



Fecha de presentación: Octubre 2020

Fecha de aceptación: Diciembre 2020

Fecha de publicación: Enero, 2021

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO POTENCIALIDAD ENERGÉTICA EN EL DESARROLLO LOCAL DEL MUNICIPIO CIENFUEGOS

MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE AS ENERGY POTENTIAL IN THE LOCAL DEVELOPMENT OF THE CIENFUEGOS MUNICIPALITY

AJorge Andrés Abreus Vázquez¹

E-mail: jorgeandres940127@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5820-3415>

Yamisleydis Bravo Rodríguez²

E-mail: yamisleydisbravorodriguez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5573-4429>

¹ Unidad Provincial de Apoyo a la Actividad Cultural. Cienfuegos. Cuba.

² Banco Popular de Ahorro. Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Abreus Vázquez, J. A., & Bravo Rodríguez, Y. (2021). Gestión de los residuos sólidos urbanos como potencialidad energética en el desarrollo local del municipio Cienfuegos. *Revista Científica, Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 6(1), 73-81.

RESUMEN

Las energías renovables constituyen una parte importante de la energía utilizada por los humanos. A partir de las principales dificultades para el reciclaje de residuos colectados, en el municipio Cienfuegos, este trabajo se propuso como objetivo: integrar la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la gestión del gobierno local de Cienfuegos. Para el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta: para el análisis, la metodología para la solución de problemas y para su aplicación en las etapas generales, se realizaron diferentes tareas. Las técnicas y herramientas utilizadas fueron: mapa de procesos, mapa general de procesos, flujogramas, aplicación de listas de chequeo, cuestionarios, priorización de causas, análisis estadísticos, análisis de distribuciones, capacidad de cumplir las especificaciones, observación directa, revisión de documentos y método de experto. Los resultados se centraron en la tecnología Tratamiento Biológico-Mecánico, que posibilitó ahorros al país, representando al año 196.185 kW a 251.1168 kW, lo que equivale en petróleo a una reserva de 109.8636 ton y a nivel monetario 203.73 pesos/ kWh, representado en ahorros en pesos, por generación de energía eléctrica y petróleo no consumido. Se concluyó que el Tratamiento Mecánico- Biológico para los Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos posee un nivel de valorización energética al año y un nivel calorífico para la generación de energía eléctrica, que significa al año ahorros en pesos y en USD, además se logró una propuesta de Gestión energética y medioambiental, que responde a la sostenibilidad energética municipal.

Palabras clave:

Tratamiento Biológico Mecánico, valorización energética, nivel calorífico.

ABSTRACT

Renewable energies constitute an important part of the energy used by humans. Based on the main difficulties for the recycling of waste collected in the Cienfuegos municipality, this work was proposed as an objective: to integrate the management of Urban Solid Waste in the management of the local government of Cienfuegos. For the development of the research it was taken into account: for the analysis, the methodology for solving problems and for its application in the general stages, different tasks were carried out. The techniques and tools used were: process map, general process map, flow charts, application of checklists, questionnaires, prioritization of causes, statistical analysis, distribution analysis, ability to meet specifications, direct observation, document review and expert method. The results were focused on the Biological-Mechanical Treatment technology, which enabled savings to the country, representing 196,185 kW to 251, 1168 kW per year, which is equivalent in oil to a reserve of 109.8636 tons and a monetary level of 203.73 pesos / kWh, represented in savings in pesos, for generation of electricity and oil not consumed. It was concluded that the Mechanical-Biological Treatment for the Organic Urban Solid Waste generated in the municipality of Cienfuegos has a level of energy recovery per year and a calorific level for the generation of electricity, which means savings per year in pesos and in USD. In addition, a proposal for energy and environmental management was achieved, which responds to municipal energy sustainability.

Keywords:

Mechanical Biological Treatment, energy recovery, calorific level.

INTRODUCCIÓN

La producción de residuos no es un tema nuevo, aparece con el nacimiento de las ciudades y es consustancial con la actividad del hombre. Sin embargo, adquiere connotaciones de problema ambiental a partir de la Revolución Industrial, pues con ella nacen dos focos diversificados de producción: la actividad industrial y la concentración en grandes núcleos urbanos.

Las energías renovables constituyen una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente solar, eólica e hidráulica. Buenos ejemplos de su utilización lo constituyen: la navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la energía solar (González, 2016).

