

Cálculo de cantidad de residuos para generación de electricidad utilizando la gasificación de la madera; una solución para mitigar impactos ambientales¹

Quantitative waste calculation for electricity generation using wood gasification; a solution to mitigate environmental impacts

José Rolando Dupuy Parra, Osmany Garrido Montaya y Giorvys Guerra Maldonado
Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible, CITMA Guantánamo,
Cuba

Email: jose@catedes2gtmo.inf.cu; ogarrudo@catedes2.gtmo.inf.cu;
giorvys@catedes2.gtmo.inf.cu

Fecha de recepción: 14 de noviembre de 2018 Fecha de aceptación: 23 de julio de 2019

RESUMEN. Los aserríos tiene la característica de generar grandes cantidades de residuos en el proceso de explotación y elaboración la madera. Los residuos generados producto del procesamiento de la madera provocan un gran problema debido a que se acumulan estas biomásas forestales y no tienen un destino final y un uso adecuado. Por este motivo tenemos como objetivo el cálculo de la cantidad de residuos generados en los últimos años para la generación de electricidad utilizando la tecnología de gasificación de la madera teniendo en cuenta que esta fuente de energía renovable requiere del desarrollo de una serie de estudios encaminados a valorar el volumen de residuos disponibles generado por la entidad, potencial y producción de energía anual. Este trabajo se desarrolló en el Aserrío Pueblo Nuevo el mismo se encuentra ubicado en el municipio de Imías a 4 km de la carretera que conduce a Los Calderos, provincia Guantánamo. A partir de la evaluación del volumen de residuos con un total de 52 303 278.128 Kg anuales, se establecieron el potencial que ha generado la entidad para la generación de electricidad en el tiempo estudiado de 123 MW teniendo en cuenta que por producto de la gasificación de la madera se pierde el 80% de la energía que contiene los residuos forestales se generada 25 MWhde energía limpia.

Palabras claves: aserríos, desechos, energía, electricidad, renovables.

ABSTRACT. Sawmills have the characteristic of generating large amounts of waste in the process of exploitation and processing of wood. The waste generated from wood processing causes a big problem because these forest biomass accumulate and have no final destination and proper use. For this reason we aim to calculate the amount of waste generated in recent years for the generation of electricity using wood gasification technology taking into account that this renewable energy source requires the development of a series of studies designed to assess the volume of waste generated by the entity, potential and annual energy production. This work was developed in the Sawmill Pueblo Nuevo, it is located in the municipality of Imías, 4 km from the road that leads to Los Calderos, Guantánamo province. From the evaluation of the volume of waste with a total of 52 303 278.128 Kg per year, the potential generated by the entity for the generation of electricity in the studied time of 123 MW was established taking into account that by product of the gasification of wood 80% of the energy contained in forest waste is lost, and 25 MWh of clean energy is generated.

¹ Trabajo presentado al VI Simposio Ecología, Sociedad y Medio Ambiente "ECOVIDA 2018", organizado por ECOVIDA en coordinación con REIMA S.A.

Keywords: sawmills, waste, energy, electricity, renewable.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Agroforestal Imías es creada por el Ministerio de la Agricultura mediante la Resolución 127/2015, con fecha 13 de julio de 2015 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP). Con un patrimonio bosques total de 5146.9 ha con predominio de bosques naturales y artificiales distribuidos en dos municipios Imías con una extensión de 3063.4 ha artificiales teniendo como fuente de abasto la Unidad Empresarial de Base Silvícola Lechugos y Unidad Empresarial de Base Silvícola Yumuri teniendo como principal árbol maderable *Pinus cubensis* (Pino de Mayarí) una extensión natural de 928 ha ubicadas en la misma unidades de base. En San Antonio del Sur contamos con un extensión de 1154.7 ha teniendo como fuente de abasto Unidad Empresarial de Base Silvícola Puréales. Las cuales abastecen a la Industria donde se encuentra ubicado el Aserrío Pueblo Nuevo, gran generador de Biomasa forestal. La importancia de este trabajo está dado a la gran contaminación de residuos forestales que existe en el Aserrío Pueblo Nuevo de Imías y la posibilidad de que con esa biomasa se genere electricidad, por lo que tenemos como objetivo el cálculo de la cantidad de residuos forestales para la generación de electricidad como fuente renovable de energía, sabiendo que este contamina al medio ambiente producto de la acumulación de la biomasa forestal existente en el lugar estudiado y la eliminación de la quema de combustible fósiles que tanto gases de efecto invernadero emiten. Teniendo como problema la gran cantidad de biomasa forestal acumulada en este lugar cuya biomasa hasta el momento no tiene un uso final.

