUBA un precio de 0,15 \$/kW-h hasta recuperar la inversión y después bajar el precio a lo establecido por la Unión Eléctrica.

Conclusiones

1. Para aumentar la eficiencia energética en el central Antonio Sánchez se requiere la instalación de una caldera de alta presión y de un turbogenerador de extracción condensación.
2. Las fuentes de biomasa que garantizan una inversión atractiva son: El bagazo producido por el central, el bagazo de un central tributario, los RAC y la biomasa forestal disponible.
3. La variante 2, con 335 días de operación al año resulta la más viable desde el punto de vista técnico y económico, esta evaluación ha sido conservadora ya que solo por consumo de petróleo a la Unión eléctrica le cuesta 0,24 USD/kW-h.

Recomendaciones

1. Se recomienda al Central Antonio Sánchez analizar las variantes tecnológicas propuestas para su posible implementación

Bibliografía

1. Curbelo, A. 2008. Generación de electricidad a partir del bagazo en Cuba.

2. Espinosa, N. y Peñalver, Y. 2012. Balance Energético en la Empresa Azucarera Antonio Sánchez para reducir consumos y aumentar el sobrante de bagazo. In: Procesos, I. D. (ed.). Santa Clara.
3. Kern, D. Q. 1999. Procesos de Transferencia de Calor. México: Compañía Editorial Continental, S.A DE C.V México.
4. Pérez de Alejo, H. y Col. 2009. El análisis de procesos y el empleo adecuado de la energía en la producción de azúcar crudo y electricidad en ingenios cubanos.
5. Peters, M. 1991. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fourth Edition ed.: McGraw-Hill Book Co.
6. Reyes, J. P; Betancourt, J 2003. La biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental. Centro Azúcar. Centro de Estudios de Termoenergética Azucarera.
7. Torres, J. 2007. La biomasa cañera y el tránsito en Cuba hacia una energética sustentable. Cubaenergía, 35.
8. Valdés, A. y Roque, P. 2009. Generación y cogeneración de electricidad a partir de la biomasa cañera.
9. <http://educasitios2008.educ.ar/>