Hacia la década del setenta del siglo XX, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental, en el caso de las energías limpias, por esta razón, fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas son una realidad, a través de las *tecnologías energéticas renovables* (González, 2016; Nfumu, 2017).

El empleo de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en un 20% anual, si se asumen todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para explotar las diversas fuentes renovables de energía (FRE) por ser limpias y, sobre todo, sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, aunque se aprecian avances importantes en los biocombustibles y Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (Rodríguez, 2016).

Los RSU son generados en las casas y resultan de la eliminación de: materiales utilizados en las actividades domésticas, productos consumidos y sus envases, embalajes o empaques. Proviene de cualquier actividad, dentro de establecimientos o en la vía pública, que genere residuos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados residuos de otra índole.

La gestión de los RSU utiliza las dos visiones del desarrollo sustentable, a corto y mediano plazo la opción es reciclar para disminuir las cantidades que llegan a sitios de disposición final. En el largo plazo se busca reducir la producción de residuos y la transformación de los hábitos de consumo de la población (Bernache, 2015).

La gestión y el tratamiento de los RSU se deben realizar con una visión integral, que considere los factores propios de cada territorio para asegurar su adecuado manejo y beneficio.

El continuo crecimiento del volumen de RSU, tanto en valores absolutos como por habitante, ha obligado a la implementación de políticas y programas de tratamiento que en un principio estaban encaminadas a la eliminación de los residuos y más tarde, adquirieron carácter integral; se incorporaron políticas de: reducción, educación, divulgación,

reutilización y valorización, mediante la aplicación de incentivos (fiscales, ayudas económicas) y al mismo tiempo, penalizaciones.

Sobre los residuos sólidos urbanos es necesario enfatizar que, a nivel mundial, su generación se remonta a 1,3 billones de toneladas anuales y se pronostica que en el 2025 ascienda a 2,2 billones de toneladas. Para los países en vía de desarrollo la generación de los RSU se duplicará en los próximos veinte años y su costo anual escalará de los \$205.4 billones a \$375.5 billones de dólares para 2025, mayor en los países subdesarrollados. América Latina y el Caribe son los más constantes, con ciento sesenta millones de toneladas per cápita al año.

El tratamiento de los RSU es el conjunto de acciones orientadas a la separación de los residuos para su valorización, reducción del volumen, así como la modificación física o química de las propiedades de los materiales para facilitar su disposición final y reducir los impactos en la salud humana y de los ecosistemas.

La gestión de los RSU utiliza las dos visiones del desarrollo sustentable, a corto y mediano plazo la opción es reciclar para disminuir las cantidades que llegan a sitios de disposición final. En el largo plazo se busca reducir la producción de residuos y la transformación de los hábitos de consumo de la población (Bernache, 2015).

Cuba, ha utilizado los residuos en la generación de la energía enfocada en la reutilización de los desechos de la industria azucarera, la agricultura y, sobre todo, en el fomento del biogás con los desechos de la industria porcina, sin embargo, no se ha estudiado la viabilidad de la utilización de los RSU en ciudades que emanan grandes cantidades de desechos para generar energía eléctrica que contribuya al cambio de la matriz energética.

Por otra parte, cuando se habla de energía se consideran los términos eficiencia energética y gestión de la energía, generalmente relacionados con las organizaciones industriales y de servicios, no obstante, abarcan a toda la sociedad (Correa, et al., 2017a) y se reconoce a las zonas urbanas como consumidoras significativas de energía y grandes emisoras de Hidróxido de Carbono (CO₂) al medioambiente, por lo que la Gestión Energética (GE) es una necesidad a escala urbana o municipal y que los gobiernos locales la integren a su gestión pública.

La importancia de esta integración radica en que los gobiernos locales fomenten la eficiencia energética y el uso de las FRE, debido a su influencia sobre los sectores sociales y la promoción de políticas y programas para el uso de la energía (Correa, et al., 2017a).

Existen disímiles experiencias en el mundo donde se gestiona la energía y consideran las FRE en la matriz de generación y consumo de un municipio, esto propicia la certificación por la norma internacional ISO 50 001 referente a los Sistemas de Gestión de la Energía de algunos municipios, ejemplos de ello son los municipios: Bad Eisenkappel, Austria; Soto de Real, España; Atlacomulco de Fabela, México y Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos (Correa, et al., 2016).

Se aprobó en el año 2014 la Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Puig, 2014), por último, en el 2016, la Declaración de la Protección de los Recursos y el Medioambiente, como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (Correa et al., 2017b).