La gasificación de biomasa es la termo conversión de la misma en un gas combustible apto para la combustión directa y con un tratamiento adecuado puede ser utilizado en motores de combustión interna, turbinas, celdas combustibles o para la producción de gas sintético natural (SNG) y combustibles líquidos de elevada calidad.

En el siglo XXI, en la India, la gasificación ha sido seleccionada como un método de perspectiva para la generación de electricidad, en el año 2003 los sistemas de gasificación de biomasa tenían una capacidad instalada 55 MW. Otras plantas demostrativas a escala industrial

y semindustrial han sido instaladas en países como: Sri Lanka, Tailandia, Cambodia, Bélgica, Estados Unidos, Japón, Alemania, Dinamarca, Suiza, Suecia, España, Austria, Brasil, etc.

Cuba cuenta con un programa de utilización de la biomasa forestal para la generación de electricidad con tecnología de gasificación, en el que se destaca las 4 instalaciones dos en la Isla de la Juventud que son en las comunidades Melvis de 1 MW y la otra en la del Cocodrilo de 50 kW, la tercera en la provincia de Matanza en la estación experimental de Pastos y Forrajes de 22 kW y la última en Santiago de Cuba en la comunidad el Brujo en la Empresa Forestal Integral Gran Piedra-Baconao de 40 kW. (Boletín Informativo renovale.cu No. 7/Julio 2011)

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en el Aserrío Pueblo Nuevo perteneciente a la Empresa Agroforestal Imías entre los años 2014-2018. Los datos fueron tomados del Balance Anual de la Empresa, en los últimos 5 años. Del departamento de Producción en la extracción de madera para la industria en el periodo estudiado (**Tabla 1**).

Tabla 1. Extracción de Madera al Aserrío “Pueblo Nuevo en los Últimos 5 años.

Indicadores	UM	Años					Total
		2014	2015	2016	2017	2018	
Madera en Bolo	(m ³)	28109.9	21265	22709.9	25246	36832	134162.8
Madera Aserrada	(m ³)	2957.1	3098.2	3173.8	2771.2	3169.3	15080.6
Leña p/combustible	(m ³)	4731.3	4445.9	4116.7	5020.7	4802.6	23117.2
Saco de vegetal	Ton	21623	17424	18519	19420	18645	95631

En la **Tabla 2** se presentan los coeficientes de residuos en función de la madera en bolo en el aserrío primario y la madera aserrada para el aserrío secundario respectivamente (Lesme, 2017).

Tabla 2. Coeficientes de residuos en los aserríos primarios y secundarios.

Coeficientes de residuos de primarios		Coeficientes de residuos de secundario.	
Residuos	Valores	C _R aserrín.	0.91 m ³ /m ³ madera
C _R aserrín.	0.16 m ³ /m ³ bolos	C _R virutas.	0.39 m ³ /m ³ madera

C_R cotaneras.	0.21 m ³ /m ³ bolos	C_R astillas.	0.22 m ³ /m ³ madera
C_R astillas.	0.13 m ³ /m ³ bolos	C_R total.	1.50 m ³ /m ³ madera
C_R total.	0.50 m ³ /m ³ bolos	C_D aserrín.	0.60 m ³ /m ³ residuos
C_D aserrín.	0.32 m ³ /m ³ residuos	C_D virutas.	0.25 m ³ /m ³ residuos
C_D cotaneras.	0.43 m ³ /m ³ residuos	C_D astillas.	0.15 m ³ /m ³ residuos
C_D astillas.	0.25 m ³ /m ³ residuos	$M_{aserrín}$	182.00 Kg/m ³ madera
$M_{aserrín}$	32.00 Kg/m ³ bolos	$M_{virutas}$	371.28 Kg/m ³ madera
$M_{cotaneras}$	199.92 Kg/m ³ bolos	$M_{astillas}$	209.44 Kg/m ³ madera
$M_{astillas}$	123.76 Kg/m ³ bolos	$M_{residuos}$	762.72 Kg/m ³ madera
$M_{residuos}$	355.68 Kg/m ³ bolos	C_R aserrín.	0.91 m ³ /m ³ madera

Con estos coeficientes de la tabla 2 y las densidades de la madera (**Tabla 3**) y a partir de la cantidad de madera en bolos y madera aserrada (**Tabla 1**) en los últimos 5 años es posible evaluar la disponibilidad de residuos.