Como resultado de las actividades productivas que desarrollan las sociedades, se generan desechos sólidos, líquidos y gaseosos, que pueden acarrear efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. La cantidad y tipo de desechos se asocian al grado de desarrollo industrial y de servicios que tiene el país o región, así como al índice de consumo social. Al igual que otros servicios sanitarios básicos, como el suministro de agua potable y la eliminación de excretas, la limpieza pública es de interés colectivo y no solo individual.

La gestión de los residuos sólidos urbanos presenta grandes dificultades en Cuba por causas comunes como:

- Obsolescencia o inexistencia de redes de alcantarillado.
- Conexiones ilegales de conductoras de residuales domésticos a las descargas pluviales.
- Ausencia, ineficiencia u obsolescencia de los sistemas de tratamiento de residuales albañales en ciudades, pueblos y comunidades.
- Indisciplinas sociales.
- Falta de mantenimiento y evacuación de los tanques sépticos y fosas en edificios multifamiliares y viviendas.

El insuficiente financiamiento dedicado a la solución, en el caso de los residuales líquidos, provoca que actualmente las aguas negras se derramen en las calles, produzcan graves enfermedades epidemiológicas como: diarreas agudas, hepatitis, leptospirosis, dengue y recientemente, ZIKA. Esto ha conllevado al sensible deterioro de las condiciones higiénico- sanitarias en los asentamientos humanos.

Los estudios realizados por De La Peña (2012) con un Sistema para evaluar el manejo de los RSU en la ciudad de Cienfuegos y la Dirección Provincial de Planificación Física con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU) en el municipio Cienfuegos se analizaron como parte del diagnóstico para investigar los principales problemas detectados en el manejo de los residuos sólidos en este municipio.

La provincia de Cienfuegos posee sesenta vertederos, pero solo cuentan con tratamiento cuarenta y siete. Durante el 2014, se recolectaron en ellos 828,4 m³ de residuos sólidos y únicamente se le daba tratamiento al estiércol porcino del cual se aprovecha una pequeña porción, según la Oficina Nacional de Estadística e Información de Cuba (2017).

Las principales dificultades para el reciclaje de los residuos colectados, en la provincia, están determinadas por:

- infraestructura no apta para la clasificación en origen.
- Baja o nula disponibilidad técnica del equipamiento propio para el reciclaje.
- Insuficiente logística para enfrentar la dispersión de las fuentes generadora.

- Inexistencia de una Ley de Reciclaje y en general basamento legal desactualizado.
- Incumplimiento de la Ley 1288 por las entidades estatales.
- Entidades que no cuentan con registro de entrega de los residuos reciclables generados.
- Existencia de contratos no actualizados entre las partes.
- Falta de seguimiento al cumplimiento de las cláusulas pactadas.
- Ausencia de reclamaciones legales para los incumplimientos.
- La mayoría de las entidades y organismos no cuentan con el personal seleccionado y preparado para cumplir con la tarea recuperativa.
- Inexistencia de estadística confiable de los desechos reciclables generados.
- Lentos procesos para aprobar las bajas técnicas de equipos en desuso.
- Insuficiente número de casas de compras a la población e inestabilidad en su servicio (Correa, et al., 2017b).

Durante el año 2016 se accionó en el municipio de Cienfuegos a través del diseño de un procedimiento para el diagnóstico energético local, con el objetivo de conocer las características energéticas de generación y consumo del municipio con alcance al diagnóstico del sector residencial (Ávila, 2016; Aureliano, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Rodríguez, 2016).

Se evidenció la tendencia al aumento del consumo en el sector residencial sustentado en el uso de combustibles fósiles. Un solo mes equivale a 155.22 GWh, que representa para el país un subsidio equivalente a trece millones de pesos (Correa, et al., 2016).

A lo anterior se suma la determinación, en el 2017, de la Matriz Energética Municipal (Nfumu, 2017) y las potencialidades de utilización de las FRE en el municipio (Kimbutu, 2017), esto evidencia la necesidad del empleo de FRE en la matriz energética de generación y consumo municipal, aun cuando los residuos sólidos urbanos no se consideraron en ese estudio y sí, por Correa, et al. (2017b), por lo que debe ser considerada, la gestión de la energía como elemento del desarrollo local a través de la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDES M).