Tabla 3. Densidad de la madera para los residuos primarios y secundarios.

Densidad de residuos de primarios		Densidad de residuos de secundario.	
Aserrín	200 Kg/m ³	Aserrín	200 Kg/m ³
Costanera	952 Kg/m ³	Virutas	952 Kg/m ³
Astilla	952 Kg/m ³	Astilla	952 Kg/m ³

En la **Tabla 3** se presentan los coeficientes de densidad en función de los residuos primarios y los residuos secundarios (Lesme y Oliva, 2001; Lesme y Roca, 2011).

Se utilizaron las expresiones que se muestran en la **Tabla 4** para el cálculo de la generación de generación de residuos en el aserrío primario y secundario.

Tabla 4. Expresiones para el cálculo de los de residuos en el aserrío primario y secundario.

Expresiones de los residuos primario	Expresiones de los residuos secundario
Aserrín= C_R *Madera en bolo* $\rho_{Aserrín}$	Aserrín= C_R *Madera Aserrada * $\rho_{Aserrín}$
Costanera = C_R *Madera en bolo* $\rho_{Costanera}$	Virutas = C_R *Madera Aserrada* $\rho_{Virutas}$
Astillas= C_R *Madera en bolo* $\rho_{Astillas}$	Astillas = C_R *Madera Aserrada* $\rho_{Atillas}$

Después se obtuvo el total de residuos tanto como el primario como en secundario por la ecuación:

$$T_{PS} = T_P + T_S$$

Donde:

T_{PS} : Total de residuos primarios y secundarios.

T_P : Total de residuos primarios.

T_S : Total de residuos secundarios.

A continuación se evaluar la disponibilidad horaria de residuos el volumen total de cada residuo se multiplicó por su densidad, luego esta cantidad se dividió 1953 horas trabajadas en este periodo el Aserrío.

$$D_H = \frac{T_{PS}}{T_{trabajadas}}$$

Donde:

D_H : Disponibilidad horario de los residuos.

T_{PS} : Total de residuos primarios y secundarios.

$T_{trabajadas}$: Total de Horas trabajadas en los 5 años.

Después de tener la disponibilidad horario se calculó el % de coeficiente de residuos forestales, teniendo en cuenta que la humedad responde al medio de pruebas de laboratorio es de $W_t = 21,54\%$ (masa de trabajo) y el poder calorífico bajo de la madera $Q_b^t = 16,5 \text{ MJ/kg}$.

$$\%_{CRF} = D_H * Q_b^t$$

Donde:

$\%_{CRF}$: % de coeficiente de residuos forestales.

D_H : Disponibilidad horario de residuos.

Q_b^t : Poder calorífico bajo de la madera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Con el afán de utilizar objetivamente las fuentes renovables de energías y la eliminación de la contaminación ambiental que provoca la acumulación de estos desechos que pueden llegar años acumulados creando capas en las áreas aledañas de los aserríos provocan la pirolisis y la combustión por esta causa.

Estos residuos forestales son generados por la elaboración de los bolos que vienen de los bosques, teniendo en cuenta que se dividen en dos etapas de elaboración en la primaria donde se obtienen los subproductos como aserrío, costanera y astillas con un total de residuos 47718775,78 Kg anuales de biomasa y en la segunda etapa con el aserrío secundario donde se obtiene los subproductos como aserrín, virutas y astillas teniendo un total de 4584502,2 anuales de biomasa.

Teniendo en cuenta que con la cantidad de biomasa forestal que existe en el sitio estudiado con un total general de 52303278 Kg anuales estos suman la producción de residuos forestales primarios como secundarios generados en el tiempo estudiado.

Se obtuvo la disponibilidad horaria de residuos y con el total de residuos y la cantidad de horas trabajadas del Aserrío Pueblo Nuevo en la etapa estudiada 26781Kg/h.

Al analizar el cálculo del % de coeficiente de residuos forestales para la generación de energía eléctrica se tuvieron en cuenta que la disponibilidad horaria de residuos estaba en Kg/h y la convertimos en 7,439 Kg/s. De esta manera y con el poder calorífico bajo de la madera se obtuvo que la energía que contiene la madera para la generación de electricidad es de 123 MWh.

Después haber realizado los cálculos representamos en la (figura 1) el esquema para utilización de los residuos de la industria forestal como combustible para la producción de electricidad y calor, requiere de ciclos térmicos. (Demirbas, Balat y Balat, 2009) En ésta última aplicación el esquema general de la instalación se representa en la **Fig. 1**

Esquema general de la tecnología.

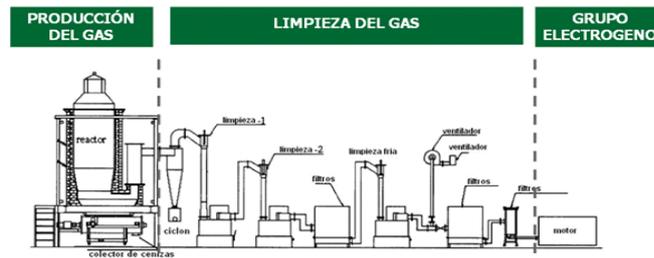


Figura 1. Esquema general de la tecnología de gasificación con motores de combustión interna para la generación de electricidad.

El Gas de Síntesis se obtiene después de gasificar los residuos orgánicos (corteza de árbol, pasto, hojas, ramas, etc.). Este Gas de Síntesis contiene generalmente metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, nitrógeno e hidrógeno en diferentes proporciones, dependiendo del tipo de residuos orgánicos que se tengan. (Reyes y Sierra, 2017).

En la provincia nunca se avía realizado un trabajo de este tipo, que nos lleva a la medida que se puede llegar a general 25MWh. Debido al proceso de trasformación de los residuos forestales en la gasificación de la biomasa (madera) se pierde el 20% de la energía que contiene los residuos forestales (Bioenergy International, 2017) (**Fig. 2**). También se eliminara un total de 0,523 toneladas de diésel consumido para la generación de electricidad en el grupo electrógeno instalado en el aserrío y la eliminación de los gases del efecto invernadero que contaminantes a la atmósfera (NO_x , SO_2)

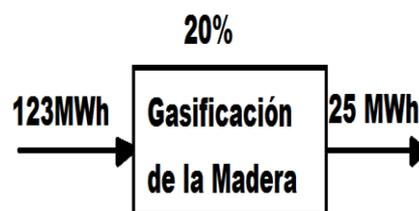


Figura: 2 Proceso de pérdidas producto de la Gasificación de la Biomasa.

Entre los principales aportes del trabajo está la se hubiera disminuido el 8 % de consumo de electricidad en la unidad estudiada por el concepto aprovechamiento de la energía renovable (biomasa forestal) sabiendo que la instalación ha consumido un total de 328.82 MWh (Modelo 5073, 2018).

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto Institucional "Estudios del potencial de las Fuentes Renovables de Energía en la provincia de Guantánamo", teniendo en cuenta que estos fueron parte de los resultados finales del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Lesme Jaén R, Oliva Ruiz O. (2006). Coeficientes de residuos de la industria forestal. Revista Tecnología Química. Vol. 26. No. 3. pp. 26-29.
- Lesme Jaén René. (2017). Relatorio de profesor visitante. Universidad Federal de Itajubá. Brasil.
- Reyes Víctor, Sierra. (2017) Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis en Opción del título de Ingeniero Mecánico Análisis de adaptación de un motor Diesel Mercedes Benz OM 447 LA que utiliza Gas de Síntesis. México.
- Modelos 5073 (2018) Portadores energéticos, aserrío pueblo nuevo años 2014-2018.
- Demirbas MF, Balat M, Balat H. (2009). Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. Energy Convers Manage No. 50 pp: 1746–1760.
- Boletín Informativo renovale.cu No. 7/Julio 2011. Publicación Mensual CITMA-MINBAS. ISSN: 2219-6919. Año 2011.
- Bioenergy International 2017.1er Trimestre www.bioenergyinternational.es Español N°10 pp 18