El objetivo se centró en: integrar la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión del gobierno local de Cienfuegos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó, en el desarrollo de la investigación, para el análisis: la metodología para la solución de problemas y para su aplicación, en las etapas generales, se realizaron diferentes tareas, ambas: metodología y tareas, se muestran en la Figura 1.

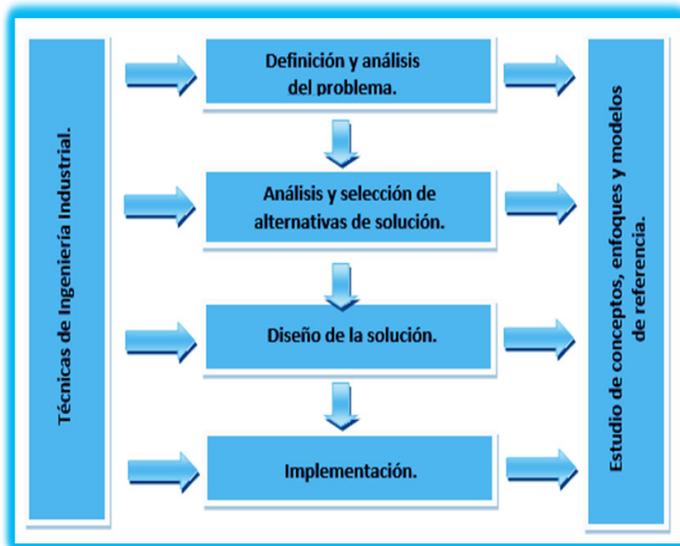


Figura 1. Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial.

Fuente: Alonso, et al. (2005).

Definición y análisis del problema

Esta etapa describe el problema de la organización objeto de estudio, el análisis del proceso y se propone la utilización de técnicas y herramientas como:

- Mapa de procesos.
- Mapa general de procesos.
- SIPOC.
- Flujogramas.
- Aplicación de listas de chequeo.
- Cuestionarios.
- Priorización de causas.
- Análisis estadísticos.
- Análisis de distribuciones.
- Capacidad de cumplir las especificaciones.
- Observación directa.
- Revisión de documentos.
- Métodos de expertos.

El método de experto se seleccionó como técnica para conocer las opiniones de los especialistas con mayor dominio del tema y realizar una investigación profunda.

Se utilizó la metodología de

Cortés & Iglesias (2005), para el cálculo del coeficiente de competencia, la cual posee como objetivo asegurar que los expertos consultados aportaran criterios significativos respecto al tema. Se seleccionaron con un coeficiente de competencia entre medio y alto.

Análisis, selección y diseño de la solución

Se unieron los pasos: análisis y selección de la alternativa de solución y diseño de la solución, pues en la etapa anterior se analizaron: el problema, las causas y su priorización. En esta etapa se utilizó la Metodología de la 5 Ws

y 2 Hs o Metodología de la 5 Ws y 1 H, con la finalidad de establecer el Plan de mejora para cumplir el objetivo de la investigación.

Implementación

Se implementaron las acciones durante esta etapa y se dio seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de indicadores establecidos.

Aplicación de la metodología para la solución de problemas

Se aplicaron las etapas de la metodología de solución de problemas para mejorar la gestión energética del gobierno municipal.

Definición y análisis del problema

Para el análisis del problema se determinó el grupo de expertos. Después de efectuar los cálculos, para determinar su número, se obtuvieron 11 pertenecientes a: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (FCEE) de la Universidad de Cienfuegos, Gobierno municipal, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) y Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

El análisis de los antecedentes y situación problemática en el contexto del manejo de los RSU, el diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos en el año 2011 y la investigación Manejo Integrado de los residuos sólidos urbanos, en la ciudad de Cienfuegos (Correa, et al., 2017b), permitieron determinar en el municipio: *insuficiente tratamiento de los RSU*.

Actualmente existen variados tratamientos de los RSU, pero una vez analizadas estas tecnologías y las características de los RSU en el municipio de Cienfuegos, se procedió a determinar las propuestas más apropiadas para el adecuado procesamiento, acorde con los recursos y disponibilidades territoriales:

1. Separación (manual o mecanizada).
2. Proceso de Oxidación Térmica.
3. Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB).
4. Pirólisis.

De estas cuatro tecnologías se seleccionó el Tratamiento Mecánico- Biológico (TMB) para el tratamiento de RSU en el municipio de Cienfuegos, mediante el Proceso Analítico Jerárquico y se determinaron los criterios necesarios para su aplicación:

- Medioambiental.
- Socio-cultural.
- Económico.
- Técnico.

El TMB es una tecnología de pre-tratamiento de residuos sólidos y manejo especial. Armoniza la clasificación, tratamiento mecánico y tratamiento biológico de la porción orgánica de los residuos. El fin primordial es eliminar las contaminaciones a la atmósfera (biogás) y al subsuelo (lixiviados). El potencial riesgo de biogás para el cambio

climático es veintiuna veces más alto que el del dióxido de carbono.

Los residuos entregados se someten a tratamiento mecánico y de homogeneización. En el primero, la degradación ocurre por microorganismos aeróbicos y se logra una descomposición casi completa que ocurrirá en un periodo de nueve meses aproximadamente. Se puede emplear, como alternativa, la implementación del tratamiento biológico en dos etapas. La primera, comprendería el tratamiento biológico anaeróbico y enseguida, la segunda etapa de tratamiento aerobio hasta obtener las características apropiadas para proceder al relleno sanitario final.

Los residuos orgánicos recolectados separadamente se transfieren en abono para la agricultura. Los residuos tratados contienen una elevada concentración de materiales re-aprovechables para generar energía o el reciclaje.

Para los criterios se tuvo en cuenta los planteados por Prada (2016).

1. Criterio medioambiental. Engloba cualquier cambio (positivo o negativo) en la tierra, los ecosistemas y la salud pública como consecuencia de una gestión de residuos deficiente y asume aspectos como:

- Contaminación del aire y de las aguas.
- Exposición a patógenos.
- Uso, requerimiento y contaminación de los suelos.
- Recuperación de materiales.
- Eliminación y cubierta de residuos.
- Recuperación neta de energía.
- Molestias por ruidos, vibraciones y olores.

2. Criterio socio-cultural. La característica más importante de la sociedad en lo que a gestión de residuos se refiere, es que ella misma es la productora de los mismos y la fase de producción está estrechamente relacionada con la prevención de residuos. No obstante, en la fase de gestión también se debe tener en cuenta a la sociedad, particularmente en estos aspectos:

- Aceptación y comprensión de la tecnología a emplear.
- Usabilidad y compatibilidad con la política general de gestión.
- Flexibilidad ante cambios políticos/administrativos.
- Facilidad de implementación.
- Posibilidades de mejora en el empleo y la mejora de las condiciones de trabajo
- Vulnerabilidad (social) del área.

3. Criterio económico. Sin dudas, constituye uno de los criterios más relevantes, abarca cuestiones como:

- Costes de construcción y de capital.
- Costes de operación y mantenimiento.
- Rentabilidad y comerciabilidad de productos resultantes.
- Plan financiero.

4. Criterio técnico. Engloba todo lo relacionado con la capacidad de procesamiento de residuos, su manejo y evolución futura:

- Posibilidad real de implementación.
- Robustez.
- Facilidad de ampliación.
- Grado de especialización de los empleados.
- Adaptabilidad a sistemas existentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra las cuatro tecnologías de gestión de residuos seleccionadas y la que demostró mejor desempeño en el tratamiento de los RSU: Tratamiento Mecánico-Biológico.

El resto se comportó de la siguiente forma:

- Manual o Mecanizada: 28. 74%.
- Pirolisis: 22. 45%.
- Proceso de Oxidación Térmica: 14. 48%.

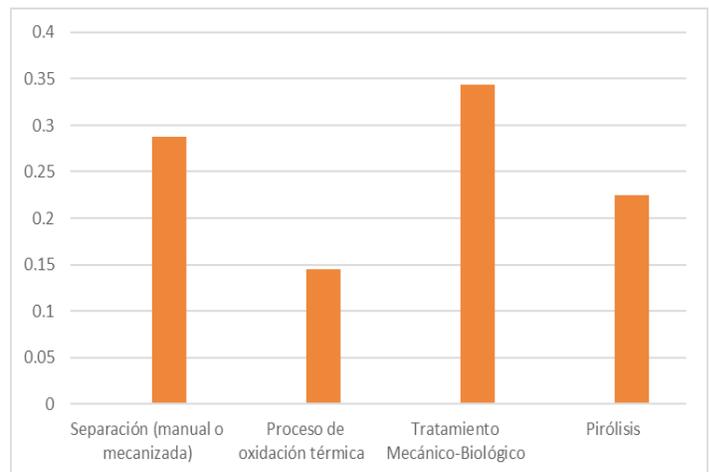


Figura 2. Clasificación final de alternativas, y representación normalizada.

Para la tecnología propuesta, Tratamiento Biológico Mecánico, se realizó la valorización energética y el valor calorífico de los RSU para tratar en el municipio de Cienfuegos. Solo se consideraron los RSU de clasificación orgánico, pues conllevan tratamiento rápido.

La tabla 1 muestra los RSU orgánicos que genera el municipio de Cienfuegos.

Tabla 1. Residuos Sólidos Urbanos orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos, 2017.

RSU orgánicos generados en el municipio	UM	Diaros	Mensual	Anual
	Mm ³	0.3567	13.079	156.948
	ton	48.54	1 780	21 360
	kg	48 540	1 780 000	60 000

Resultados de la Valorización energética

La valorización energética es la estimación de los RSU potencialmente valorizado para la generación de la energía, para el TMB se considera entre 5200- 6000 kcal/kg,

equivalente a 24, 28 MJ/kg. Por lo que la valorización energética para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017, es la expresada en la tabla 2:

Tabla 2. Valorización energética para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos.

Valorización energética	UM	Valor
Diaria	MJ	1 178 551,2
Mensual	MJ	43 218 400
Anual	MJ	518 620 800

Resultados del Valor calorífico

El valor calorífico considera la obtención de biogás a través de los RSU orgánicos. Es necesario mencionar que el biogás se utiliza para la cocción de alimentos, iluminación de naves y viviendas, quemado en calderas de procesos industriales, alimentación de motores de combustión interna de transporte, bombeo o generación de energía eléctrica (González, 2016). Se plantea que el biogás disfruta de un valor calorífico entre 4700-5500 kcal/m³ y que 1m³ de biogás es equivalente a 1,25– 1,6 kW y a 0.7 kg de petróleo.

Para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos el valor calorífico se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Valor calorífico de los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos.

Período	RSU orgánicos (m ³)	Valor calorífico para generación de energía eléctrica (kW)		Valor calorífico equivalente a petróleo (kg)	Valor calorífico equivalente a petróleo (ton)
		mínimo	máximo		
día	356.7	445.875	570.72	249.69	0.24969
mes	13079	16348.75	20926.4	9155.3	9.1553
año	156948	196185	251116.8	109863.6	109.8636

Implementación de la Acción de mejora

Resulta necesario incorporar en la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDESME) de Cienfuegos, una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética. Actualmente la EDESME se encuentra en fase de elaboración, por un grupo multidisciplinario, donde intervienen una serie de actores.

- Presidente Asamblea Municipal del Poder Popular (AMPP).
- Vicepresidente AMPP.
- Secretaría AMPP- Consejo de Administración Municipal (CAM).
- Grupo de Trabajo Municipal de Desarrollo Local (GTMDL)-CAM.
- Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.
- Presidentes Consejos Populares.
- Delegados del Poder Popular.
- Medios de Comunicación Masivos.
- Comisiones de la AMPP.
- Actores locales (Economía y Planificación, CITMA, Planificación Física, otros).

Quedaron definidas las potencialidades y barreras dentro de la EDESME, de ellas, las que se relacionan con la sostenibilidad energética local se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Propuesta de potencialidades y barreras del municipio relacionadas con la sostenibilidad energética local.

Potencialidades	Barreras
Existencia de una bahía de 88 km ² y 115 km de costas.	Deterioro de la tecnología existente en las redes eléctricas. Falta de fiabilidad en el sistema eléctrico.

Existencia de una sólida infraestructura industrial, especializada fundamentalmente en las ramas de la construcción, química, derivados del petróleo, entre otras factibles para ser utilizadas.	Existencia de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante los efectos del cambio climático Incidencia de huracanes, intensas lluvias y focos con peligro de desastres tecnológicos.
Predominio de la vivienda Tipo I en buen estado técnico a nivel municipal (70%).	Deterioro del fondo habitacional con el 30% de las viviendas en regular y mal estado. Deterioro de edificios multifamiliares.
Existencia de atraques portuarios de cargas generales y especializadas en diferentes zonas de la bahía.	Carencia o insuficiente infraestructura técnica para asimilar el desarrollo petroquímico propuesto.
100 % de los asentamientos electrificado.	Deficiente fuerza de trabajo en actividades necesarias para el desarrollo productivo del territorio, con inestabilidad en puestos de trabajo menos atractivos en la industria, la agricultura y la construcción, fundamentalmente.
Cabecera municipal dotada con servicios de nivel medio y superior que sirven a su área de influencia, abarcan al resto de la provincia.	El producto turístico Cienfuegos no cuenta con la puesta en marcha de una estrategia de desarrollo que considere sus tres atractivos fundamentales (ciudad, bahía y naturaleza). Actualmente se comercializa como turismo de tránsito.

Según las características municipales y estudios realizados en consenso con el gobierno municipal, debe incorporarse la potencialidad relacionada con los RSU como elemento de las FRE, a la matriz energética dentro del municipio. La tabla 5 muestra la propuesta de la línea estratégica número cuatro **Gestión energética y medioambiental** que responde a la sostenibilidad energética local.

Tabla 5. Líneas estratégicas del municipio de Cienfuegos.

Líneas Estratégicas del Municipio de Cienfuegos	
Línea Estratégica No. 1	Producción de alimentos
Línea Estratégica No. 2	Transformación económica productiva y de servicios e inserción internacional.
Línea Estratégica No. 3	Gestión del conocimiento, la innovación y la comunicación.
Línea Estratégica No. 4	Gestión energética y medioambiental.
Línea Estratégica No. 5	Gestión del Gobierno Local para el desarrollo local.

La Línea Estratégica Gestión energética y medioambiental, posibilita la incorporación de proyectos enfocados en la Gestión Energética Local (GEL), tales como:

1. **Proyecto Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera. (III Fase)** Este tributa al mejoramiento del Hábitat y la gestión eficiente de la Energía y el Medio Ambiente, temas identificados en las Líneas Directrices para la Colaboración Internacional aprobadas por el Consejo de la Administración Municipal de Cienfuegos, dentro de la Estrategia de Desarrollo Local y se corresponde con las Líneas Prioritarias para el Desarrollo Territorial de la Provincia. Potencializa el desarrollo económico territorial a través de proyectos locales, desde las oportunidades y potencialidades endógenas hacia la sostenibilidad del territorio. Desarrolla procesos de articulación para continuar la preservación del desarrollo social-comunitario y el ambiente a partir de la mejora estructural de la cobertura de saneamiento a las aguas servidas, incremento del tratamiento residual doméstico y fortalecimiento del sistema higiénico en el área de los desechos sólidos urbanos.
2. **Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local. Fase II.** responde a las necesidades detectadas en su ejecución, pues la validación se realizó en un municipio y existe la necesidad de extenderlo al resto de la provincia de Cienfuegos. La Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) ha mostrado su interés en continuar el proyecto y extenderlo en tiempo, aplicación y recursos. Además, el Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local, en su ejecución, ha identificado y elabora dos proyectos que responden al Programa Eficiencia y Conservación Energética.

Para mejorar la condición humana es fundamental desarrollar tecnologías que proporcionen energías para los servicios esenciales, pero esta producción genera inevitablemente desequilibrios ambientales y reacciones de la naturaleza con consecuencias desfavorables para el ser humano.

Desde los inicios del desarrollo tecnológico se consideró el desarrollo y utilización de las fuentes renovables de energías.

La participación de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones.

La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para explotar las diversas FRE, por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, además se aprecian avances importantes en los biocombustibles y el empleo de residuos sólidos urbanos (Rodríguez, 2016).

La tecnología Tratamiento Biológico Mecánico (TMB) propuesta permitió un ahorro al país, al año, de 196.185 kW a 251.1168 kW, equivalente en petróleo a 109.8636 ton y a nivel monetario 203.73 pesos/kWh que representa un rango de ahorro de 51 160.03- 39 968. 77 pesos, por generación de energía eléctrica y por petróleo no consumido: 54730. 25 USD.

Se concluyó que, los RSU constituyen la potencialidad energética en el desarrollo del municipio de Cienfuegos.

Este resultado coincide con los puntos de vista de Roqueta (2014 citado en Correa, et al., 2017b), donde expresa que las FRE son parte de la solución hacia un desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responda a las necesidades de hoy sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones de responder a las suyas. Se pueden utilizar de forma auto gestionada y poseen la ventaja adicional de complementarse, lo que favorece la integración entre ellas.

Por su parte, Correa, et al. (2017b), aportan que constituyen en una importante contribución a la mejora de la gestión de los gobiernos locales en cuanto al comportamiento de sus finanzas y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente local.

Por su parte la Agency International Energy (2015), revela que el *crecimiento de las energías limpias es imparable*, representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en el 2014, toda vez que constituyen la segunda fuente global de electricidad, solo superada por el carbón (Agency International Energy, 2015).

Los resultados de este estudio concuerdan con las proyecciones del territorio y el país, si se analiza que: en el año 2016 se detectaron deficiencias en la Gestión Energética Local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, demostradas por los estudios de Agüero (2016); Aureliano (2016); Ávila (2016); Cantero (2016); Fernández (2016); Rodríguez (2016) y en el año 2017 se revelaron las causas principales y se propusieron acciones de mejoras al respecto en estudios de Kimbutu (2017); y Nfumu (2017).

Como valoración final, el aumento en la calidad de vida, crecimiento de la población y estilo de vida, influyen

directamente en la cantidad de basura producida. No obstante, la ciudadanía exige que las actividades productivas se desarrollen de forma sustentable, de forma tal que satisfagan las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras.

Es por ello que la percepción de los residuos ha cambiado desde la visión convencional de materia inutilizable a material valorizable e insumo para diversos usos que permite la liberación de otros recursos escasos.

La generación de energías a partir de la utilización de residuos sólidos posee una visión sustentable porque compensan las emisiones desde combustibles fósiles, aminoran la generación de gases de efecto invernadero y generan energía renovable.

La valorización térmica de residuos sólidos para recuperar energía, constituye una opción de tratamiento interesante debido a sus ventajas, frente a la disposición final de estos residuos, los usos de estas tecnologías representan estrategias de manejo de residuos en los países desarrollados para disminuir el volumen de desechos eliminados y frenar el crecimiento de sitios de disposición final.

CONCLUSIONES

Se propuso una tecnología para el tratamiento de RSU donde se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico, a partir de comparaciones y determinación de criterios como: medioambiental, económico, social y técnico con varias alternativas y se obtuvo como resultado que la tecnología óptima es el Tratamiento Mecánico-Biológico.

El Tratamiento Mecánico- Bilógico, para los residuos sólidos urbanos orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos, posee un nivel de valorización energética al año y un nivel calorífico para la generación de energía eléctrica, que representa al año ahorro en pesos y en USD.

Se logró la propuesta de la Línea Estratégica Gestión energética y medioambiental, que responde a la sostenibilidad energética municipal donde se incorporan como potencialidad los residuos sólidos urbanos dentro de los elementos de desarrollo local y se propicia la incorporación, a la cartera de proyectos municipales, de los proyectos Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera y Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency International Energy. (2015). La capacidad mundial de las fuentes renovables para producir energía eléctrica supera a la del carbón <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37771100>
- Agüero, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares CEN y Rancho Luna*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.

- Aureliano, G. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Buena Vista, Tulipán y La Barrera*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.
- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.
- Bernache, P. G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y ambiente*, 1(7), 72-101.
- Cantero, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.
- Correa, J., Cabello, J., Nogueira, D., Rodríguez, S., Campillo, E. & Cruz, A. (2016). Diagnostico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos: sector residencial. (Ponencia). *I Conferencia Científica Internacional*. Cienfuegos, Cuba.
- Correa, J., González, S., & Hernández, Á. (2017a). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67.
- Correa, J., Tartabull, Y., Silva, P., Pino J.; Espinosa, A. & Rodríguez, A. (2017b). *Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos*. (Tesina de Diplomado). Universidad de La Habana.
- Cortés, C. M., & Iglesias, L. M. (2005). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Ed. Universidad Autónoma del Carmen.
- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información. (2017). Anuario Estadístico de Cienfuegos 2016 de la Oficina Municipal de Estadística e Información de Cienfuegos. ONEI.
- Fernández, L. (2016) *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.
- González, D. (2016). *Análisis para la conexión de PSFV de Rodas y otros propuestos a la red de la barra de Yaguaramas*. (Tesis de grado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- Kimbutu, P. (2017). *Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos.
- Nfumu, K. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.
- Prada, P. (2016) *Metodología para la selección del sistema de tratamiento térmico de los residuos peligrosos generados en la actividad hidrocarburífera en la provincia de Neuquén*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Córdoba.
- Rodríguez, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, consejos populares de Punta Gorda y Junco Sur*. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos.