



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INTEGRACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES ENERGÉTICAS AL DESARROLLO LOCAL DEL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Autora:

Ing. Sandra Rodríguez Figueredo
Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba

Tutora:

MSc. Ing. Jenny Correa Soto
Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba

Cienfuegos

2019



Pensamiento



“El futuro no es un regalo, es una conquista”

Robert Kennedy

Dedicatoria



*A mí mamá por siempre poner nuestros sueños y metas por delante de los suyos, por su amor incondicional y por cuidar y dar luz a nuestro hogar.
Te quiero*



Agradecimientos



AGRADECIMIENTOS

A: mis padres

A mi mamá Marlene por su dedicación y amor en todo momento, por siempre apoyarme, contenerme cuando me derrumbo y enseñarme que no hay sueños imposibles solo hay que luchar sin dudas. A mi papá Alberto por hacer que siempre quiera ser mejor y nunca estar conforme con lo que tiene cabida a mejora, aunque no te tenga cerca siempre te llevo en el corazón.

A: mi familia

Mi abuela Magaly y mi abuelo Reginaldo, por estar ahí y darme desde pequeña este espíritu de mejora constante y a mi tío Reginaldo por ser esa inspiración y punto de comparación que tanto me reta.

A: mis segundos padres

Mi padrastro José y mi madrastra Charlotte, tengo suerte de tenerlos y que mis logros los llene de orgullo me hace la persona más feliz del mundo.

A: mi novio Cristian

Eres el mejor compañero de viaje con el que se puede soñar, gracias por todo tu amor y paciencia, por estar junto a mí, por apoyarme y decirme lo que necesito escuchar en el momento preciso. Te amo.

A: mi tutora Jenny Correa

Gracias por tu dedicación, paciencia y por nunca reprocharme todas esas horas que le robe a Jennifer para hacer posible la conformación de este proyecto, por estar conmigo cuando nadie me quiso y sobre todo por ser mi amiga.

A: Claudia, Laura y Vicky

Clau no recuerdo un momento en que mirara a mi lado y no estuvieses, te quiero, aunque te pelee. Mi Laurita Fernández no sé qué decirte que no te cuente por teléfono, nosotras como Alejandro Sanz "A quien le contare mis emociones", me has dado 7 años de la mejor amistad que existe. María Victoria eres mi amiga más nueva, pero me has apoyado como si nos conociésemos de toda una vida Nomaki.

A: Zeus

Puede parecer absurdo, pero me has enseñado mucho a crecer como persona y a conocerme mejor.

A todos, muchas gracias.

Resumen



RESUMEN

RESUMEN

La presente investigación titulada " Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos " tiene como objetivo general integrar las potencialidades energéticas locales a la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal del municipio de Cienfuegos; debido a que el gobierno local en su gestión, debe considerar la utilización de estas fuentes renovables de energía como recursos indispensables para un desarrollo próspero y sostenible.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática de la eficiencia, gestión energética, las energías renovables y los residuos sólidos urbanos tanto del mundo como de Cuba y propiamente de los municipios. Se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, concertación de actores, diagrama causa-efecto, análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) y la aplicación del método Saaty para la priorización de alternativas. También fueron usados softwares como Statgraphics, Visio, Excel, Expert Choice y herramientas aportadas por la Empresa Eléctrica Provincial de Cienfuegos para el procesamiento de datos e información.

Palabras claves: fuentes renovables de energía, energía solar fotovoltaica, residuos sólidos urbanos, gestión energética local y gobierno local.

Summary



SUMMARY

SUMMARY

The present research paper titled " Incorporation of the energy municipal potentialities in the local development to the municipality of Cienfuegos " has as general objective, to integrate the local energy potentiality to the Social Economic Development Strategy of Cienfuegos` municipality; because the local government in their management, it should consider the use of these renewable sources of energy as indispensable resources for a prosperous and sustainable development.

In the development of the investigation impact literature that approaches the efficiency and energy management of the world, Cuba and the municipalities is reviewed. The techniques and tools used for this research are: interviews, document revision, work with experts, brainstorming, coordination of actors, cause and effect diagram, analysis of the effect and failure mode criticism (FMEAC) and the application of the Saaty method for the prioritization of alternatives. For the processing of this date softwares as: Statgraphics, Visio, Excel, Expert Choice and information processing tools contributed by the Electric Provincial Company of Cienfuegos were used.

Key words: renewable energy, photovoltaic energy, urban solid waste, local energy management and local government.

Índice



Índice

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN	9
Capítulo I: Marco teórico referencial	14
1.1 Introducción	14
1.2 Desarrollo Local	15
1.2.1 Concepciones sobre el Desarrollo Local	15
1.2.2 Modelos de Desarrollo Local	16
1.2.3 Modelos de Desarrollo Local en Cuba	16
1.3 Estrategias de Desarrollo Municipal	18
1.3.1 Estrategias de Desarrollo Municipal a nivel mundial	18
1.3.2 Estrategias de Desarrollo Municipal en Cuba	20
1.4 Fuentes renovables de energía	22
1.4.1 Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo	23
1.4.2 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo	25
1.4.3 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba	26
1.4.4 Uso de energía solar en Cuba	27
1.5 Residuos Sólidos Urbanos generación y uso	29
1.5.1 Generación de los Residuos Sólidos Urbanos	29
1.5.2 Uso y destino de los Residuos Sólidos Urbanos	31
1.5.3 Residuos Sólidos Urbanos en Cuba	33
1.6 Gestión Energética Local	33
1.6.1 Concepción de la Gestión Energética Local	35
1.6.2 Desarrollo de la Gestión Energética Local	36
1.6.3 Gestión Energética Local en Cuba	38
1.7 Conclusiones Parciales	39
Capitulo II: Caracterización energética del municipio de Cienfuegos	40
2.1 Introducción	40
2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos	40
2.3 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos	43
2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica	43
2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio	49

ÍNDICE

2.4.2 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio	50
2.4.3 Indicadores para el sector residencial municipal	55
2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal	61
2.5 Determinación de potencialidades en la Gestión Energética Local del municipio de Cienfuegos.	61
2.6 Conclusiones Parciales:	65
Capítulo III: Incorporación de las potencialidades energéticas al Desarrollo Local del municipio de Cienfuegos	66
3.1 Introducción	66
3.2 Metodología para el análisis	66
3.3 Aplicación de la metodología de análisis	66
3.3.1 Definición y análisis de los antecedentes y situación problemática en el contexto de la utilización de energía solar fotovoltaica y manejo de los RSU en Cienfuegos.	66
3.3.2 Análisis, selección y diseño de la solución	69
3.4 Incorporación en la EDESM de la línea estratégica Gestión energética y medioambiental.	93
3.5 Conclusiones parciales:	95
Conclusiones Generales	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	
Anexos	

Introducción



INTRODUCCIÓN

La energía que se utiliza en el mundo proviene de dos grandes fuentes, las fuentes convencionales de energía (FCE) y las fuentes renovables de energía (FRE). Desde 1980 el consumo de energía eléctrica ha aumentado en un 45% y se proyecta que para el año 2030 este sea de un 70%, donde los mercados emergentes representarán más del 75% de la nueva demanda (Schenieder Electric Argentina S.A, 2010). Debido a que la estructura de consumo energético mundial se basa en el uso de combustibles fósiles y por consiguiente los efectos que estos causan sobre el medio ambiente se ha suscitado un creciente interés en este tema a escala global, de ahí que sea de vital importancia un cambio en la matriz energética mundial donde predominen las FRE (Borroto, A, 2006).

Según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), el 23% del total de electricidad generada a nivel global corresponde a las FRE (OECD y IEA, 2016); la viabilidad del uso de estas fuentes (FRE) está dada a que son perdurables en el tiempo y su clasificación depende de su naturaleza, siendo las más significativas la energía eólica, solar, biomasa y la hidráulica. A estas FRE se le suma la variante de la utilización de los residuos sólidos urbanos (RSU) como parte de la biomasa para la generación de la energía con la utilización de diversas tecnologías (IEA, 2016).

La energía eólica y solar fotovoltaica encabezan las energías renovables modernas con una generación aproximada de 480 GW y 140 GW respectivamente a nivel mundial, seguida de la biomasa con unos 100GW, siendo líderes países europeos, Estados Unidos y China (IEA, 2016). América Latina coincide con estas tendencias siendo estas las FRE más promisorias debido a que sus costos de inversión pueden llegar a ser menores a \$ 2 millones por MW instalado (Energía y Recursos Naturales, 2016).

La obtención de energía a partir de RSU como parte de la biomasa está ligada a la generación de residuos sólidos a nivel mundial, la cual es de 1.3 billones de toneladas al año y se pronostica que para el 2025 ascienda a 2.2 billones de toneladas al año. Para los países en vía de desarrollo la generación de los RSU se duplicará para este periodo y su costo anual escalará de los \$205,4 billones a los \$375,5 billones de dólares para 2025. América Latina y el Caribe es la región más constante en la generación de RSU con 160 millones de toneladas al año (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012.).

Cuba, a pesar de ser un país en vía de desarrollado, no está de espaldas ante esta realidad; pobre en recursos convencionales de energía, pero rico en potencialidades de FRE, el país apuesta en

INTRODUCCIÓN

la diversificación de su matriz energética, promoviendo un mayor uso y diversificación de las FRE en su esquema energético, en lo cual ya cuenta con un programa dirigido a incrementar la independencia en esa rama, reducir los costos y aumentar la eficiencia y seguridad en el suministro de electricidad a todos los sectores de la economía y la población (Moreno, 2016).

En Cuba en el año 2011 se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social, aprobándose en el marco del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, entre ellos los referidos al desarrollo local (DL), la eficiencia energética y al desarrollo de las FRE (Cuba, 2011; Cuba, 2016). En el año 2014 se aprueba la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Puig, 2014); y 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*, 2017).

En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar la energía renovable, principalmente la eólica y la solar mediante paneles de celdas fotovoltaicas. Para el desarrollo de estas fuentes de energías se han sometido a prueba diversas tecnologías (Camacho, 2016). Cuba tiene gran potencial para la utilización de la energía proveniente del sol debido a su excepcional ubicación geográfica de altos niveles de radiación solar con una incidencia anual promedio por metro cuadrado de 5kWh que es el contenido energético de 0,45 litros de petróleo, equivalente a 50 millones de toneladas de petróleo anual (Arrastía, 2015).

A partir del 2013 comenzó en Cuba la penetración acelerada de la energía solar fotovoltaica en la matriz energética con el emplazamiento de parques solares fotovoltaicos en varios territorios del país, alcanzando la cantidad de 10 MWp, concluyendo el 2015 con una potencia inyectada al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) de 25 MWp; este incremento de la energía solar fotovoltaica tiene unas perspectivas de desarrollo hasta el 2030 (Arrastía, 2015). Cienfuegos en la actualidad cuenta con cuatro parques fotovoltaicos, previéndose hacia el 2030 alcanzar 50 MW de generación fotovoltaica en una provincia donde se edificarán otras dos instalaciones (Fernández y R. Digital, 2015; Molina, 2016, Nfumu, 2017).

INTRODUCCIÓN

Otro potencial en la generación de energía lo constituyen la utilización de los residuos. Cuba se ha enfocado a la reutilización de los desechos de la industria azucarera, la agricultura y sobre todo en la fomentación 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 la generación de energía eléctrica que contribuya al cambio de la matriz energética.

Por su parte, la gestión de RSU presenta grandes dificultades en todo el país por causas comunes como la ausencia, ineficiencia y obsolescencia de los sistemas de tratamiento, recogida y recolección de residuales en ciudades, pueblos y comunidades, lo que ha traído un deterioro en las condiciones higiénico- sanitarias en los asentamientos humanos (CITMA, 2016).

La provincia de Cienfuegos cuenta con un total de 60 vertederos y de estos solo cuentan con tratamiento 47, de ellos en el 2017 se recolectaron 998,0 miles m³ de residuos sólidos y únicamente se tiene tratamiento para el estiércol porcino del cual solo se aprovecha una pequeña parte (ONEI, 2018b).

En la provincia y municipio de Cienfuegos las principales dificultades para el reciclaje de los residuos colectados están determinados por la infraestructura no apta para la clasificación en origen, la baja o nula disponibilidad técnica del equipamiento propio para el reciclaje, la insuficiente logística para enfrentar la dispersión de las fuentes generadora, inexistencia de una Ley de Reciclaje y una base legal desactualizada, inexistencia de estadística confiable de los desechos reciclables que se generan, lentos procesos de aprobación de bajas técnicas de equipos e inestabilidad en su servicio (Correa *et al.* 2017).

En el año 2015 el Gobierno del municipio de Cienfuegos en función del DL manifestó su interés en la creación de un modelo que le permita gestionar la energía amparado por un proyecto asociado a programa denominado “Modelo para la Gestión Energética en los Gobiernos Locales en Cuba” siendo los actores principales el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), la Oficina Nacional para el Uso Racional de la Energía (ONURE) y el Centro de Estudio de la Energía y el Medioambiente (CEEMA), amparado por dos proyectos internacionales: Plataforma Articulada para el Desarrollo Integral Territorial (PADIT) auspiciados por el “Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el proyecto internacional A Cuban network of cleaner production (VIROLOUS), en función de esto se han realizado investigaciones previas que han desarrollado el tema. En el año 2017 se suma el interés de la ONURE de poder gestionar los residuos sólidos urbanos en pos de la generación de energía eléctrica y eficiencia energética de la provincia.

En el año 2016 se acciona en el municipio de Cienfuegos diseñando un procedimiento para el diagnóstico energético local con el objetivo de conocer las características energéticas de generación y

INTRODUCCIÓN

consumo del municipio con alcance al sector residencial; (Ávila, 2016; Aureliano, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016; Campillo, 2018) se evidencio la tendencia al aumento del consumo en el sector residencial sustentado sobre el uso de combustibles fósiles. Considerando el mes de julio de mayor consumo en este sector un solo mes representa 155,22 GWh, que constituye un subsidio del país equivalente a 13 Millones de pesos (Correa et al., 2016b). A ello se le 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; Campillo, 2018); evidenciando la necesidad del empleo de FRE en la matriz energética de generación y consumo municipal, y que sea considerada la gestión de la energía por el gobierno local.

Sin embargo no se ha tenido en cuenta la inclusión de las potencialidades energéticas del municipio a través del gobierno local como elementos a integrar en el DL a través de la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDESME).

Es necesario destacar que en el municipio de Cienfuegos se concentran las mayores cantidades de industrias y sectores económicos de la provincia, con una población residente de 176 244 habitantes (ONEI, 2017); el municipio representa el mayor generador de residuos sólidos con un aproximado de 132 183 Kg/día y el 92% del consumo de energía eléctrica de la provincia. Por lo que accionar sobre el municipio Cienfuegos en la determinación y gestión de las potencialidades energéticas constituiría una oportunidad para el cambio de la matriz energética municipal, teniendo en cuenta sus particularidades, siendo este representativo al ser una Ciudad de 1er Orden donde confluyen indistintamente en sus Consejos Populares urbanización, urbanización-ruralidad y ruralidad; estudio que puede ser extensible a todos los municipios de la Provincia de Cienfuegos y de Cuba.

Todo lo anterior representa la **Situación problemática** de la investigación de ahí que se enuncie el siguiente **Problema científico**:

¿Cómo contribuir a la integración de las potencialidades energéticas a la estrategia de DL del municipio Cienfuegos?

Para dar respuesta al problema que se declara, se establecen los siguientes elementos metodológicos para la organización de la investigación.

Hipótesis:

La determinación de las potencialidades energéticas locales contribuirá al perfeccionamiento de la EDESME de Cienfuegos.

Se comprueba la Hipótesis si se logra:

INTRODUCCIÓN

- La aplicación de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial.
- Realizar la propuesta de una tecnología para el tratamiento de los RSU.

Variables:

Variable independiente: Determinación de las potencialidades energéticas locales.

Variable dependiente: Perfeccionamiento de la estrategia de DL con énfasis en la energía.

En correspondencia al problema declarado se plantea el **Objetivo general de la investigación** que consiste en: Integrar las potencialidades energéticas locales a la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio documental sobre DL, estrategias de DL, FRE, los RSU y la gestión energética local con el fin de construir el marco teórico referencial de la investigación,
2. Determinar las potencialidades energéticas del municipio de Cienfuegos.
3. Proponer la inclusión de las potencialidades energéticas en la EDESM de Cienfuegos.

La justificación de la investigación está dada por la necesidad del país de perfeccionar la matriz energética basada en el control y uso de los recursos energético locales, teniendo en cuenta las potencialidades de cada territorio. Cumplir con las necesidades del gobierno del municipio de Cienfuegos y la ONURE, además de contribuir con el DL a través de la gestión del gobierno en función de dar cumplimiento a la política energética del país y al eje estratégico recursos naturales y medio ambiente, aprobados en las bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030.

Alcance de la investigación

El estudio y sus resultados se enmarcan en las potencialidades de la utilización de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y en la gestión de los RSU en el municipio de Cienfuegos como elementos a considerar en el DL.

Estructura Capítular:

Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre DL, FRE, los RSU y la gestión energética local.

Capítulo II: Se realiza una caracterización energética del municipio de Cienfuegos con el análisis de sus potencialidades.

Capítulo III: Se realiza la propuesta de la línea prioritaria de desarrollo relacionada con medio ambiente y energía.

Capítulo I





Capítulo I: Marco teórico referencial

1.1 Introducción

En la construcción del marco teórico para la investigación se hace imprescindible la revisión bibliográfica que la sustente en función de la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con el DL, las estrategias de desarrollo municipal, las fuentes renovables de energía (FRE), la generación y uso de los RSU y la gestión energética local (GEL). Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor para la elaboración del capítulo.

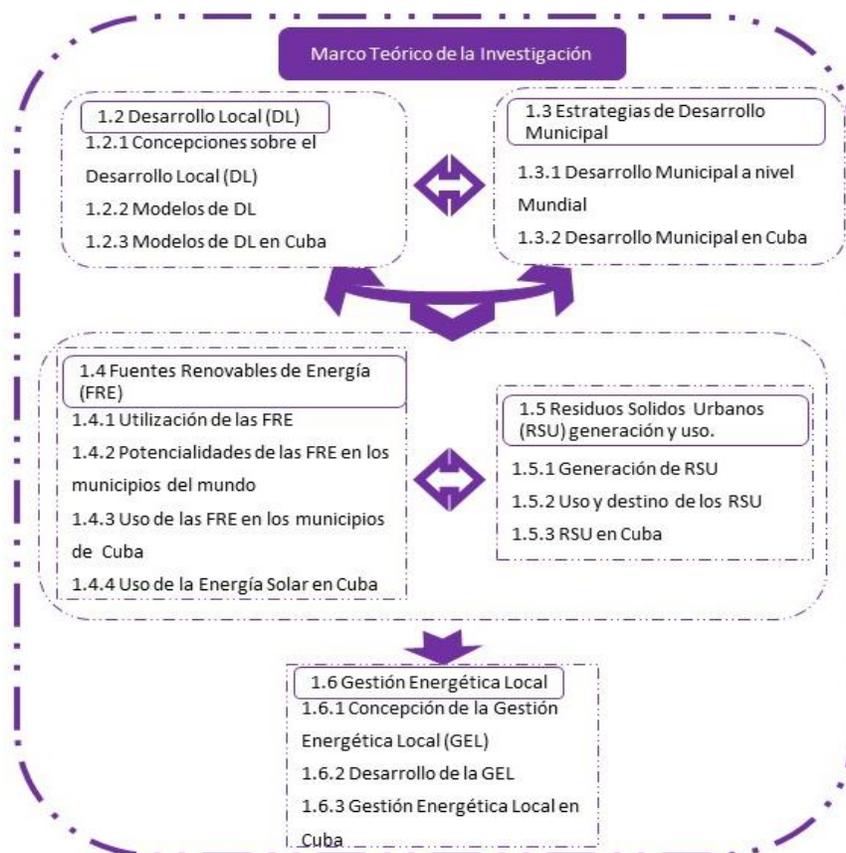


Figura 1.1: Hilo conductor de la Investigación

Fuente: Elaboración propia.



1.2 Desarrollo Local

El término desarrollo es utilizado con el sentido de definir el desarrollo sostenible más allá de ser considerado únicamente como el crecimiento económico, sino en busca de un desarrollo económicamente factible, socialmente viable y amigable con el medioambiente (Bhattacharyya, 2012). El desarrollo local (DL) nace de la necesidad de los residentes de un territorio de concentrarse en su desarrollo, como un proceso de articulación de las estructuras políticas, sociales, económicas y ambientales; enfocado a acoplar las potencialidades por medio de procesos relacionados con propósitos como la igualdad, el crecimiento y la sustentabilidad, incluyendo los recursos energéticos de un territorio, con el objetivo de garantizar el bienestar de la población (Mateo, 2012).

1.2.1 Concepciones sobre el Desarrollo Local

En la búsqueda de un desarrollo sostenible se han establecido dos tendencias: el *desarrollo exógeno* que considera el modelo de desarrollo cuyo eje principal consiste en atraer y promover la inversión externa para las regiones y el *desarrollo endógeno* que significa la capacidad para transformar el sistema socio-económico, la habilidad para reaccionar a los desafíos externos, la promoción del aprendizaje social y la habilidad para introducir formas específicas de regulación social a nivel local (Garofoli, 1986; Vázquez, 1988; Arocena, 1995; Beccatini, 1997; Vázquez, 1999 y Vázquez, 2000), según León y Miranda (2006) es la habilidad para innovar a nivel local. En las últimas décadas del siglo XX debido al fenómeno de la globalización y al impulso de la innovación tecnológica, ha surgido una nueva acepción del desarrollo de este debido a su estrecha asociación con la cultura local y con los valores incluidos en ella (Boisier, 1999).

Los objetivos generales del DL son: la transformación del sistema productivo local, el crecimiento de la producción, la mejora del nivel de vida y de empleo de la población (Vázquez, 1988); también incluye objetivos genéricos en sus políticas, siendo estas: (1) crecimiento de la producción y empleos locales, (2) mejora del nivel de vida de la población, (3) transformación del sistema productivo local, (4) desarrollo del potencial endógeno, (5) aumento de la capacidad local de decisión, (6) incremento de la capacidad territorial de atracción y el diálogo entre actores y (7) dinamización de la sectorialidad local (León y Miranda, 2006).



Por su parte Lazo (2002) define los agentes del desarrollo local, factores endógenos y exógenos siendo estos: (1) asesores locales dedicados a poner en contacto al emprendedor con los múltiples programas de ayuda y formación que ofrecen las distintas administraciones sobre los factores endógenos, (2) los recursos materiales existentes en el territorio, sumados a la calidad de los recursos humanos, su capacidad emprendedora y organizativa y (3) el capital, infraestructura y tecnología. Así como enuncia las premisas para un modelo de DL siendo estas:

- Adaptación al territorio.
- Carácter práctico y concreto.
- Coordinación de los diferentes actores y agentes.
- Acceso a servicios de información.

1.2.2 Modelos de Desarrollo Local

En materia de DL no existe un único modelo sino tantos como experiencias, los cuales constituyen modelos autónomos cuyo control debe ejercerse en el ámbito local (Padilla, 2006), algunos de ellos se relacionan a continuación: Becattini (1997), Barreiro (2000), Lazo (2002), Leydesdorff y Etzkowitz (2003), Silva (2007), Arnkil *et al.* (2010), Boffill (2010) y Michalus (2011).

Estos modelos de DL tienen en común que, aunque indistintamente enfocan el desarrollo exógeno y endógeno en función de las necesidades de desarrollo territorial o local, consideran el uso flexible de los recursos locales, la cooperación de actores como las universidades, empresas, el estado y la incorporación de la innovación en gestión del conocimiento.

1.2.3 Modelos de Desarrollo Local en Cuba

El DL constituye un proceso activador de la economía y dinamizador de la sociedad local (Lazo, 2002) que se sustenta en la gestión del liderazgo y en la búsqueda del equilibrio entre la eficiencia, equidad y ecología; conteniendo como aspectos fundamentales lo económico, social y ambiental. Por lo que debe preservar los cambios estructurales que potencien la solidaridad, justicia social, calidad de vida y uso racional de los recursos endógenos garantizando una mejora del bienestar social en el presente y el futuro (Pino y Becerra, 2003; Pino, 2008).



En Cuba el DL se orienta como el proceso que implementa a escala local las transformaciones de las dimensiones ambiental, económico-productiva y político-social interconectado con el entorno (Guzón, 2005). Un elemento distintivo del DL para Cuba es que constituye un complemento necesario a las políticas y objetivos nacionales, donde las iniciativas de DL deben revitalizar el vínculo entre las autoridades centrales y la administración provincial y municipal, brindando mayor protagonismo a los actores locales en la búsqueda de soluciones a sus propios problemas (González y Samper, 2005); siendo necesario el fortalecimiento de las estructuras y los poderes locales, a partir de la estimulación, la participación ciudadana y del logro de acciones integradas a nivel de procesos de producción local (Caño, 2004; Iñiguez y Ravenet, 2005, Rodríguez, 2005).

Boffill (2010) y Núñez (2012) consideran que los gobiernos locales no deben perder de vista la gestión integradora que conforman Universidad-Conocimiento-Ciencia-Tecnología-Innovación en los territorios. Castro (2015) por su parte plantea que los sistemas locales de innovación, orientados adecuadamente desde las perspectivas y prioridades de los gobiernos locales, estimulan una mejor gestión de gobierno con enfoque de sostenibilidad, un ejemplo lo constituye la articulación del proyecto ramal Gestión Universitaria del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo (GUCID), en respuesta a las demandas de los diferentes municipios en el país y que dispone de un set de indicadores que permiten evaluar la contribución al DL (Castro, 2008; Castro y Agüero, 2008; Castro *et al.*, 2013a; Castro *et al.*, 2013b; Castro *et al.*, 2014a; Castro *et al.*, 2014b; Castro y Rajadel, 2015).

La gestión de proyectos en el DL debe basarse en que los actores locales son las instancias provinciales y municipales del Poder Popular y las entidades productivas y no productivas locales (Lazo, 2002; Rodríguez, 2005), para que estos proyectos tengan éxito se exige el mejoramiento continuo de la gestión de los decisores y actores del DL en los territorios (Ruíz y Becerra, 2015). En la búsqueda del DL en Cuba se han diseñado modelos, metodologías y procedimientos entre los que se encuentran:

- Modelo general de dirección del desarrollo local (Lazo, 2002).
- Propuesta metodológica iniciativa municipal para el desarrollo local (González y Samper, 2005).
- Metodología para una estrategia de desarrollo local (Silva, 2007).
- Modelo conceptual para el desarrollo local basado en el conocimiento y la innovación (Boffill, 2010).
- Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río (Díaz y Rodríguez, 2011).



- Procedimiento para determinar los factores incidentes en la potenciación del desarrollo socioeconómico local (González et al., 2013).
- Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial (Castro, 2015).

1.3 Estrategias de Desarrollo Municipal

La estrategia de desarrollo necesita un alto nivel de organización a fin de aprovechar todos los recursos, requiere la potenciación de las estructuras existentes en el ámbito municipal y su funcionamiento integrado. El desarrollo local, en su intención de contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población en el municipio, moviliza recursos endógenos y soluciona problemas en esta escala con un enfoque multidimensional de acción, tanto en lo económico-productivo como en lo político-institucional, lo sociocultural y lo ambiental (Pomares y López, 2013).

1.3.1 Estrategias de Desarrollo Municipal a nivel mundial

Los municipios han sido prestadores de servicios, por lo que desde principios de los años '90 del siglo XX su papel ha formado parte de la agenda de discusión en políticas públicas. Por una parte, el Estado ha transferido nuevas competencias a los niveles inferiores, a veces sin los recursos financieros correspondientes y con escasa capacidad, tanto institucional como de gestión y por otra, una sociedad civil que pide mayor eficiencia y control. No sólo se habla de la reforma del estado municipal, sino que también se debate sobre las nuevas actividades que los municipios deben realizar y en qué forma (García, 1997).

Según Di Pietro (2000) en el caso latinoamericano es notorio que el crecimiento económico que ha experimentado la región no se ha acompañado de un aumento de la equidad ni de una disminución de la pobreza. El Producto Interno Bruto (PIB) de América Latina creció en promedio entre 1990 y 1997 cerca de una 30%. La mayoría de los países de la región mostraron un crecimiento promedio anual del 3% al 4%. Una de las alternativas que se plantea, por consiguiente, es encarar un tipo de políticas capaz de estimular la creación de entornos territoriales innovadores para la concertación estratégica de actores sociales y el fomento de la creatividad productiva y empresarial local. En el caso de Argentina, además, hay que mencionar como factor determinante el proceso de Reforma estructural del Estado, llevado adelante a partir de inicios de los '90, que incluye la estabilización económica, las

Capítulo I



políticas de descentralización y la reforma institucional (revalorizando las instancias municipales) (Di Pietro, 2000; Nuñez y Alcazar, 2016; KPMG, 2016).

El escenario social de fin de siglo en Latinoamérica y Argentina presenta profundos contrastes. Por un lado, crecimiento en la macroeconomía, avances tecnológicos, fortalecimiento del proceso de democratización. Por otro, vulnerabilidad y exclusión social, aumento de la desocupación y de la desigualdad en la distribución de la riqueza, persistencia de la pobreza y desintegración de los principios de la solidaridad. La crisis en Europa se traduce en la coexistencia de regiones deprimidas con regiones súper industrializadas dentro de un mismo país; la decadencia de las palancas tradicionales de industrialización, como la siderurgia y la consecuente desocupación o subocupación. Se relaciona, además, con la crisis del modelo de desarrollo fordista, de carácter concentrador, urbano industrial y liderado por las grandes empresas (Di Pietro, 2000 y KPMG, 2016).

Existen dos programas significativos en cuanto a Desarrollo municipal: uno europeo, el Leader, impulsado y financiado por la Unión Europea (U.E) y el otro, localizado en el Nordeste del Brasil bajo las premisas del Proyecto de las Naciones Unidas para el Desarrollo en régimen de colaboración con el Banco del Nordeste. Nacen bajo una estructura administrativa supraestatales e internacionales, ideándose para su aplicación en zonas de bajos niveles de desarrollo y de carácter rural. Contienen programas como el Plan de Desarrollo Comarcal llevándose a cabo en la Comunidad Autónoma de Galicia (España), o el PRODEM que se está implementando en el Estado de Bahia (Brasil). Ambos defienden una gran participación social adoptando una perspectiva integral a la hora de abordar las estrategias de desarrollo para cada espacio. Ahora se valoran e insertan dentro de las dinámicas de desarrollo conceptos como la calidad ambiental, la recuperación cultural y la participación social. En definitiva, la metodología de ambos programas se sustenta en tres pilares básicos: el primero implica un cambio cultural tanto de los responsables políticos como de la población, el segundo es la perspectiva sustentable que adquieren dichas propuestas de desarrollo, tanto desde un punto de vista medioambiental, como económico y por último suponen un intento de reacción frente a las grandes redes características del actual mundo globalizado. Las acciones y proyectos están localizados en un territorio concreto y deben adaptarse a sus peculiaridades para de este modo poder asegurar su viabilidad (Rodríguez, 2000).

Rodríguez (2000) afirma que pueden extraerse dos lecturas contrapuestas. Una optimista y otra pesimista. La optimista es el planteamiento de una voluntad, al menos hipotética, de enfrentarse a las



múltiples dificultades y desigualdades territoriales, sociales, económicas y medioambientales existentes. Llevándose a cabo estos intentos tanto en los espacios periféricos y menos desarrollados de la Europa comunitaria como en América Latina. La pesimista es la pobreza de discurso existente y a su vez su gran carácter utópico. Es difícil comprender como se pueden plantear soluciones casi idénticas a problemáticas y situaciones tan diferenciadas como las existentes en las áreas de referencia. Y como se insiste en generalizar una metodología de desarrollo con unos fundamentos muy similares que al final tenderán a generar un efecto contrario ya que las condiciones de base, de todo tipo, son tremendamente diferenciadas.

Se han trazado muchas estrategias de desarrollo a través de políticas públicas, por ejemplo: América del Sur viene, de una tradición de políticas “pasivas” vinculadas al mercado de trabajo y ante situaciones de desempleo, debe actuar a través de medidas “pasivas” como el seguro de paro o vía a la seguridad social. La realidad ha marcado que el desempleo se ha vuelto más frecuente y el retorno al mercado laboral necesita de nuevos saberes e instrumentos. Nuestro subcontinente ha reconocido diversas experiencias de políticas activas de empleo quedando pendiente cual puede ser el rol de los gobiernos locales en este tema (Gallicchio, 2004).

De acuerdo con Vázquez (2009) la búsqueda de la salida de la crisis en algunos territorios, traen la implantación de políticas estructurales que tienen una aproximación funcional y las políticas de desarrollo local que definen sus acciones con un enfoque territorial. Las políticas de desarrollo local enfrentan la cuestión del ajuste y de la reestructuración de los sistemas productivos en función de la competitividad de las empresas en los mercados de productos y de factores.

1.3.2 Estrategias de Desarrollo Municipal en Cuba

En la década de los 70 del siglo XX en Cuba se elabora una división político- administrativa, basada en las características físico-geográficas, la distribución de la población, la regionalización económica del país y las perspectivas de desarrollo de los diferentes territorios, resultando en el año 1976, 14 provincias (más el municipio especial) y 169 municipios más grandes. Recientemente, la provincia de La Habana se dividió en dos: Artemisa y Mayabeque. La creación de los Órganos Locales del Poder Popular, intenciona la concentración de la mayoría de las actividades económicas y sociales bajo la administración de las instancias municipales (Guzón, 2014).

Capítulo I



Actualmente se realizan Proyectos de Desarrollo Local (PRODEL) gestionado por el CITMA, con el objetivo de dar una herramienta a los Gobiernos Locales para garantizar desde el propio municipio respuestas adecuadas a las necesidades básicas y aspiraciones económicas, materiales y espirituales de la sociedad local.

En respuesta a las limitantes de los Gobiernos Locales se han realizado alrededor de 25 programas de Desarrollo Municipal (DM), evaluados en cuanto a: Caracterización del territorio, Potenciales para el desarrollo, Barreras para el desarrollo, Visión, Aliados estratégicos, Fuentes de Financiamiento, Líneas estratégicas, Fortalezas, Debilidades, Oportunidades, Amenazas, Indicadores de Medición, Lineamientos que desarrolla y Estados de opinión de los pobladores.

Se pone de manifiesto PRODEM en los municipios Mantua, San Cristóbal, Güira de Melena, Santa Cruz del Norte, Jagüey Grande, Manicaragua, Placetas, Aguada de Pasajeros, Fomento, Jatibonico, Cabaiguan, Yaguajay, Florencia, Minas, Manatí, Calixto García, Bartolomé Maso, Buey Arriba, Mella y San Antonio del Sur observándose ascendencia, o sea una reacción positiva al proyecto en la mayoría de los indicadores evaluados (Ver Figura 1.2).

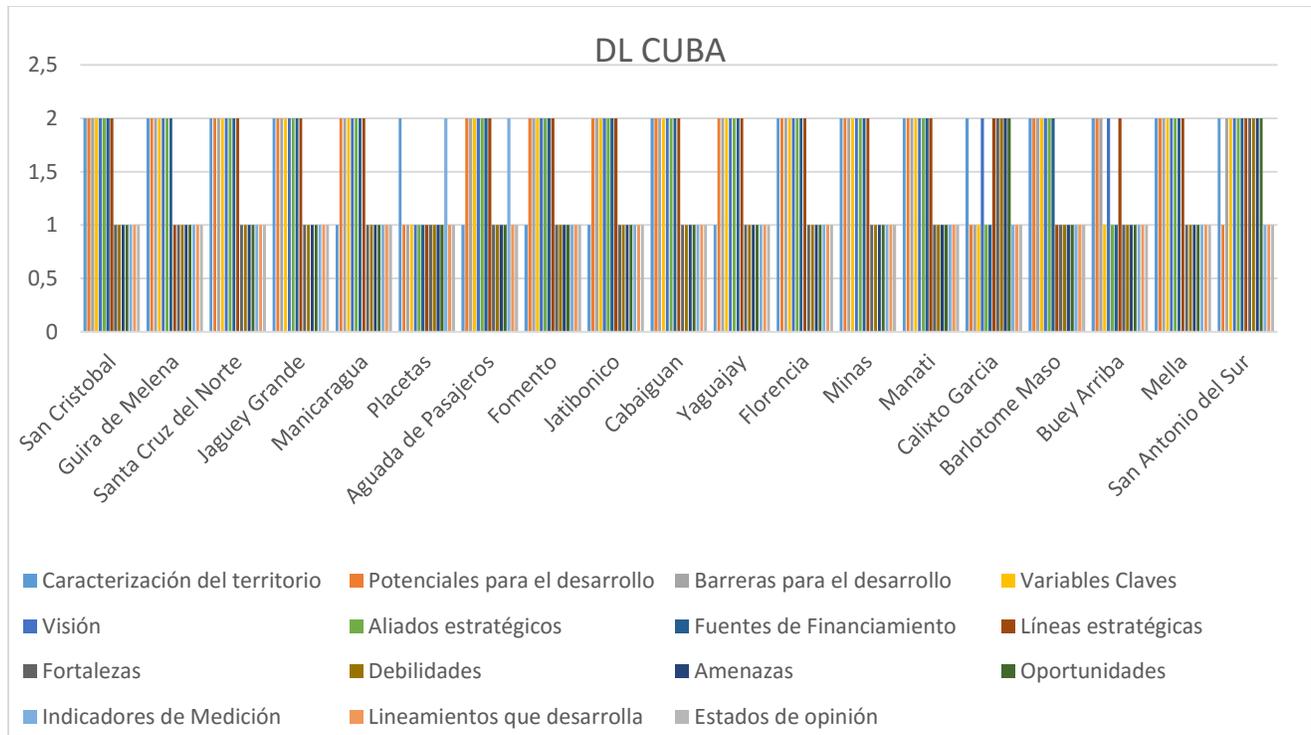


Figura 1.2: PRODEM CUBA. Fuente: Elaboración propia.



En los municipios Cruces, Rodas, Palmira, Lajas y Aguada de Pasajeros se realizan programas de DM, arrojando buenos resultados en la mayoría de los aspectos analizados excepto en la creación de la matriz DAFO, siendo el municipio con menos logros Aguada de Pasajeros (Ver Figura 1.3).

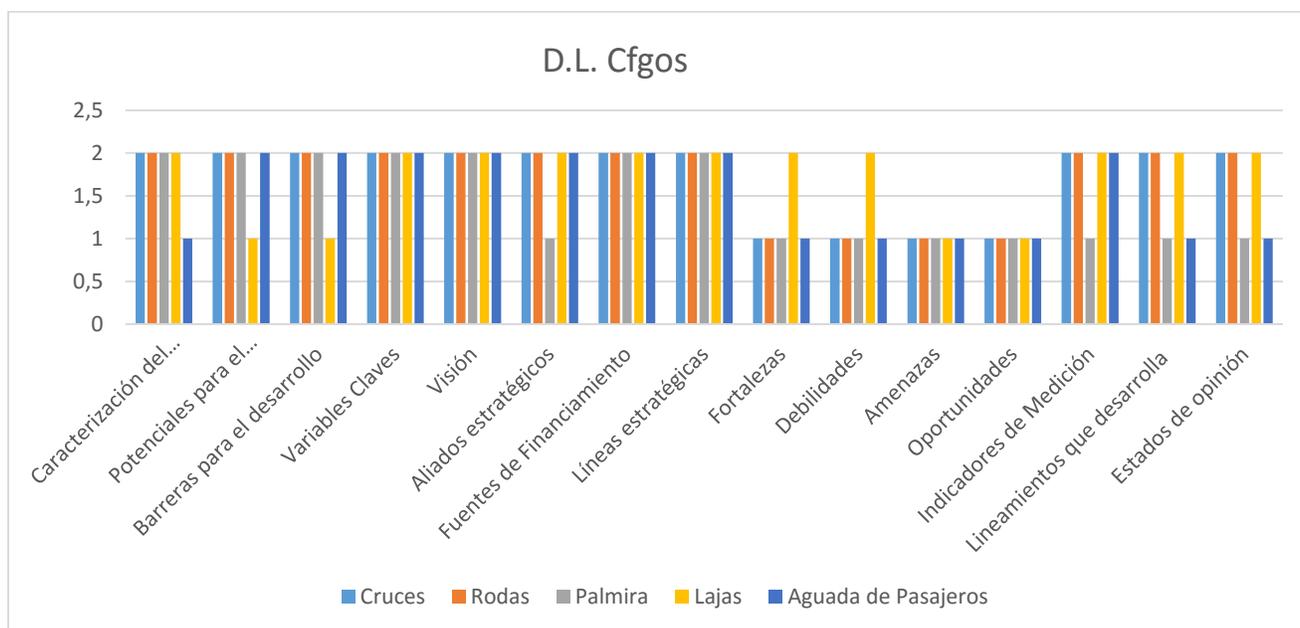


Figura 1.3: PRODEM Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

1.4 Fuentes renovables de energía

Las FRE son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado (Schallenberg, et al., 2008).

Entre las FRE se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar (térmica y fotovoltaica), undimotriz, la biomasa y los biocombustibles. Las energías renovables provienen de forma directa o indirecta de la energía del Sol; constituyen una excepción la energía geotérmica y la de las mareas (Schallenberg, et al., 2008). Según plantea Santana (2013) y González (2016) solo con energía fotovoltaica se podría cubrir 3,8 veces la demanda energética mundial tal como se muestra en la Figura 1.4.

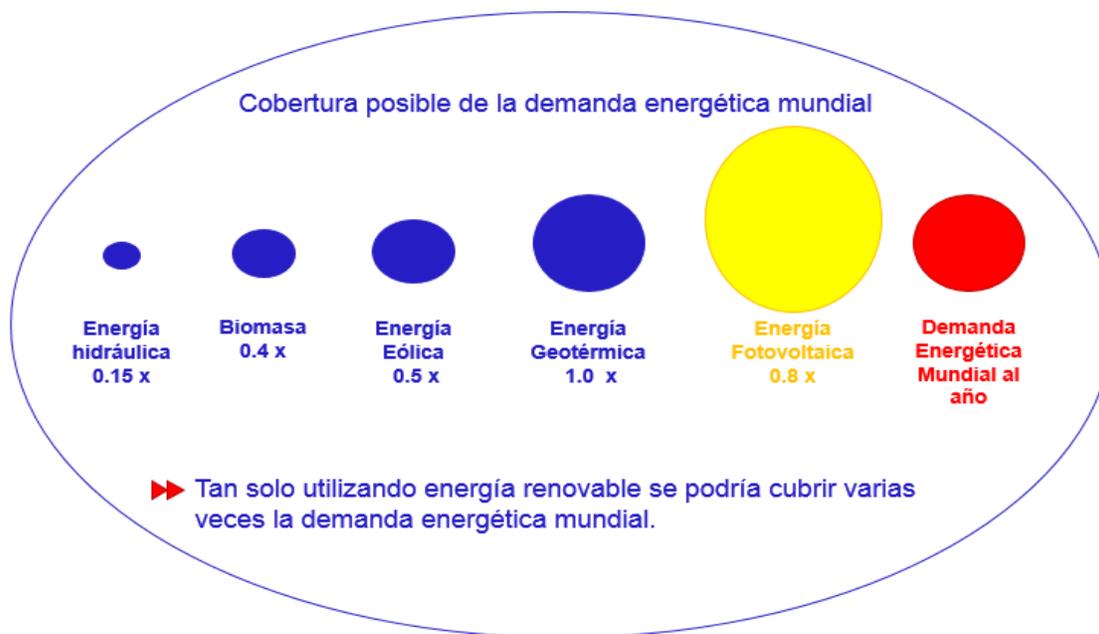


Figura 1.4: Cobertura posible de la demanda energética mundial. Fuente: Elaboración Propia.

1.4.1 Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo

La creciente exigencia de niveles de confort, la mecanización de las tareas, la demanda de mayores cotas de rápida y cómoda comunicación, la modernización de la sociedad post-industrial, el crecimiento demográfico y la inherente aceleración de los ritmos de vida, conllevan inexorablemente a mayores demandas energéticas (Nfumu, 2017).

Para Velázquez (2013) la energía es fundamental para el desarrollo de las tecnologías y para proporcionar la mayoría de los servicios esenciales que mejoren la condición humana. Sin embargo, el uso de la energía produce invariablemente una ruptura del equilibrio ambiental, provocando una reacción de la naturaleza que puede causar consecuencias adversas para el propio hombre. Desde que se manifestó mundialmente la necesidad de desarrollar una política ambiental, se comenzó a considerar el desarrollo y la utilización de FRE.

Las FRE son parte de la solución hacia un desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responde 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 tienen la ventaja adicional de complementarse favoreciendo la integración entre ellas (Roqueta, 2014).

Capítulo I



Según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA) en el 2016 el crecimiento de las energías limpias es imparable debido a que el 23% del total de electricidad generada a nivel global corresponde a energías renovables, estas representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, toda vez que se han constituido en la segunda fuente global de electricidad, sólo superada por el carbón (IEA; OECD/IEA, 2016).

Dicha agencia afirma también que el fuerte apetito mundial de electricidad elevará la demanda en más de un 70% hasta 2040, y se realizará un esfuerzo concertado para reducir las consecuencias ambientales de la generación de energía. Las energías renovables alcanzarán al carbón como mayor fuente de electricidad a principios de los años 2030 y representarán más de la mitad de todo el crecimiento en el período para 2040 (Roca, 2015).

Roca (2015) plantea también que la generación basada en energías renovables alcanzara el 50% en la Unión Europea en 2040, alrededor del 30% en China y Japón, y por encima de 25% en Estados Unidos y la India. La participación del carbón en la generación total de electricidad se reducirá al 30% en el 2040, y la potencia de las plantas ineficientes disminuirá en un 45%. Alrededor de 550 millones de personas en el mundo permanecerán sin acceso a la electricidad en el 2040, la mayoría de ellos en el África subsahariana.

Según Planelles (2016) el acuerdo de París fija, entre otros objetivos, elevar los “flujos financieros” para caminar hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero, cuya sobreacumulación en la atmósfera por las actividades humanas ha desencadenado el cambio climático. La lucha contra el cambio climático consigue poner de acuerdo casi al mundo entero. Los representantes de cerca de 200 países, reunidos en la Cumbre del Clima, adoptaron el primer acuerdo global para atajar el calentamiento desencadenado por el hombre con sus emisiones de gases de efecto invernadero. Los esfuerzos que hay ahora no son suficientes para impedir que el aumento de la temperatura a final del siglo se quede “muy por debajo de los dos grados”, el objetivo que persigue el pacto. Todos los países firmantes deben limitar sus emisiones, aunque los desarrollados tienen que hacer un mayor esfuerzo y movilizar 100 000 millones de dólares anuales.

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) dio a conocer que, duplicar la cuota de energías renovables en el mix energético mundial hasta alcanzar el 36% en 2030 supondría un



crecimiento adicional a nivel global del 1,1% ese año (equivalente a 1,3 billones de dólares), un incremento del bienestar del 3,7% y el aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas, frente a los 9,2 millones actuales. La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá asimismo efectos económicos muy positivos (AIE, 2016).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por el Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General de las Naciones Unidas reconocen la importancia del medio natural y sus recursos para el bienestar del ser humano. En su conjunto, constituyen una excelente compilación para el siglo XXI, puesto que buscan soluciones a los diversos problemas a los que se enfrenta la comunidad mundial. El ODS 7 (“garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”) es un problema que afecta a todos los países y los alcanza a todos (ONU, 2015).

La energía debe generarse con un caudal constante para satisfacer las necesidades humanas, mantener y mejorar el funcionamiento de la sociedad y hacer progresar las condiciones de vida. También debe desempeñar esas funciones de la forma más sostenible posible, es decir, la cantidad de energía generada debe ser mucho mayor que los desechos y la contaminación resultante. Toda la energía sostenible debe ser moderna, aunque no todas las formas de energía moderna son sostenibles (ONU, 2015).

El acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos es una parte fundamental del desarrollo mundial en el siglo XXI. Aún no se dispone de todas las soluciones que se necesitan para afrontar este reto, y las que sí están disponibles pueden no ser claras. Será difícil encontrar estas soluciones y adaptarlas a cada escala, sin embargo, la tarea se puede lograr si las organizaciones internacionales demuestran la suficiente visión, si los gobiernos consiguen trabajar juntos y si se ofrecen a las comunidades y a las personas los incentivos adecuados y los medios necesarios. El ODS 7 es como mínimo un paso importante en esa dirección (ONU, 2015).

1.4.2 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo

El desarrollo humano sostenible apunta a una formación para que se contamine cada vez menos, se tenga un ambiente más sano y se mejore la calidad de vida de todos los habitantes. En este plan cada ciudadano tiene un espacio de intervención, como también todas las áreas municipales. Se pondera el apoyo emprendedor que permite fabricar en las ciudades cocinas solares, colectores y luminarias, la



instalación de la energía solar en espacios públicos, como también la creación de una campaña de sensibilización con fomento municipal (Nfumu, 2017).

En el mundo, más de 100 ciudades obtienen entre el 70 y el 100% de su energía a partir de fuentes renovables. Entre las ciudades de América Latina que optan actualmente por el uso de energía renovable se encuentran: 47 estados de Brasil incluyendo a Brasilia, cuatro de Colombia incluyendo a Medellín, Temuco en Chile, León de los Aldamas, Quito y Chorrera en México, Ecuador y Panamá, respectivamente, (ecoosfera, 2018).

1.4.3 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba

El uso de la hidroenergía como fuente de generación de electricidad en Cuba, data de principios del siglo XX, cuando se pusieron en explotación pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, entre los que figuran la pequeña central hidroeléctrica del Guaso, en Guantánamo, con una potencia de 1 800 kW; la Hidroeléctrica de San Blas, en Cumanayagua provincia de Cienfuegos, con 2 000 kW; la de Piloto, con 295 kW y en San Vicente, con 71 kW, ambas en Pinar del Río, y Barranca, en Granma, con 200 kW; todas en operación. En la actualidad operan 180 instalaciones hidroeléctricas: 1 central hidroeléctrica, 7 pequeñas centrales hidroeléctricas, 35 mini hidroeléctricas y 137 micro hidroeléctricas. La capacidad instalada total es de 62,22 MW, con una producción de energía eléctrica de 149,5 millones de KWh/año (Nfumu, 2017). La provincia de Cienfuegos cuenta además con 5 mini hidroeléctricas las cuales se muestran a continuación en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Ubicación de las mini hidroeléctricas de la provincia de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración Propia.

Nombre	Potencia Instalada (kW)	Potencia de Trabajo Promedio (kW)
Cueva del Gallo	100	11
Guanayara	100	7
El Mamey	55	18
El Nicho	300	72
Naranja	30	5



1.4.4 Uso de energía solar en Cuba

Cuba como país en vías de desarrollo, ha empezado a transformar su economía con el objetivo de disminuir los consumos excesivos de petróleo, buscando energías alternativas, que sustituyan la dependencia económica que tiene sobre el petróleo y disminuya a la vez, la carga contaminante que genera la producción de electricidad a partir de esa fuente de energía (Rodríguez, 2002).

Según la empresa ECOSOL, en cada metro cuadrado del territorio cubano se recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a medio kilogramo de petróleo combustible o 5 kWh de energía eléctrica, lo que representa un ahorro significativo para el país y una prueba fehaciente de la sustentabilidad de esta fuente energética (Rodríguez, 2002).

En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar la energía alternativa, principalmente la energía solar, mediante paneles de celdas fotovoltaicas que la convierten en electricidad. En la Figura 1.5 se muestra un resumen de los datos más significativos del uso de las FRE en Cuba y específicamente en la provincia de Cienfuegos.

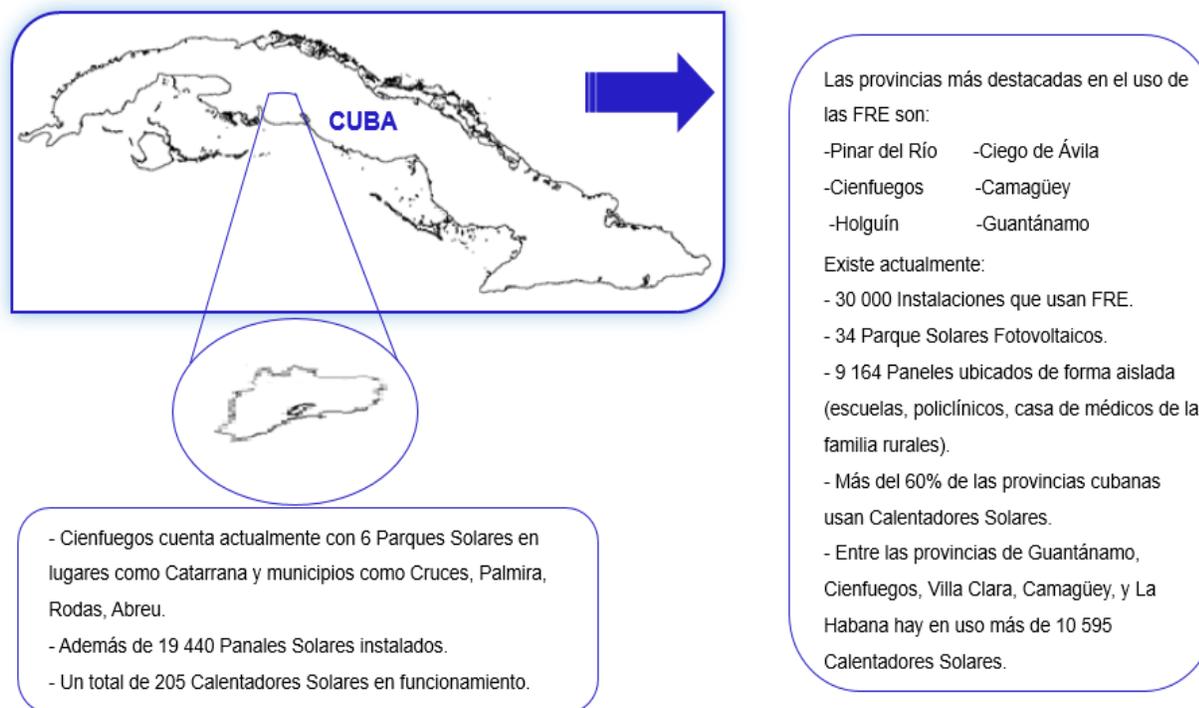


Figura 1.5: Aplicación de las FRE en Cuba y Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia



En la provincia de Cienfuegos, se encuentra el parque fotovoltaico en el municipio de Palmira, ejecutado por fuerzas pertenecientes a la Empresa de Obras de Arquitectura (ECOA-37). La instalación, financiada por la Empresa Desarrolladora de Inversiones de Fuentes Renovables y Energía, cuenta con 14 400 paneles solares y posee una capacidad de 3,6 MW en el horario de mayor radiación solar. Con un costo de más de 10 millones de pesos, es la de mayor capacidad generadora instalada en dicha provincia y, se suma a las ya existentes en Cantarrana y Cruces, para entregar entre las tres más de 9 MW al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Por otro lado, a tan solo 26 km del centro de la ciudad, ya en la mitad de su ejecución, está el parque solar fotovoltaico El Pino, tutoradas por las mismas empresas. La pequeña central solar, ubicada en áreas cercanas a la cabecera municipal de Rodas, es erigida a un costo de seis millones 540 000 pesos, con una capacidad generadora de 2,2 MW, dispone de 3 520 cimientos, 880 mesas y 8 800 paneles. Con estas instalaciones la capacidad total de la provincia por este concepto será de 11,4 MW de entrega al Sistema Electroenergético Nacional tal como se muestra en la Tabla 1.2. (Correa *et al*, 2016a).

Tabla 1.2: Resumen de las centrales solar fotovoltaicas de la provincia de Cienfuegos.

Fuente: Nfumu, 2017.

Central Solar Fotovoltaico	Costo de inversión (millones de pesos)	Capacidad de generación (MW)	Total al SEN (MW)	Provincia
Cantarranas		2.6	11.4	Cienfuegos
Cruces		3.0		Cienfuegos
Palmira	10 000	3.6		Cienfuegos
Rodas	540 000	2.2		Cienfuegos

Se prevé hacia el 2030 haber alcanzado los 50 MW de generación fotovoltaica en una provincia donde se edificarán además otras dos instalaciones de este tipo en los municipios de Aguada de Pasajeros y Rodas, como parte de la decidida apuesta por la energía renovable establecida en el territorio (Fernández, 2015; Molina, 2016; Campillo, 2018).



1.5 Residuos Sólidos Urbanos generación y uso

El acelerado incremento de los RSU generados por el aumento de la población en las ciudades, y el desarrollo industrial unido al crecimiento urbano, constituyen una problemática ambiental que se generaliza a la gran mayoría de los países del mundo, incluyendo los desarrollados. Además de la composición es preocupante el volumen, que ha tenido a nivel mundial una tendencia creciente, y aunque algunas naciones cuentan con un marco legal para el control de desechos, casi todas carecen de la infraestructura técnica y los recursos humanos necesarios para ponerlo en práctica (Rodríguez, 2017).

Existen factores macro que provocan presiones sobre el medio ambiente, estos son: el crecimiento poblacional, el desarrollo industrial, el crecimiento de las áreas urbanas; con ellos las ciudades son azotadas por un nuevo problema relativo a la contaminación y deterioro generalizado del medio ambiente, como consecuencia de la producción de grandes volúmenes de desechos sólidos urbanos. Este factor permite conocer los problemas que pueden provocar la retención de los desechos, técnicas inapropiadas de recogida de basura, ineficientes instalaciones destinadas al tratamiento, carencia de infraestructura para el acopio, transportación y disposición final, entre otros aspectos que influyen en este proceso (PNUMA, 2007).

1.5.1 Generación de los Residuos Sólidos Urbanos

La generación de RSU varía según ciertas características, la región y el país son variantes significativas al igual las diferentes zonas en una misma ciudad. Los volúmenes de desperdicio a nivel global se incrementan más rápido que los niveles de urbanización (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

La generación residual anual en Asia del Este y el Pacífico es aproximadamente 270 millones de toneladas al año. Esta cantidad es principalmente influenciada por la generación residual en China, lo cual forma 70 % del total de la región. Debido al poder adquisitivo el índice de generación se varía desde 0,44 hasta 4,3 kg por persona al día para la región, con un promedio de 0,95 kg día /per cápita. En Asia Central, el derroche generado por año es por lo menos de 93 millones de toneladas y ocho de los países de la región no tienen datos disponibles en la generación residual en la literatura por lo que el índice de generación va desde 0,29 hasta 2,1 kg por persona al día, con un promedio de 1,1 kg día /per cápita. Mientras que Asia del Sur genera aproximadamente 70 millones de toneladas de basura al



año, con un valor per cápita entre 0,12 y 5,1 kg por persona al día y un promedio de 0,45 kg día /per cápita (Hoornweg et al 2005; Srivastava et al 2014; Liu et al 2015).

Latinoamérica y el Caribe tienen los datos más comprensivos y coherentes. La cantidad total de residuos sólidos al año en esta región es de unos 160 millones de toneladas, con un índice per cápita extendiéndose desde 0,1 hasta 14 kg día /per cápita, y un promedio de 1,1 kg día /per cápita. En la región del Oriente Medio y África del Norte, la generación residual bien fundada es de 63 millones de toneladas al año, con un índice per cápita de generación entre 0,16 y 5,7 kg por persona al día, conformando un promedio de 1,1 kg día /per cápita. Por otra parte, los países de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá generan 572 millones de toneladas al año los valores per cápita se extiende desde 1,1 para 3,7 kg por persona al día con un promedio de 2,2 kg día /per cápita (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

Se puede constatar que la generación residual está concentrada en los países con mayor poder adquisitivo y con mayor población principalmente el continente asiático y Europa como se muestra en la Figura 1.6.

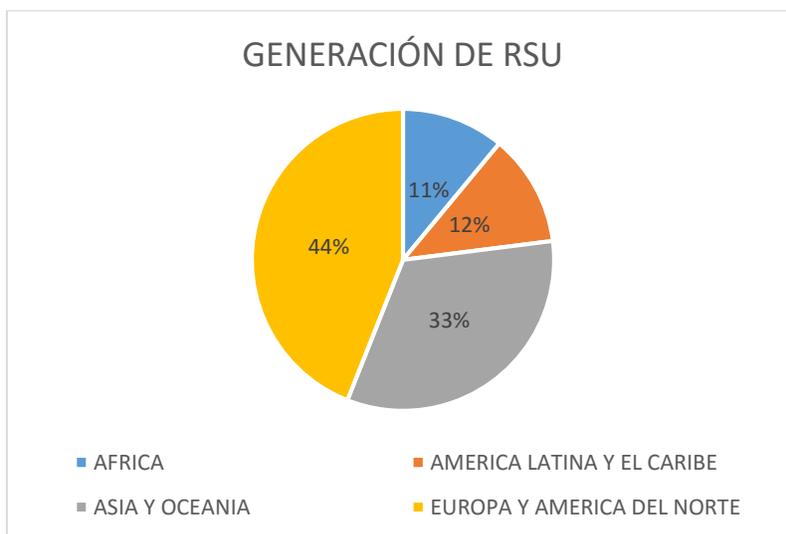


Figura 1.6: Porcentaje de generación de RSU por continente. Fuente: Elaboración propia.

Hoornweg y Bhada-Tata (2012) plantean que los países con mayores ingresos generan más desechos per cápita, mientras que los países de bajos ingresos generan menos; aunque la generación residual total de los países con ingresos medios bajos es superior a la de los países con ingresos medios altos, probablemente dado por la presencia de China en el grupo de países de ingresos medios bajo. (Ver Figura 1.7).



Generación de RSU según ingresos



Figura 1.7: Porcentaje de generación de RSU por ingreso. Fuente: (Hornweg y Bhada-Tata, 2012).

1.5.2 Uso y destino de los Residuos Sólidos Urbanos

El tratamiento de los residuos varía de acuerdo a las políticas de la región y del país. Cada continente y gobierno le brindan una importancia diferente al tema. Sobre esta materia la Unión Europea en su Directiva (2008/98/EC) establece que el primer objetivo de cualquier política residual debería ser minimizar los efectos negativos en la salud humana y el ambiente relacionada con la generación y la gestión de residuos. La política residual también debería apuntar a reducir el uso de recursos naturales (UE, 2008).

Según Lombardi, Costa, y Sirini (2017) en Europa la eliminación final de los residuos en vertederos sanitarios se considera la opción menos preferida. Las prácticas de gestión residuales actualmente adoptadas por los países miembros difieren significativamente. Los países como Alemania, Dinamarca, Países Bajos, Suecia y Bélgica tienen menos del 1,4 % de los RSU en vertederos, incinerando sobre el 35 % de los RSU y recuperando el resto con estrategias diferentes tales como: incluyendo manual mecánico u ordenando, el compostaje, la digestión anaerobia.

Además, la Directiva de vertederos de la Unión Europea (1999/31/EC) pide a todos los países miembros disminuir la cantidad de residuos biodegradables en las municipalidades que se almacenan en vertederos y con esta meta han ajustado blancos específicos de reducción, dado que la biodegradación anaeróbica de estos residuos en vertederos emite gases de efecto invernadero (UE, 1999).



Dos de las estrategias principales actualmente perseguidas en Italia para manejar a RSU son *Mechanical Biological Treatment* (MBT) y tratamiento termal (la incineración o la recuperación de energía). En 2015, sobre 36 % y 21 % de RSU municipales fue tratado en estos tipos de instalaciones, respectivamente. Las estrategias de gestión de los RSU son establecidas en regionales niveladas diferenciadas, lo que significa que se pueden contradecir según su área geográfico (Lombardi et al., 2017).

América Latina ha contado con iniciativas de clasificación de los residuos y tratamiento de los mismos por estrategias municipales en países como México, Argentina y Brasil, pero no se cuenta con una política regional que regule la emisión de los RSU (Calva-Alejo y Rojas-Caldelas, 2014; Castañeda y Pérez, 2015; Vera-Romero et al., 2015; Jiménez, 2015; Luiz da Silva, Massao, y Hernández, 2017).

1.5.2.1 Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos

La gestión de los RSU se hace difícil, lenta y costosa en todas las ciudades, pero especialmente problemática en la amplia escala de ciudades intermedias (100 000 y 500 000 habitantes) que no tienen capacidad económica y de gestión suficientes, considerando que en América Latina y el Caribe estas ciudades concentrarán una proporción significativa y creciente de la población por lo que serán claves para el futuro urbano y el desarrollo de la región (Guerrero, 2010).

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 hecho necesario poner en marcha políticas y programas de tratamiento que en un principio iban encaminadas a la eliminación de los residuos y más tarde adquirieron un carácter integral, incorporando también políticas de reducción, educación, divulgación, reutilización y valorización, mediante la aplicación de incentivos (fiscales, ayudas económicas) y al mismo tiempo de penalizaciones. Las ciudades generan más de dos millones de toneladas de residuos sólidos, lo que se prevé se duplique para el 2030 (ONU-HABITAT, 2015).

Según Fabregat y Cezar (2016) es necesario que los territorios asuman su papel en el control y aprovechamiento sostenible de sus recursos, en concordancia con las estrategias nacionales, que les



permita reinvertir las ganancias en el perfeccionamiento de las políticas públicas y el aumento de la calidad de vida de las personas.

1.5.3 Residuos Sólidos Urbanos en Cuba

Cuba no escapa de la situación internacional que presentan los residuos sólidos comunes, pues a pesar de ser identificados sus problemas en la política ambiental, no se han minimizados los males que causan al medio ambiente. Lo anterior se agrava a partir de que el país no cuenta con recursos financieros suficientes para realizar la gestión de los mismos (Cruz, 2013).

Toda la problemática ambiental que generan los residuos sólidos en Cuba, como consecuencia de su incremento y las implicaciones al medio ambiente, evidencia la necesidad de buscar soluciones. La correcta gestión ambiental de los mismos constituye una de ellas (Cruz, 2013). Según de la Peña (2011) en Cuba, a pesar de contar con normas que establecen los requisitos higiénicos sanitarios y ambientales para cada fase de gestión de los residuos sólidos comunes existen dificultades aún no resueltas. Dichos problemas son principalmente de índole financiera, pero unido a esto, existe una manifestación de indisciplina social que contribuye al deterioro de la imagen urbana y la higiene comunal, pues se arrojan desperdicios en las áreas públicas por la falta de conciencia ambiental, la inexistencia de una red de depósitos y la levedad del sistema de control estatal.

1.6 Gestión Energética Local

Desde la crisis energética de los años 70 del pasado siglo los gobiernos han adoptado políticas y programas para incrementar la eficiencia energética en la economía y la sociedad en general, lo que ha permitido: reducir la dependencia de recursos escasos y finitos, mejorar la economía de los consumidores y reducir el impacto ambiental (Wilson *et al*, 2008).

Campillo (2018) plantea que la gestión local de la energía se contempla como una línea estratégica de actuación en el marco del Mercado Interior de la Energía de la Unión Europea; este hecho, unido al creciente interés por cumplir los compromisos de la Cumbre de Kioto, así como por promover junto a la contención de la demanda energética, la diversificación y la seguridad del abastecimiento energético, colocan la gestión de la energía a nivel local en una situación reforzada respecto a otros ámbitos competenciales.



El consumo energético es cada día mayor en el ámbito urbano, se dispone de energía en todo momento lo cual representa un reto constante para la seguridad pública, económica, social y medioambiental. Se trata, por tanto, de apostar por un enfoque de los problemas energéticos desde la óptica de la demanda, con mayor implantación de las medidas de ahorro y eficiencia energética en diversos campos como la movilidad, el urbanismo, la edificación, el consumo de agua en el ciclo del agua, y también de fomentar las energías renovables como medio para disminuir la dependencia y las consecuencias económicas y ambientales del consumo de combustibles fósiles (Fernández, 2016; Campillo, 2018).

Las políticas y los planes energéticos nacionales y regionales otorgan un papel importante a las administraciones locales en la consecución de sus objetivos debido a que éstas son las entidades más próximas a los ciudadanos y por tanto, las idóneas para la puesta en práctica de acciones que reduzcan el consumo de energía y fomenten el uso de energías renovables (Campillo, 2018).

Varias son las formas en las que las administraciones locales pueden incidir en el consumo energético local, como se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local

Fuente: Elaboración propia.

Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local	
La administración local como consumidora, proveedora de servicios y productora.	Las administraciones locales son grandes consumidoras de energía en el desarrollo de su actividad diaria, utilizan muchas dependencias (oficinas, instalaciones deportivas, etc.) y gestionan servicios como el alumbrado público o flotas de vehículos. También pueden ser productoras de energía utilizando las energías renovables en sus instalaciones, fomentando así su propio autoabastecimiento energético.
La administración local como motivadora y ejemplo a seguir.	Las administraciones locales pueden ayudar a informar y motivar sobre el ahorro de energía y el uso de las energías renovables, desarrollando programas de educación ambiental, campañas de sensibilización y también dando ejemplo con sus acciones.
La administración local como planificadora y reguladora.	Las administraciones locales tienen competencias de ordenación territorial y ordenación del tráfico que afectan directamente al consumo energético de los ciudadanos. Como reguladora también pueden elaborar ordenanzas que disminuyan el consumo de energía o fomenten el uso de las energías renovables.



La diversidad, complejidad y transversalidad de las acciones que un municipio puede llevar a cabo con el objetivo de ahorrar energía, promover las energías renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como los diferentes niveles sobre los que puede actuar (normativo, ejecutivo, de educación y sensibilización, etc.), obligan a elaborar una buena planificación que integre todos estos elementos y establezca compromisos firmes (Rodríguez, 2016; Campillo, 2018).

Según Campillo (2018) muchos municipios desarrollan acciones concretas en este ámbito, pero una verdadera política energética y contra el cambio climático municipal necesita contar con un instrumento, un plan energético y de lucha contra el cambio climático local, que establezca unos objetivos medibles y realistas, las acciones a llevar a cabo, la financiación necesaria, los responsables y las fórmulas de seguimiento de los resultados.

Para la elaboración y coordinación de los temas energéticos en general, ya desde 1990 se promueve la creación de las Agencias Locales de Energía, organismos autónomos que tienen como función la planificación energética, la información y el asesoramiento a los consumidores, la ayuda al montaje, la financiación, el seguimiento y la evaluación de proyectos de gestión de la energía (Correa et al., 2017a).

1.6.1 Concepción de la Gestión Energética Local

La importancia de que los gobiernos locales se impliquen en el fomento de la eficiencia energética y de la energía limpia, está dada porque ellos tienen influencia sobre los sectores de la sociedad, así como promueven políticas y programas para el uso de la energía (Erario, 2010).

La gestión energética local o gestión energética municipal (GEL o GEM) como la define Jaccard et al., (1997) es la planeación estratégica de las necesidades y usos de energía en la localidad a corto, mediano y largo plazo, de manera que resulten en la implementación de un sistema energético eficiente, económico y amigable con el medio ambiente. Además a nivel local puede ser implementado a escala regional, en municipios y vecindarios (Genevieve et al., 2009).

De ahí que se pueda definir como el conjunto de acciones que se realizan para obtener el mayor rendimiento posible de la energía consumida, incluyendo el conocimiento y control de los consumos energéticos de todo el municipio considerando el tratamiento del agua y los residuos (EPA, 2008; Draw et al., 2012), pues intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente,



estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación (FEMP, 2011); por lo que constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la GEL en los municipios.

Otro de los conceptos de la GEL está basado en el diseño flexible del uso de las TIC, donde los centros de mini datos puedan trazar una red que contengan información de las fuentes de energía con inclusión de las renovables (Bird et al., 2014).

La GEL está compuesta por tres actores importantes estos son: (1) los usuarios de la energía local que brindan la información relacionada con el crecimiento de la demanda a nivel local y su satisfacción; (2) las autoridades que son las encargadas del tratamiento, la asistencia técnica, la implementación de políticas energéticas locales y regionales, el monitoreo de estas y del cumplimiento de las normas, sirviendo como un catalizador en el cambio institucional del gobierno local y la Administración Pública; y por último (3) los actores comerciales que se encargan de facilitar el intercambio de experiencias, la creación y socialización de ideas innovadoras (ICLEI; 2011).

Los beneficios de una GEL eficiente incluyen la reducción del costo de la energía municipal, de las emisiones de gases de efecto invernadero, del uso de los sistemas eléctricos tradicionales y la dependencia de la importación de petróleo (Van Wie et al., 2003).

A partir de 1997 se identifican los primeros estudios en países en vía de desarrollo para crear una conciencia de las oportunidades de la GEL en el sector público, en naciones como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Filipinas, Ghana, Corea, Malasia, México, Perú, Rusia, Sudáfrica y Tailandia. Teniendo como elementos comunes el establecimiento de metas, objetivos, auditorías energéticas de edificios públicos y la creación de comités de gestión de la energía (Páez, 2009).

Varios autores (Allende, 1981; Allende, 1995; Sosa, 1981; Hui, 1987; Magnin y Menanteau, 1995; Capello, Nijkamp y Pepping, 1999, Lessard, 1999; Hui, 2001; Magnin, 2002; Pardo, 2006; Pardo, 2007; Droege, 2006; Lerch, 2007; Sawin y Hughes, 2007; Páez, 2009 y Páez, 2011) han evidenciado las potencialidades de los gobiernos locales para desarrollar modelos energéticos, en búsqueda de una sostenibilidad energética, la utilización de las FRE y la independencia de la importación de petróleo.

1.6.2 Desarrollo de la Gestión Energética Local

Las primeras acciones relacionadas a la gestión energética local datan de finales de los años '80 del siglo XX en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los



municipios (Wene y Rydén, 1988) con 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 de la localidad. En la actualidad la gestión energética municipal en los países más desarrollados incluye el uso de herramientas en línea, la planificación futura a corto, mediano y largo plazo mediante la modelación y los estudios de escenarios, la implantación de ideas innovadoras y su socialización (Lim, 2012). En el tiempo transcurrido desde las primeras experiencias en Suecia se han desarrollado numerosos modelos, metodologías, estrategias e indicadores para la gestión energética local, algunas de estas se relacionan a continuación (Correa et al., 2017):

- Modelo de optimización energético regional y municipal (DEECO), aplicado en la ciudad Würzburg Heidingsfeld, Alemania (Bruckner et al., 1997).
- Herramientas para la planificación energética municipal, aplicada en Palermo, Italia (Butera, 1998).
- Indicadores para la integración de fuentes de energía alternativa, aplicado en Carinthia, Austria (Wohlgemuth, 1999).
- Modelo de optimización del sistema energético (MODEST) y el Modelo de programación mixed integer linear para el análisis del sistema energético, aplicados en la Ciudad de Linköping, Suecia (Sundberg y Karlsson, 2000; Rolfsman, 2004).
- Experiencias en la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la gestión energética local en 22 ciudades de Inglaterra y Gales (Fleming et al., 2004).
- Planes de Optimización municipal (POES), aplicado en cinco municipios de la provincia de Jaén, España (García, 2006).
- Modelo de gestión de la energía para la ciudad de Lucknow en Suecia (Zia y Deyadas, 2007).
- Método de planificación energética municipal, aplicado en trece municipios de la provincia de Ostergötland, Suecia (Inver, 2009).
- Modelo para la gestión energética municipal desarrollado por la Alianza Ártica en Canadá. Se reporta su aplicación en diez localidades canadienses, en estos se logra reducciones de hasta un 50% del consumo energético y de la emisión de gases de efecto invernadero (Genevieve et al., 2009).



- Estrategia local, aplicada en el Ayuntamiento Rivas-Vaciamadrid de Madrid. España (BOCM, 2010).
- Modelo para el desarrollo de un sistema de planificación energética municipal, aplicado en la Región Toronto-Niágara Waterloo, Canadá y Hohhot, China (Lin et al., 2010).
- Metodología para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad energética para la planificación energética local, aplicada en catorce municipios en Portugal y en Boston Estados Unidos de América (Neves y Leal, 2010).
- Estrategia de planificación energética municipal, aplicada en todos los municipios de Dinamarca (Sperling et al., 2011).
- Método para la planificación del sistema energético municipal, aplicado en Beijing, China (Zhu et al., 2011).
- Metodología para la planificación energética municipal aplicada en 12 municipios en Italia (Brandoni y Polonara, 2012).
- Método y herramientas para la planificación energética de la comunidad, aplicados en Shanghai, China (Huang et al., 2015).

Estas experiencias sobre la gestión energética local se basan fundamentalmente en la planificación energética, las matrices de oferta y consumo energéticas incluyendo las FRE e indicadores energéticos que facilitan la acción de los gobiernos locales sobre los recursos energéticos. Las acciones directas se basan en los sectores subordinados a la gestión de los gobiernos locales con énfasis en el alumbrado, transporte público y edificios de la administración, realizando sobre las empresas privadas una función promocional de la gestión energética como oportunidad de mejora del desempeño organizacional (Correa et al., 2017).

1.6.3 Gestión Energética Local en Cuba

Según plantea Correa et al. (2017) en el estudio documental sobre la gestión energética local en Cuba se han identificado tres trabajos: la definición de indicadores sectoriales energéticos para el municipio Cienfuegos (Monteagudo et al., 2013), la experiencia piloto en la utilización de las fuentes renovables de energía en el municipio de San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque (Rojas, 2014), por otra parte el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA) a través de



la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía (REDENERG) logra la interrelación de actores vinculados directa o indirectamente al sector energético, con el propósito de acompañar y asesorar a los decisores en el proceso de identificación de los problemas energéticos y en la determinación de soluciones (González et al., 2006), con la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) (González et al., 2013; Arencibia, 2014).

Los estudios realizados por la REDENERG y CUBAENERGÍA se han basado en acciones puntuales de eficiencia energética y en el aprovechamiento de la informatización de la sociedad y no en la gestión energética municipal, reconociéndose como problema energético que los gobiernos municipales no han desarrollado los mecanismos para la gestión energética de subordinación territorial (Correa et al., 2017).

1.7 Conclusiones Parciales

1. A través de las estrategias de DL se pueden incorporar las FRE con el fin de potencializar un avance económico en beneficio de las municipalidades.
2. El uso de las FRE y los RSU para la generación de energía trae sin lugar a dudas un mayor desarrollo sostenible, el cual responde a problemas económicos y sociales que existen hoy en día sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones de satisfacer sus necesidades.
3. La gestión energética local ha contribuido a la mejora de la gestión pública municipal al incidir en el ahorro de la energía y disminuyendo el impacto ambiental local en países donde se han desarrollado modelos, metodologías e indicadores.

Capítulo II





Capítulo II: Caracterización energética del municipio de Cienfuegos

2.1 Introducción

En este capítulo se realiza la caracterización territorial y energética del municipio de Cienfuegos teniendo en consideración la información estadística de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en Cuba y de los diferentes actores que la gestionan; así como el análisis de la gestión energética local, determinándose las causas que afectan su desempeño a partir de estudios precedentes.

2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355.63 Km². El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia, a los 220 7' y 30" de latitud Norte y 180 18' de longitud Oeste, sobre la península de Majagua. Limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, al Sur con el Mar Caribe, al Este con el municipio de Cumanayagua y al Oeste con el municipio de Abreus (ONEI, 2017).

La Ciudad de Cienfuegos es el asentamiento principal del municipio de Cienfuegos declarada por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el 2005. En el municipio se tienen Monumentos Nacionales como son: el Museo Naval Cayo Loco, el Cementerio Tomás Acea, el Cementerio de Reina y la zona de La Punta en el barrio Punta Gorda y otros monumentos locales como el Jardín Botánico, el asentamiento Pepito Tey, las ruinas del Ingenio Carolina y la Fortaleza de Nuestra Señora de los Ángeles de Jagua (ONEI, 2017).

Las características ambientales del municipio están determinadas por los indicadores de clima que representan una lluvia total anual de 963,8 mm, que abarcaron 121 días del 2016, una temperatura media anual 30.8°C para la máxima y 20.8°C para la mínima, dirección y rapidez de viento predominante 16 rumbos NE a 7.2 km/h, humedad relativa del 77% y una nubosidad media de 3 octavos. (ONEI, 2017).

Los principales ríos del municipio son el Caonao, Arimao con vertiente Sur y una extensión de 84 y 82 km respectivamente, no obstante, los ríos el Damují y Salado atraviesan o recorren parte del territorio y desembocan en la bahía Cienfuegos la cual tiene una extensión de largo de 18,5 km y 6,4 km de ancho, con profundidad máxima de 13,1m en el canal de entrada 12,8 m en los fondeadores y 9,1m en

Capítulo II



los muelles. El territorio presenta diversidad en el potencial natural, tanto para el desarrollo de la actividad humana: residencial, industrial, marítimo-portuaria, agropecuaria, forestal, minera, pesquera, turístico-recreativa y otros; así como para la conservación de ecosistemas irrepetibles en el municipio con gran valor florístico y faunístico como los que agrupa el área protegida Guanaroca (ONEI, 2017).

Las características físico geográficas municipales propician la vulnerabilidad del territorio ante la ocurrencia de fenómenos como las inundaciones por intensas lluvias, las penetraciones marinas y las afectaciones por fuertes vientos, dado por los ríos y arroyos y en el caso de la ciudad se incrementan las inundaciones por los problemas de drenajes generados por la urbanización. Las penetraciones marinas ponen en peligro a las costas bajas y acumulativas, manifestándose de manera diferente en el interior y exterior de la bahía. La exposición a los fuertes vientos se hace mayor en las áreas de llanuras al no contar con barreras naturales que las protejan frente a este peligro (ONEI, 2017). El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 Consejos Populares (CP) de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.1 y Figura 2.1.

Tabla 2.1: Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. Fuente: Correa *et.al*, 2016b.

MUNICIPIO	CONSEJOS POPULARES
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Griffó, Caonao, La Gloria, Tulipán, La Barrera, Buenavista, San Lázaro, Paraíso, Rancho Luna, Punta Gorda, Guaos, Pepito Tey, Castillo CEN.



Figura 2.1: Mapa CP Municipio de Cienfuegos. Fuente: Dirección Provincial de Planificación Física.

Capítulo II



El municipio tiene una población residente de 174 478 habitantes, con 88 179 mujeres y 86 299 hombres, los menores de 15 años representan el 24.3 % de la población, las edades entre 15 y 59 años el 64.1% y los mayores de 60 años son 34 521 representando el 19.1% de toda la población cienfueguera, el Índice de Rocet es de 17.5% por lo que se clasifica como una población muy envejecida y la esperanza de vida al nacer para los hombres es de 76 años y las mujeres 79.6 años. El municipio tiene una tasa anual de crecimiento de 5,9 y una relación de masculinidad 979 y un total de 56946 viviendas (ONEI, 2017).

La base económica del municipio es fundamentalmente industrial y de servicios. El territorio cuenta con tres zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, tres zonas portuarias, una red de almacenes, talleres y pequeñas industrias dispersas dentro de la trama urbana. En la actividad agropecuaria se destacan la producción de alimentos como: cultivos varios, frutales y ganadería. Una actividad con futuro es el turismo, que cuenta con nueve hoteles, se desarrolla la actividad inmobiliaria en Punta Gorda y su ampliación en el Centro Histórico y proyecciones de desarrollo hasta el 2030, existe una base de campismo y cabañas de recreación (Correa et.al, 2016).

De los 112 672 habitantes del municipio en edad laboral 58 720 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 645 pesos, donde este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 miles de pesos en ventas netas. El sector estatal está conformado en el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y tres empresas mixtas), estos organismos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía que se desglosa en energía eléctrica, el gas, la gasolina motor, el combustible diésel, los aceites, grasas, lubricantes, petróleo crudo y petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2017; Correa et.al, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56946 viviendas consume energía eléctrica, gas, queroseno y alcohol, donde el portador de mayor significancia es la energía eléctrica siendo el CP Centro histórico el de mayor consumo y Guaos el de menor. Así como la generación de energía a través de la Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" (ETE) y la inserción de fuentes renovables de energía, como el parque fotovoltaico "Cantarrana", biodigestores, calentadores solares, paneles solares



y arietes hidráulicos. (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

2.3 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos

En el municipio de Cienfuegos se registra la estadística e información del consumo de energía eléctrica por organismos y actividades económicas, a través del Anuario Estadístico Municipal. En la Figura 2.2 se muestra el consumo total de este portador energético en el periodo 2010-2017, denotándose una disminución del consumo de energía eléctrica a partir del año 2013, sin embargo, se muestra una estabilidad en los siguientes años.

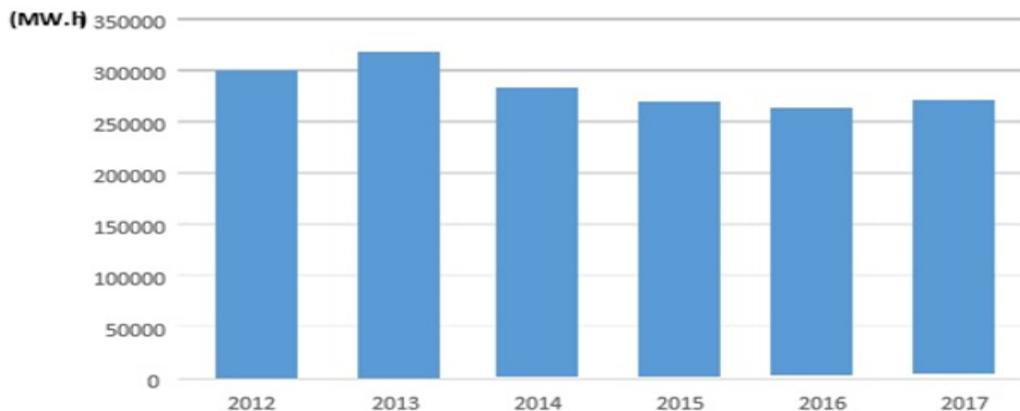


Figura 2.2: Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos periodo 2012-2017.

Fuente: Elaboración Propia.

Uno de los análisis de importancia en la caracterización energética del municipio está dada por el consumo de energía eléctrica con la aplicación parcial del procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba propuesto por (Correa *et al.*, 2016) y cuyos primeros resultados se obtuvieron con Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016).

2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica

Con las investigaciones de Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016) se obtuvieron que los consumos de energía eléctrica a nivel municipal se llevaban sin tener en cuenta las características de los CP que permitan tomar decisiones



al gobierno local en cuanto a los consumos energéticos y el fomento de la utilización de las fuentes renovables de energía.

En este estudio inicial se considera la energía eléctrica demandada por el sector estatal y residencial para un período de nueve años que comprende desde el año 2007 al año 2015, en el municipio de Cienfuegos. Los datos provienen de la Organización Básica Eléctrica (OBE), donde los consumos de energía eléctrica para el sector estatal y el privado se registran a través de las cinco sucursales en el municipio de Cienfuegos, siendo estas:

- Sucursal Bahía
- Sucursal Caonao
- Sucursal Centro
- Sucursal Gloria o Calzada
- Sucursal CEN

Los consumos de energía eléctrica para los sectores estatales y privados se muestran en el Anexo 1.

De forma general el del sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular con una tendencia creciente en este período. Se puede afirmar que la tendencia a aumentar del sector privado en todas las sucursales es debido a que en el mismo se encuentran las cooperativas y el sector residencial donde confluyen no solo los hogares sino una gran inserción del sector no estatal como casas de renta, restaurantes y otras actividades autorizadas, por tanto, un análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado es de vital importancia, para ello se utilizan datos del 2015 con sus rutas correspondientes a cada CP (solo se utilizan datos del 2015 porque a partir de ese año la OBE comienza a registrarlo como información), analizándose las 243 rutas (trayectoria por la que se hacen las lecturas de los metrocontadores de los consumidores residenciales), teniendo en cuenta la variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo para el periodo siguiente (año), una representación de estos se exhibe en el Anexo 2 con una muestra de los CP Punta Gorda, Junco Sur y Guaos ya que estos responden a las clasificaciones, urbano, rural-urbano y rural respectivamente (Correa et.al, 2016).

Los resultados se describen a continuación:

Capítulo II



- Variabilidad: describe el comportamiento del consumo de energía eléctrica (kW/h) por CP, según los meses, en este análisis los CP como Juanita II, Punta Gorda, La Barrera y Centro Histórico tienen una variabilidad baja, es decir sus consumos se concentran entre altos, medios o bajos consumos según las características de cada CP; para los CP Reina, Buena Vista, La Gloria y Juanita la variabilidad es media, por lo que sus consumos de energía se concentran en valores medios, en el caso de los CP Paraíso, Pastorita-Obourke, Pueblo Griño, Caonao, Pepito Tey, Guaos, San Lázaro, Junco Sur, Tulipán, Castillo CEN y Rancho Luna, la variabilidad es alta dado a que los consumos de energía eléctrica tienen valores muy bajos como muy altos.
- Estabilidad: describe si los patrones de consumo de energía eléctrica se mantienen en el periodo de análisis, para los CP Caonao, Guaos, Buena Vista y La Barrera se evidencia una buena estabilidad, no siendo así para los 15 restantes CP del municipio de Cienfuegos.
- Tendencia: describe el comportamiento a crecer, mantenerse o decrecer en el consumo de energía eléctrica, donde se pueden evidenciar ciclos (crecer y decrecer y viceversa en el tiempo), en el análisis se obtuvo que los CP Pueblo Griño, Guaos, Buena Vista, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumentado el consumo de febrero a julio y disminuyendo de agosto a enero, los CP Centro Histórico y San Lázaro tienen la tendencia a disminuir el consumo de energía eléctrica y los restantes 12 CP a aumentar el consumo de energía eléctrica.
- Pronóstico: pronostica valores futuros de consumo de energía eléctrica para los CP; los CP Pueblo Griño, Buena Vista y La Barrera el consumo de energía eléctrica tendrán un comportamiento similar al año base (2015), sin embargo, para los otros 16 CP se pronostica un aumento en el consumo de electricidad.

En el análisis realizado se obtuvo que en todos los CP del municipio de Cienfuegos el mes de febrero constituye el de menor consumo de energía eléctrica y el mes de julio el de mayor consumo en el 2015.

En las Figuras 2.3 y 2.4 se muestran los consumos de energía eléctrica por CP y su significación en el consumo municipal. Aquí se utiliza como unidad de medida el Giga Watt/hora (GW/h) que representa 1000 Mega Watt/hora (MW/h) y a su vez 1000 000 de kilo Watt/hora (kW/h). Evidenciándose que los CP de mayor consumo de energía eléctrica son Centro Histórico, Juanita y Tulipán, siendo los de menor consumo Rancho Luna, La Barrera y Guaos.

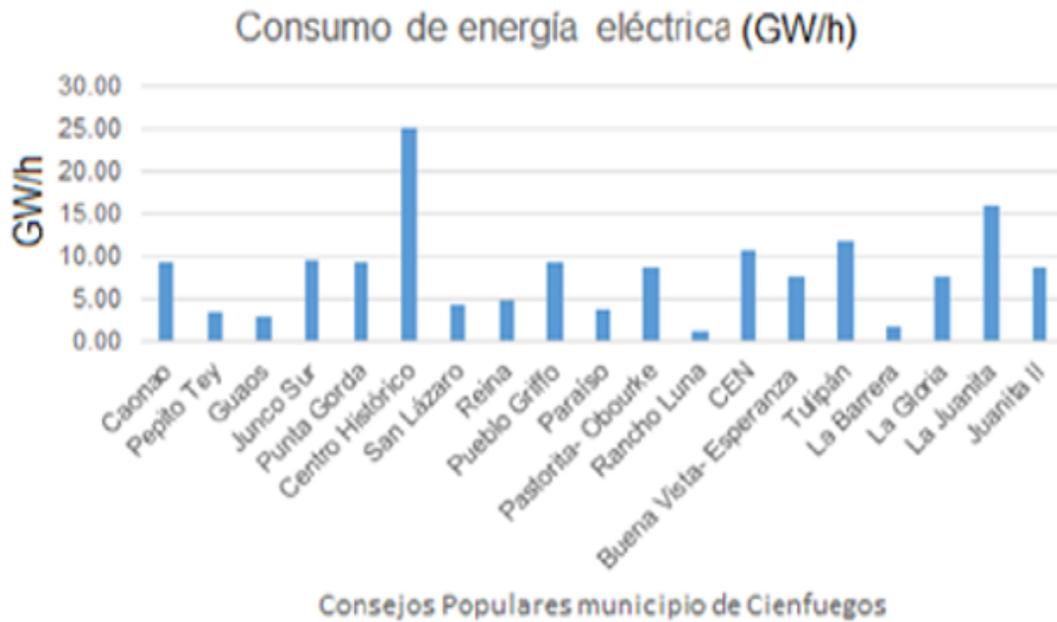


Figura 2.3: Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos.

Fuente: (Correa et.al, 2016).

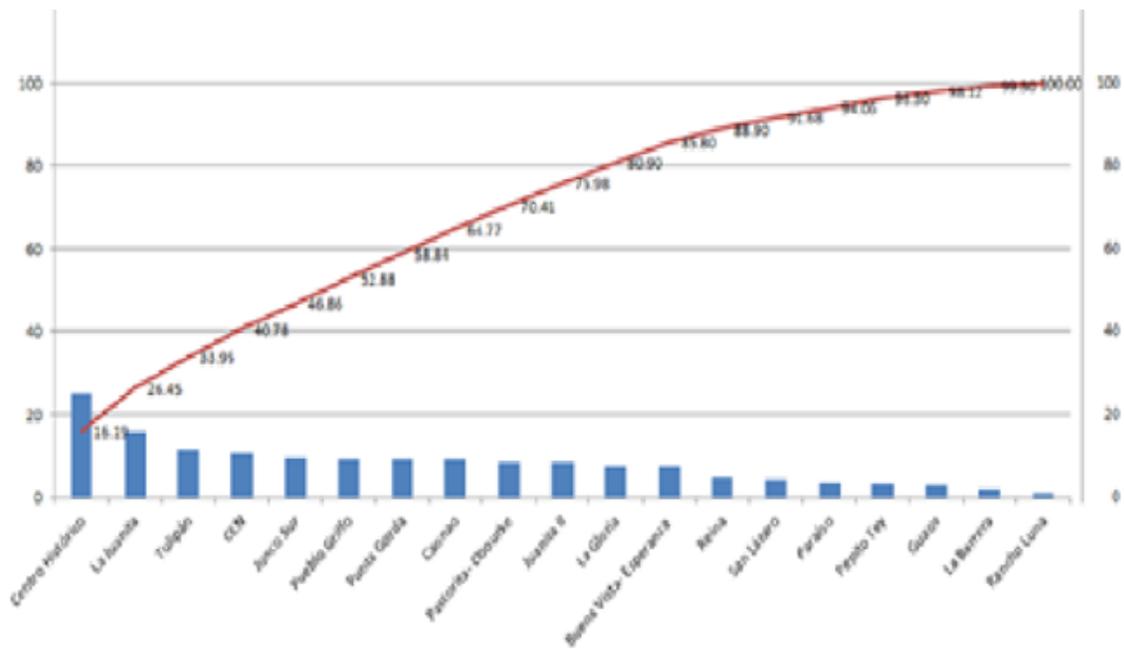


Figura 2.4: Estratificación del consumo de energía eléctrica en los CP del municipio de Cienfuegos.

Fuente: (Correa et.al, 2016).

Capítulo II



Detectándose una serie de deficiencias en la Gestión Energética Local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, entre ellas (Agüero, 2016; Aureliano 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016):

- No se consideraban los consumos de energía eléctrica por Consejos Populares.
- La información de generación y consumo de energía estaba dispersa entre diferentes actores.

Se detectan las causas principales a las que se le proponen acciones de mejoras (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017), las cuales se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Verificación de las causas y acciones de mejora. Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio	Actores identificados como: CUPET, GEYSEL, EMGEF, CUBASOLAR, ONURE, OBE, CITMA, MIAGRI y otros registran y controlan información sobre la energía tanto por Fuentes Convencionales como por FRE, que no son registradas en la ONEI y solo se analizan en los Consejos Energéticos Municipales los consumos cuando existe un incumplimiento y no en función de la planificación	Realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan a través de Diagnóstico Energético Municipal.
No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares	En la planificación de la energía eléctrica en el municipio la estructura de consumo por Consejos Populares no es considerada	Realizar el Diagnóstico Energético Municipal.

Capítulo II



	No se considera en la GE el consumo de todos los portadores energéticos en el sector residencial	
Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal	En el consumo de electricidad solo se considera las lecturas de los metrocontadores eléctricos instalados en el sector residencial, en estas lecturas se evidencia que en este sector el menor consumo se registra para el mes de febrero y el mayor para el mes de julio (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016)	Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial que favorezcan la propuesta de indicadores para medir el desempeño de la GEL.
Desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía	En la Estrategia de Comunicación del gobierno municipal no se considera la socialización de la GEL como elemento de desarrollo que componen las Estrategias de Desarrollo de un municipio, no se utilizan las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para visualizar las GEL en el municipio.	Diseñar una herramienta sustentada en la TICs (producto informático) que permita al gobierno local gestionar la energía y su socialización contribuyendo a la educación energética en el municipio.

De las acciones de mejoras propuestas se identificó la información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017), la propuesta de la matriz de FRE (Nfumu, 2017), se determinaron las potencialidades de FRE en el municipio (Kimbutu, 2017), las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal, la propuesta de indicadores por CP (Blanco y Santana, 2017) y se propuso



una herramienta sustentada en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para la GEL del municipio (Hurtado, 2017).

2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio

Con las investigaciones de Blanco y Santana (2017), Hurtado (2017), Kimbutu (2017), Nfumu (2017) Santana y Cabrizas (2017) y Campillo (2018) se identifican los actores que gestionan la energía en el municipio como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Actores que gestionan la información referente a las FRE en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: (Campillo, 2018)

No.	Actor	Información
1	Organización Básica Eléctrica (OBE)	Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos), donde aparecen todos los parques fotovoltaicos de la provincia en el período 2013-2017. Consumo de energía eléctrica sector estatal y privado.
2	Cubasolar	Estado de las FRE en la provincia de Cienfuegos. Relación digestores de biogás en el municipio.
3	Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)	Anuario Estadístico Municipal.
4	Ministerio del Turismo (MINTUR)	Ubicación de los calentadores solares en los hoteles del municipio.
5	Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF)	Georeferenciación de las FRE del municipio de Cienfuegos a través de la herramienta informática MapInfo.



6	Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE)	Resumen de la facturación de energía eléctrica en el sector estatal.
7	Cuba Petróleo (CUPET)	Resumen de la distribución de la cuota y de la reserva del gas licuado, el queroseno y el alcohol.
8	Dirección Provincial de Vivienda	Evaluación de fondo habitacional (viviendas por consejos populares).

2.4.2 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio

La Matriz de FRE y potencialidades de desarrollo de las FRE en el municipio (Nfumu, 2017; Kimbutu, 2017 y Campillo, 2018) se muestran a continuación:

La Figura 2.5 muestra la Matriz de FRE referenciadas a través del MAPINFO las FRE tales como:

1. Solar fotovoltaica (paneles solares)
2. Solar térmica (calentadores solares)
3. Parque solar (Cantarrana)
4. Biogás (biodigestores estatales y privados)
5. Arietes hidráulicos



Figura 2.5: Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. Fuente: (Campillo, 2018)

Capítulo II



La ubicación de estas FRE se muestra en la Tabla 2.4

Tabla 2.4: Ubicación de las FRE en el municipio de Cienfuegos. Fuente: (Campillo, 2018)

Concepto	Cantidad	Ubicación	Consejo Popular	Organismo
Solar fotovoltaica	2	ETECSA	La Gloria	Ministerio de las Comunicaciones
		Geocuba	Reina	Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Solar térmica	9	Centro Recreativo Costa Sur (Palmares)	Centro Histórico	MINTUR
		Hotel Encanto Palacio Azul	Punta Gorda	MINTUR
		Casa Verde (Hotel Jagua)	Punta Gorda	MINTUR
		Club Cienfuegos (Palmares)	Punta Gorda	MINTUR
		Hotel Punta la Cueva	Junco Sur	MINTUR
		Hotel Faro Luna	Rancho Luna	MINTUR
		Delfinario	Rancho Luna	MINTUR
		Casa Visita	Rancho Luna	Poder Popular Provincial
		Vivienda	Paraíso (Venta del Rio)	Sector residencial - CCS
Parque solar	1	Cantarrana	Paraíso (Cantarrana)	Ministerio de Energía y Minas

Capítulo II



Biogás	30	Genético Porcino (1)	Paraíso	Ministerio de la Agricultura
		Viviendas (29)	Buena Vista, Caonao, Guaos, Pueblo Griffo, Paraíso, Pepito Tey, Punta Gorda y Tulipán	Sector residencial
Ariete hidráulico	1	Tierra usufructuario	Pepito Tey	Sector residencial - Agricultura

Donde se puede observar que a excepción del biogás las FRE en el municipio se encuentran en el sector estatal. Por otra parte, las potencialidades de desarrollo en el municipio están dado por las características de la Matriz de FRE del municipio y el criterio de los expertos donde el Gobierno local debe incidir en el desarrollo de biodigestores de gas y los paneles fotovoltaicos, sobre la base del ganado porcino para la primera y la utilización de paneles solares en el sector residencial.

Campillo (2018) plantea que la utilización de biodigestores a través de la excreta porcina a nivel de municipio se divide en los sectores estatal y privado. El sector estatal trata toda la masa porcina que se encuentra en las unidades productivas porcinas, actualmente al no contar con biodigestores se produce una alta contaminación al medioambiente, sin embargo, si se logra instalar biodigestores se puede generar un gran porcentaje de biogás utilizándose en la cocción de alimentos en estos mismos sitios así como en comunidades aledañas, por otro lado, el empleo de una tecnología adecuada que convierta el biogás en energía eléctrica propiciaría un autoabastecimiento de ambos portadores energéticos, y a su vez se conectaría al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) identificándose esto como una potencialidad. El cálculo de las potencialidades se hace a través de la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino.

En la Tabla 2.5 se observa la producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector estatal, los datos de la población porcina utilizados fueron aportados por la ONEI (Campillo, 2018).



Tabla 2.5: Pontencialidad de producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector estatal. Fuente: (Campillo, 2018).

Población porcina (cabeza de ganado)	Total de biogás día (m ³)	Total de biogás año (m ³)	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO ₂ dejado de emitir día (kg)	CO ₂ dejado de emitir año (t)
198 442	19 520,01	7 124 804,66	32 598,42	11 898 423,78	22 003,93	8 031,44

Se puede evidenciar que con 198 442 cabezas de ganado (total de contabilización de excretas generadas anuales de 99 412,52 toneladas) se obtiene un total de 19 520,01 m³ de biogás por día con lo cual se pueden beneficiar 58 560 personas y 14 640 viviendas de cuatro habitantes aproximadamente, basandose en el criterio de que una persona debe consumir al día alrededor de 0,3 m³ de biogás.

Según los datos aportados por la OBE, el costo total del MWh generado en este año fue de 131,06 pesos/MWh por tanto el municipio por este concepto hubiese ahorrado alrededor de 1 559 407,42 pesos al año, dejandose de emitir 8 031,44 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

En el sector privado se identifican los productores independientes de este tipo de ganado quienes poseen biodigestores con toda una instalación para biogás donde abastecen sus viviendas y las aledañas como se muestra en la Tabla 2.6, pero esto por defecto genera gas excedente que no se utiliza. Por tanto, con una tecnología instalada se logra que con ese biogás esta vivienda y las aledañas se abastezcan de energía eléctrica consumiendo menos energía eléctrica convencional lo que representa sin lugar a duda una disminución en el consumo de energía en la red nacional y en el combustible que se utiliza para generar la misma, ocasionando un cambio en la matriz energética.

Con una población porcina de 11 587 cabezas de ganado en el sector residencial en el municipio de Cienfuegos (total de contabilización de excretas generadas anuales de 5 804,78 toneladas) se obtuvo 27 223,38 m³ de biogás al año. Por día se obtiene 74,58 m³ de biogás pudiéndose beneficiar 223 personas y 56 viviendas de cuatro habitantes aproximadamente. Estas familia por este concepto han ahorrado al año alrededor de 9 262,00 pesos, el costo total del MWh entregado en este año según datos aportados

Capítulo II



por la OBE fue de 203,73 pesos/ MWh. Por otra parte se logró dejar de emitir 30,69 toneladas de CO₂ a la atmósfera

Tabla 2.6: Pontencialidad de producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector residencial. Fuente: (Campillo, 2018).

Consejo Popular	Total de biogás día(m ³)	Total de biogás año(m ³)	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO ₂ dejado de emitir día (kg)	CO ₂ dejado de emitir año (t)
Buena Vista	2,30	839,50	3,84	1 401,97	2,59	0,95
Caonao	14,07	5 134,31	23,49	8 574,30	15,86	5,79
Guaos	1,00	365,00	1,67	609,55	1,13	0,41
Pueblo Griffó	13,20	4 818,00	22,04	8 046,06	14,88	5,43
Paraíso	26,72	9 752,07	44,62	16 285,96	30,12	10,99
Pepito Tey	1,70	620,50	2,84	1 036,24	1,92	0,70
Punta Gorga	0,30	109,50	0,50	182,87	0,34	0,12
Tulipán	15,30	5 584,50	25,55	9 326,12	17,25	6,30
Total de biogás municipal.	74,58	27 223,38	124,56	45 463,04	84,08	30,69

En la investigación de Kimbutu (2017) también se propone como potencialidad la utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial en el municipio sin embargo no se realiza el estudio debido a que los datos e información referente a:

- Tipo de tecnología.
- Eficiencia neta.
- Tipología de las edificaciones.
- Metros cuadrados de fabricación de la vivienda (contenido Catastro, DPPF).
- Selección de las viviendas.
- Selección del Consejo Popular.



No se tenían en el momento de la determinación de esta potencialidad de uso de la FRE.

2.4.3 Indicadores para el sector residencial municipal

En la investigación desarrollada por Blanco y Santana (2017) se propone la metodología para el diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba la cual se aplica de forma parcial donde se identifican variables relevantes para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial y se diseñaron indicadores energéticos teniendo en cuenta las características de los 19 CP. Esta investigación fue continuada por Cabello (2018) donde se validan los indicadores propuestos y las líneas base energéticas, además se conforma una red neuronal (RNA) para cada uno de los 19 CP capaz de predecir el consumo de electricidad mensual cuya sumatoria sería el consumo total municipal. En la Tabla 2.7 se muestra la captación de los datos e información por las fuentes identificadas.

Tabla 2.7: Captación de los datos e información por las fuentes identificadas.

Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Cabello, 2018).

No	Variables relevantes	Tipo de variables	Descripción
1	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE. <p>Creación de una base de datos a partir de la extracción de la base de datos del SIGECO de la Unión Eléctrica (UNE), con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Clasificación por rango de consumo definido por la UNE. Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo. <p>Clasificación por Consejo Popular (19)</p>

Capítulo II



2	Temperatura seca del aire	Independiente	Se realiza la captación de datos en la página web Weather Underground que contiene el registro histórico de la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González perteneciente al Instituto de Meteorología por su proximidad a la ciudad de Cienfuegos, siendo los valores más representativos para el municipio.
3	Humedad relativa	Independiente	Se crea una base de datos del período 2002-2017 que contiene las siguientes variables: temperatura, punto de rocío, humedad, presión al nivel del mar, visibilidad, viento, precipitaciones.
4	Temperatura de bochorno	Independiente	Calculado a partir de la relación, de los valores, contenida en la tabla definida en la página web Meteomurcia de temperatura y humedad relativa proporcionados por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González en el municipio de Cienfuegos.
5	Días grado (DGE)	Independiente	Para la determinación de DGE se utiliza el Energy Signature Method, que requiere de una alta resolución de datos, y el Performance Line Method (PLM), (Krese, Prek, y Butala, 2012; Cabello y <u>et.al.</u> , 2015). Según Krese, Prek, y Butala (2012) y Cabello y <u>et.al.</u> (2015) el PLM es más práctico. Para el cálculo de DGE se hace necesario la construcción de un año climático (Yang y <u>et.al.</u> , 2011; Cabello y <u>et.al.</u> , 2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller y <u>et.al.</u> , 2013; Cabello y <u>et.al.</u> , 2015), para la construcción del año climático según

Capítulo II



			Yang y <u>et.al.</u> , (2011) se requieren datos diarios de 30 años, sin embargo en este estudio se considera el período 2002-2016, 15 años, según la información facilitada por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González en el municipio de Cienfuegos.
6	Hogares que usan cocción eléctrica	Independiente	Utilizando el porcentaje provincial de hogares que usan cocción eléctrica se realiza una estimación para el municipio de Cienfuegos en su conjunto y por Consejos Populares.
7	Población	Independiente	Se determinó a partir de los datos suministrados por la ONEI y la Estrategia de Desarrollo para cada CP facilitador por el Gobierno local
8	Ubicación - Urbano - Rural	Independiente	Se realiza la clasificación a través del Plan General de Ordenamiento Territorial Facilitado por la DPPF.

En el diseño de indicadores energéticos en el sector residencial se utilizó el Modelo de Regresión Lineal Múltiple, que predice una única variable respuesta (consumo de energía eléctrica), pues considera todas las posibles regresiones que implican diferentes combinaciones de las variables independientes (temperatura seca del aire, temperatura de bochorno, humedad relativa, población y hogares que usan cocción eléctrica); no se incluyó en el análisis la variable DGE, debido a que esta tiene un comportamiento anual. Además, compara los modelos obtenidos con base en la R-Cuadrada ajustada, la estadística Cp de Mallows y el cuadrado medio del error (CEM), determinándose el mejor por número de variables independientes, según el procedimiento definido por Kialashaki y Reisel, (2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utilizó la leyenda que se muestra en la Tabla 2.8.



Tabla 2.8: Leyenda para el procesamiento de las variables.

Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

Variables	Leyenda
Temperatura seca del aire	X ₁
Humedad	X ₂
Temperatura de bochorno	X ₃
Población	P
Hogares que usan cocción eléctrica	H
Consumo por Consejos Populares	Y

Quedando determinadas las rectas de regresión lineal múltiple para cada CP las cuales se muestran en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9: Rectas de regresión lineal múltiple para cada CP.

Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

No.	CP	Rectas de Regresión Lineal Múltiple
1	Caonao	$Y_1 = 33381.7 - 6823.75 \cdot X_1 + 11929.6 \cdot X_3 + 539.837 \cdot H_1$
2	Pepito Tey	$Y_2 = 260344 + 382.554 \cdot X_2 + 2120.11 \cdot X_3 - 94.144 \cdot P_2 + 311.686 \cdot H_2$
3	Guaos	$Y_3 = -190772 + 544.823 \cdot X_2 + 1778.56 \cdot X_3 + 43.1587 \cdot P_3 + 196.214 \cdot H_3$
4	Junco Sur	$Y_4 = -72481.0 + 2643.43 \cdot X_2 + 6399.3 \cdot X_3 + 128.259 \cdot H_4$
5	Punta Gorda	$Y_5 = -56110.7 + 3357.48 \cdot X_2 + 8396.31 \cdot X_3 + 4.56825 \cdot P_5 + 245.148 \cdot H_5$
6	Centro Histórico	$Y_6 = -7.06625E6 + 3375.66 \cdot X_2 + 10669.5 \cdot X_3 + 814.784 \cdot P_6$
7	San Lázaro	$Y_7 = -63407.4 + 1371.74 \cdot X_2 + 3551.75 \cdot X_3 + 105.235 \cdot H_7$
8	Reina	$Y_8 = -59095.4 + 1420.33 \cdot X_2 + 2870.71 \cdot X_3 + 64.8991 \cdot H_8$
9	Pueblo Griffó	$Y_9 = 487936. + 1130.99 \cdot X_2 + 6983.91 \cdot X_3 - 26.6067 \cdot P_9 + 64.4438 \cdot H_9$
10	Paraíso	$Y_{10} = 29921.1 + 1617.53 \cdot X_2 + 3327.75 \cdot X_3 + 10.6466 \cdot P_{10} + 59.2676 \cdot H_{10}$
11	Pastorita-Obourke	$Y_{11} = 101010. - 1556.32 \cdot X_2 + 7358.93 \cdot X_3 + 28.4635 \cdot P_{11}$

Capítulo II



12	Rancho Luna	$Y_{12} = -57286.7 - 130.406*X_2 + 906.129*X_3 + 26.8721*P_{12} + 89.1507*H_{12}$
13	Castillo-CEN	$Y_{13} = -304453 + 22324.4*X_1 - 2220.19*X_2 - 7099.51*X_3 + 37.0097*P_{13} + 127.253*H_{13}$
14	Buena Vista	$Y_{14} = 469187 - 2460.11*X_2 + 9491.62*X_3 - 25.0777*P_{14} + 126.762*H_{14}$
15	Tulipán	$Y_{15} = -67098.9 + 29404.6*X_1 - 3355.5*X_2 - 6557.17*X_3 + 325.671*H_{15}$
16	La Barrera	$Y_{16} = 62460.6 - 476.497*X_2 + 2265.46*X_3 - 3.25476*P_{16} + 38.9227*H_{16}$
17	La Gloria	$Y_{17} = -7992.61 + 1.28993*P_{17} - 447.81*X_2 + 2297.72*X_3 + 45.6078*H_{17}$
18	La Juanita	$Y_{18} = 17393.5 - 706.764*X_2 + 8835.02*X_3 + 255.735*H_{18}$
19	Juanita II	$Y_{19} = 8981.92 + 223.972*H_{19} - 656.741*X_2 + 7577.25*X_3$

Estas rectas de regresión permiten determinar las líneas bases energéticas para los CP y del municipio por lo que se propuso los siguientes indicadores por Blanco y Santana (2017). Se propone como indicadores energéticos para el sector residencial por CP ($EnPI_{CPI}$) y para el municipio ($EnPI_m$) los siguientes:

- Indicador energético sector residencial por CP

$$EnPI_{CPI} = \frac{\text{Consumo real}_{CPI \text{ periodo } j}}{\text{Consumo LB}_{CPI \text{ periodo } j}}$$

Donde:

$EnPI_{CPI}$: Indicador energético para el Consejo Popular i , $i \in [1; 19]$.

$Consumo \text{ real}_{CPI \text{ periodo } j}$: consumo real del Consejo Popular i en el período j , $j \in [1; n]$

$Consumo \text{ LB}_{CPI \text{ periodo } j}$: consumo planificado para el período j determinado por la LBCPI (Línea base determinada para los CP a partir de las rectas de regresión obtenidas para los 19 CP en el municipio de Cienfuegos)

- Indicador energético sector residencial municipal

$$EnPI_m = \sum_{i=1} \left(\frac{\text{Consumo real}_{CPI \text{ periodo } j}}{\text{Consumo LB}_{CPI \text{ periodo } j}} \right)$$



Donde:

$EnPI_m$: índice energético municipal

El rango de decisión de $EnPI_{Cpi}$ y $EnPI_m$ según sus resultados, se muestra en la Tabla 2.10:

Tabla 2.10: Rango de decisión de $EnPI_{Cpi}$ y $EnPI_m$. Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

Rango de decisión	
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m < 1$	Óptimo
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m = 1$	Adecuado
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m > 1$	Deficiente

Para la predicción del consumo de energía eléctrica, se conformó una RNA para cada uno de los 19 CP capaz de predecir el consumo de electricidad mensual cuya sumatoria sería el consumo total municipal. Cada una de las redes posee los mismos parámetros pero varía en los valores de los datos introducidos de cada variable que se ajusta a la información recopilada de cada consejo popular desde el año 2007 hasta el año 2016, en la Figura 2.6 se muestra la vista de cómo quedaría conformada la red para cada CP.

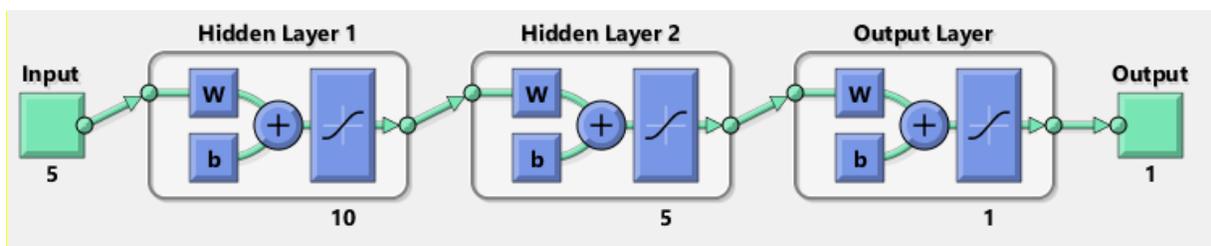


Figura 2.6: Vista de la red neuronal diseñada para cada uno de los CP. Fuente: (Cabello, 2018)

La RNA se modeló a través de la herramienta Neural Network Toolbox del MatLab una red neuronal del tipo *Feed-forward backpropagation*, con una función de entrenamiento del tipo TRAINLM, formada por 3 capas, 5 variables independientes de entrada y una variable independiente de salida (Consumo Eléctrico). La primera capa está formada por 10 neuronas del tipo tangencial sigmoideal (*tansing*), la segunda está formada por 5 neuronas del tipo *tansing*, siendo primera y segunda las capas ocultas, la tercera capa está formada por 1 neurona del tipo *tansing* siendo la capa de salida. Para el



entrenamiento se empleó el método del gradiente descendiente con retro propagación del error hacia atrás.

Como patrón de referencia de la exactitud se utilizó error medio cuadrático (EMC), los valores de comparación fueron los pronosticados por la red y los reales de entrenamiento. La determinación del número óptimo de neuronas de la capa oculta se llevó a cabo mediante un proceso de ensayo y error.

2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal

Para el diseño de la herramienta basada en las TICs se utilizó el Método de Despliegue de la Función Calidad (QFD) donde se identificaron las necesidades y expectativas de los usuarios finales del producto. Se realizó la propuesta del producto informático mediante las fases de desarrollo de software por la metodología XP y la aplicación de modelos matemáticos en una de sus interfaces.

El producto informático tiene una construcción estática y muy sencilla, destacándose inicialmente el logo de identificación donde se muestra el nombre de la página web, además se enfatiza en la energía renovable en el banner a través de una imagen donde se capta de forma natural las fuentes de energías, sujeto a ello se visualiza los ítems de menú que contiene la misma para poder acceder a los distintos links que hacen referencia a las páginas relacionadas con la gestión de la energía en Cuba. Contiene tres apartados relacionados con la temática: (1) Educación, (2) Socialización y (3) Operacional, accediendo a cada apartado se obtiene información sobre el tema que se trata de comunicar.

2.5 Determinación de potencialidades en la Gestión Energética Local del municipio de Cienfuegos.

En la determinación de potencialidades de la GEL en el municipio de Cienfuegos y durante el transcurso de la investigación se utiliza el método de experto, el cálculo del número de expertos se realiza a través de la siguiente expresión:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Donde:

k: constante que depende del nivel de significación estadística.

Capítulo II



p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i: precisión del experimento. ($i \leq 12$)

$1 - \alpha$	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Los criterios a utilizar para la selección de los miembros del equipo de trabajo son:

- Años de experiencia.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Conocimiento del tema a tratar.

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos se obtiene que deben ser once la cantidad de expertos, los mismos integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, profesores del Departamentos de Contabilidad y Finanzas (DCF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), un representante de la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y del Gobierno municipal de Cienfuegos, siendo estos:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo Llanes (CEEMA)
- DraC. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
- Ing. Amaury Ojeda Fernandez (OBE)

Capítulo II



Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005), la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto. Dicho método se muestra en el Anexo 3.

A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11: Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. Fuente: Elaboración Propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de Competencia (Kcomp=Kc+Ka/2)	Nivel
1	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
2	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
3	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
4	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
5	0.80	$0.2+0.5+2(0.03)+2(0.04)=0.84$	0.82	Alto
6	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
7	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
8	0.90	$0.2+0.3+3(0.03)+0.04=0.63$	0.77	Medio
9	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio
10	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Medio
11	0.70	$0.2+0.3+0.04+4(0.02)=0.62$	0.66	Medio

El análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos a través del diagrama Causa- Efecto que se muestra en el Anexo 4, donde se les ha dado respuesta a 5 de las 7 causas potenciales que inciden en las insuficiencias de la GEL en Cuba tomando como caso de estudio en municipio de Cienfuegos por los autores Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017; Cabello, 2018; Bereau y López, 2018; Rodríguez y Abreus, 2018 y Campillo, 2018 ,

Capítulo II



dejando solo las siguientes en el consenso se obtuvo índice de concordancia igual a 0,89 (W de Kendall).

Lista de causas potenciales sin respuesta que afectan la GEL en los Gobiernos municipales:

1. Existen pocos proyectos de DL que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.
2. No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL.

Se procede a realizar la verificación de las causas y las acciones de mejora en la Tabla 2.12:

Tabla 2.12: Verificación de las Causas y acciones de mejora propuestas. Fuente: Elaboración propia.

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
Existen pocos proyectos de DL que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.	La cartera de proyectos de DL de los 14 proyectos en ejecución solo el Proyecto "Minindustria - Identidad criolla, visita guiada a la finca "La Oriental" y potenciación de producciones cárnicas locales", está relacionado con la utilización de las FRE y las proyecciones (26 proyectos) ninguna tiene en consideración esta temática	Incorporación de las potencialidades energéticas municipales (Kimbutu, 2017) en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos
No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL	Los análisis sobre RSU solo se realiza teniendo en cuenta su generación y manejo y no lo considera como una FRE para su integración a la GEL	Incorporación de los RSU como potencialidad energética municipal en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos

Las dos acciones de mejora poseen la misma prioridad es por ello que ambas consisten el caso del presente estudio desarrollándose la acción de mejora: Incorporación de las potencialidades energéticas municipales incluyendo la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y los RSU en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos e Incidir en la incorporación en la EDESM de una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética local, dando respuesta a la causa potencial: Existen pocos



proyectos de DL que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local y la Necesidad de definir en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.

2.6 Conclusiones Parciales:

1. Se realiza un diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos donde se obtienen una serie de deficiencias que afectan la GEL, siendo estas: existen pocos proyectos de Desarrollo Local (DL) que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local, y no se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU) y la GEL.
2. Se enfoca un estudio de fuentes renovables de energía en los sectores estatal y residencial para el uso de biogás a través de productores de ganado porcino, sin embargo, se identifica la potencialidad del uso de energía solar fotovoltaica para el sector residencial, pero esta no se desarrolla.

Capítulo III





Capítulo III: Incorporación de las potencialidades energéticas al Desarrollo Local del municipio de Cienfuegos

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza la propuesta de la incorporación de la energía solar fotovoltaica a utilizar en el sector residencial y una tecnología para la gestión de RSU en el municipio de Cienfuegos. En esta investigación se aplica la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados propiciando la propuesta de dicha tecnología para el caso de la energía solar fotovoltaica y el Proceso Analítico Jerárquico mediante el software Expert Choice para los RSU. Con el fin de lograr la inclusión de una línea estratégica relacionada con energía al EDESM.

3.2 Metodología para el análisis

En el desarrollo de la investigación se utilizan los pasos definidos en la metodología para la solución de problemas (Alonso et al., 2005) los cuales son:

1. Definición y análisis del problema.
2. Análisis, selección y diseño de la solución.
3. Implementación.

3.3 Aplicación de la metodología de análisis

Se utilizan las etapas mencionadas para la aplicación de la metodología y herramientas seleccionadas en la investigación para dar respuesta a las causas potenciales que inciden en la GEL determinadas en esta investigación.

3.3.1 Definición y análisis de los antecedentes y situación problemática en el contexto de la utilización de energía solar fotovoltaica y manejo de los RSU en Cienfuegos.

Para el análisis del problema se consultó el grupo de expertos previamente conformado en el epígrafe 2.4. Este grupo tiene un origen multidisciplinario proveniente de las instituciones que manipula la información del municipio en cuanto a energía solar fotovoltaica, manejo y gestión de los RSU como el Gobierno municipal de Cienfuegos, CEEMA, ONURE y CITMA.

Para facilitar la comprensión de los antecedentes y la situación problemática se analizarán por separado los contextos de la energía solar fotovoltaica y manejo de los RSU en Cienfuegos.



3.3.1.1 Contexto de la energía solar fotovoltaica

La provincia de Cienfuegos se ha enfocado en la implementación de la energía solar fotovoltaica, con el objetivo de promover el uso de las FRE, de ahí que actualmente cuente con varios parques solares fotovoltaicos ubicados en diferentes municipios, los cuales se pueden observar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Ubicación de los parques solares de la provincia de Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia.

Parques Solares	Ubicación	Potencia (KWp)	Producción (MWh/mes)
Cantarrana	Cienfuegos	2609	337
Cruces	Cruces	3000	305
El Pino	Rodas	2200	278
Palmira	Palmira	3600	412
Yaguaramas	Abreus	5000	793

La provincia de Cienfuegos tiene proyectado actualmente la construcción de dos parques solares fotovoltaicos ubicados en la zona de Marta Abreu que tendrían una generación de 5 MWp y otro en la zona de Ariza con una generación de 2 MWp, aunque aún no se cuenta con un presupuesto establecido para la ejecución de dichos proyectos, se prevé además la construcción de 17 nuevos parques antes del año 2030.

Por otra parte, la provincia cuenta con paneles solares instalados en viviendas aisladas los cuales se muestran en el Anexo 5. Cabe resaltar que estos paneles están instalados en viviendas ubicadas en zonas intrincadas donde se le dificulta el acceso al SEN y son capaces de generar 250 Wp por cada vivienda. Además, el uso de estos paneles trae consigo un ahorro estimado de 1 MWh, lo que representa 0.856 toneladas de CO₂ dejado de emitir a la atmósfera y a su vez 0.2944 toneladas de combustible.

A partir de las informaciones expuestas anteriormente se concluye que el mayor uso de estas tecnologías se encuentra en el sector estatal; aunque Kimbutu, (2017) identifica como potencialidad la utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial, en ese momento no se realiza el estudio por no contar con la información y datos necesarios que se mencionan en el epígrafe 2.4.2 del Capítulo II.

Igualmente, en la Figura 2.4 de dicho capítulo se aprecia el consumo de energía eléctrica en los CP del municipio de Cienfuegos en el año 2015. Donde los CP que más se destacan por ser altos



consumidores son: Centro Histórico, La Juanita, Tulipán, La CEN, Junco Sur, Pueblo Griffo, Punta Gorda y Caonao. Realizándose el mismo análisis para los años 2015, 2016 y 2017, según se muestra en la Figura 3.1.

Para el año 2016 de manera general en el consumo de energía eléctrica se aprecia un desequilibrio, pues existen CP que disminuyen su consumo mientras otros aumentan con respecto al año 2015. En el 2017 se muestra una pequeña disminución del consumo eléctrico con respecto al 2016 donde se destacan nuevamente por su alto consumo los mismos CP del 2016, se debe señalar que el único CP que aumentó con respecto a este año fue La Barrera, esto se detalla en el Anexo 6.

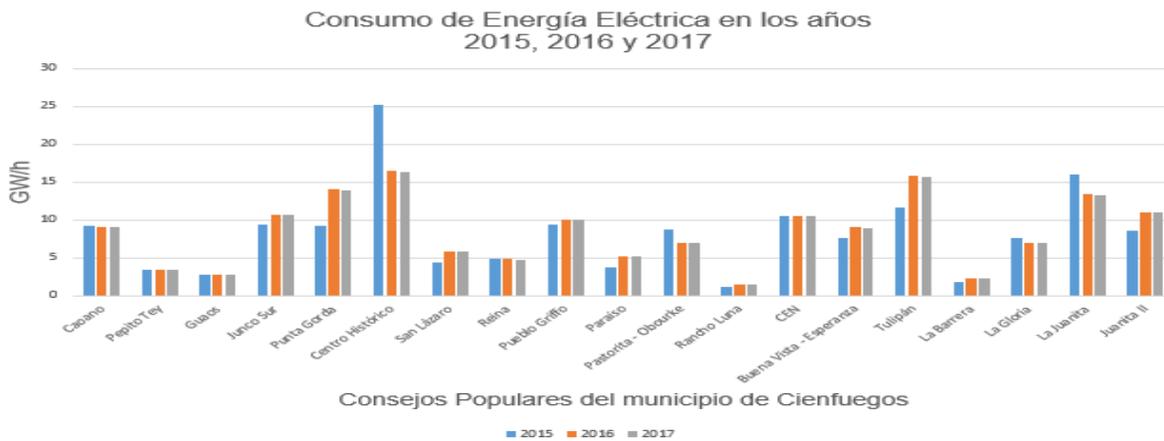


Figura 3.1: Consumo de energía eléctrica en los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis de la Figura 3.1 se tiene como conclusión que el comportamiento del consumo eléctrico del año 2016 fue superior con respecto a los años restantes mientras que el consumo de cada CP del año 2017 con respecto al 2016 disminuyó, pero no de forma significativa exceptuando el CP La Barrera que tuvo un leve aumento en su consumo. Por lo que de manera general existe una variabilidad en los consumos de energía eléctrica en estos tres años. Cabe resaltar que durante los años antes mencionados los CP que sobresalen por ser los mayores consumidores son Centro Histórico, La Juanita, Tulipán, La CEN, Junco Sur, Pueblo Griffo, Punta Gorda y Pastorita - Obourke.

3.3.1.2. Contexto de los RSU

En la revisión del contexto del manejo de los RSU se analizaron los estudios realizados por de la Peña (2012) con el 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.

Los resultados obtenidos se listan en el Anexo 7.

Con el grupo de expertos se identificaron las causas incidentes en el deficiente manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos, mediante el Diagrama Causa- Efecto, mostrado en la Anexo 8.

Del análisis anterior se listan las causas potenciales que influyen en el deficiente manejo de los RSU en el municipio:

1. Insuficientes equipos para la recolección de los RSU.
2. Insuficiente tratamiento de los RSU.

3.3.2 Análisis, selección y diseño de la solución

En este epígrafe se le da continuación a la metodología analizando, seleccionando y aplicando la solución que mejor se ajuste al problema.

3.3.2.1 Análisis, selección y diseño de la solución solar fotovoltaica

El fondo habitacional del municipio de Cienfuegos en el año 2016 muestra que existe un total de 56946 viviendas, de ellas 44029 se encuentran en buen estado, 5211 tienen un estado regular de la vivienda y el mal estado un total de 7706 viviendas, representado un 77%, 9% y 14% respectivamente. La Figura 3.2 muestra el total de viviendas existentes por cada CP. Se puede apreciar que los CP que poseen mayor número de viviendas son: Pueblo Griffo, Junco Sur, La CEN, Centro Histórico, Reina, Juanita, Juanita II y San Lázaro.

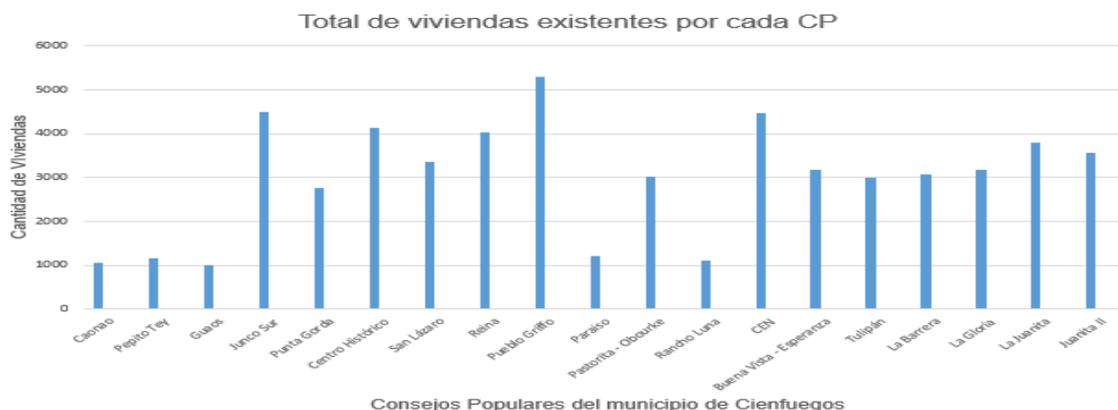


Figura 3.2: Total de viviendas existentes por cada CP. Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo III



Otro elemento a tener en cuenta en el análisis, la selección y diseño de la solución, es la calidad de la vivienda, de ahí que se hace necesario un análisis de dicho factor, por lo que la Figura 3.3 muestra la calidad que poseen las viviendas según los CP existentes en ella. Para ello solo se tiene en cuenta el porcentaje de viviendas en buen estado pues son aquellas que por sus características constructivas son capaces de soportar la tecnología a instalar en ellas. En esta figura se destacan por tener el mayor porcentaje de viviendas en buen estado La CEN, Punta Gorda, Pueblo Griffo, Junco Sur, Caonao, Pepito Tey, Guaos y Paraíso.

En cuanto a la tipología que presenta las viviendas de los CP se pueden clasificar por tipo I, II, III, IV, V, según las características que muestra el Anexo 9, el cual hace referencia a todo lo relacionado con el fondo habitacional inicial para el año 2016 en el municipio de Cienfuegos.

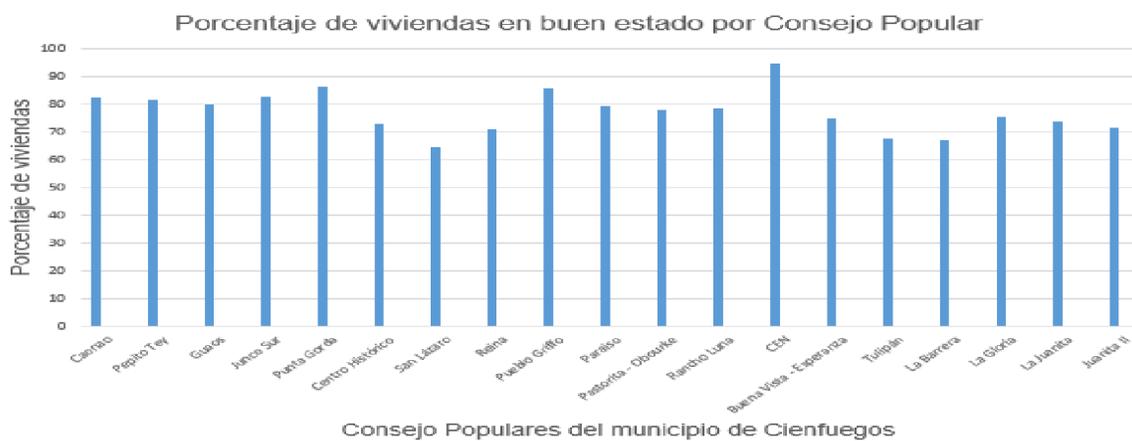


Figura 3.3: Porcentaje de viviendas en buen estado por CP.

Fuente: Elaboración Propia a partir de Dirección Provincial de Vivienda.

- Selección del CP

Para la selección del CP se consideran tres variables de estudio (ver Anexo 10), resaltándose aquellos que tienen mayor. Se debe destacar que para llevar a cabo la investigación la variable de mayor peso es el alto consumo de energía eléctrica, de ahí que la Tabla 3.2 muestre un porcentaje de los CP más consumidores con respecto al consumo total del municipio para el año 2017, así como la cantidad y calidad de las viviendas, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación.

Capítulo III



Tabla 3.2: Resumen del consumo de energía eléctrica, cantidad y calidad de las viviendas en los Consejos Populares más consumidores con respecto al municipio. Fuente: Elaboración Propia.

Variables	Total Municipal	CP más consumidores	Porcentaje que representa (%)
Consumo eléctrico	158.89 GW/h	97.35 GW/h	61.27
Cantidad de viviendas	56946	30996	54.43
Calidad de las viviendas	44029	25124	57.06

De lo anteriormente expuesto se concluye que los CP en que inciden estas tres variables son: Junco Sur, Pueblo Griffo y La CEN; quedando estos propuestos para la realización de la investigación, pues son altos consumidores de energía eléctrica, poseen hogares multifamiliares (edificios tales como 12 plantas y/o 18 plantas) y tienen un fondo habitacional clasificado como bueno. Cabe resaltar que para el análisis de la tipología de las viviendas solo se tienen en cuenta aquellas de tipo I y II debido a las características constructivas que poseen. Además, para la realización de la investigación se tienen en cuenta los CP Centro Histórico y Punta Gorda debido a la gran inserción que han tenido estos en los últimos años del sector no estatal, lo que ha conllevado a que se conviertan en altos consumidores de energía eléctrica.

Para tener una mayor seguridad con respecto a la selección del CP para el estudio se procede a la realización de un análisis estadístico en cuanto a normalidad, estabilidad y tendencia de los CP antes propuesto utilizándose datos del período 2015-2017, lo cual comprende 36 observaciones (ver Anexo 11) cuyo resumen se presenta en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Resumen de análisis de normalidad, estabilidad y tendencia. Fuente: Elaboración Propia.

Consejo Popular	Normalidad (Valor-P)	Estabilidad	Tendencia
Junco Sur	0,893307	Buena $St= 0$	Se muestra una poca variabilidad entre los meses de mayo a agosto.
Pueblo Griffo	0,893314		
CEN	0,893328		
Centro Histórico	0.990982		
Punta Gorda	0,893325		

Capítulo III



- Normalidad

Con el objetivo de analizar la normalidad de los datos se aplica la prueba de bondad de ajuste arrojando como resultado que los datos provienen de una distribución normal debido a que el valores-P son mayores que 0,05 por lo que no se puede rechazar la idea de que el consumo en estos CP proviene de una distribución normal con 95% de confianza. En el histograma se obtiene que los datos de consumo de energía eléctrica se muestran centrados con mucha variabilidad lo que significa que la calidad de las mediciones es adecuada.

- Estabilidad

$$St = \frac{PE}{TP} * 100$$

Donde:

St: Índice de inestabilidad

PE: puntos especiales

TP: total de puntos

$$St = \frac{0}{36} * 100 = 0 \%$$

Rango para la toma de decisiones:

0– 2% Buena Estabilidad 2 – 5% Estabilidad Regular > 5% Mala Estabilidad

De aquí se concluye que los datos del consumo de energía eléctrica para los distintos CP tienen buena estabilidad pues el valor del índice de inestabilidad es igual a 0 y se encuentra dentro del rango de 0 – 2%, por lo que se infiere además que el consumo energético de los tres períodos no ha presentado variaciones notables.

- Tendencia

Para este análisis se emplea el gráfico de individuos pues este se utiliza para mediciones lentas, debido a que el consumo de energía eléctrica es medido mensualmente. Este gráfico muestra que en ninguno de los casos hay puntos fuera de los límites de control, solo se evidencian 3 ciclos recurrentes debido a que las mediciones se realizan de forma anual. Además se muestra un patrón que denota falta de variabilidad pero que no llega a ser un punto especial pues no se repite 7 veces o más; esto se presenta en los meses de Mayo a Agosto de 2017 debido a que este último mes estuvo afectado por días de contingencia energética donde las medidas fueron: retirar el fluido eléctrico en algunos horarios en el



sector residencial, a ello se le suma el comienzo de la venta liberada de gas licuado (GLP) en el mes de Junio de ese mismo año como se muestra en el Anexo 12.

A partir de lo anteriormente analizado se selecciona para la investigación, el CP Pueblo Griffo debido a que las autoridades locales mostraron un interés sobre este CP, además se involucró en este estudio a la presidenta del CP, donde inicialmente se le aplicó la lista de chequeo para evaluar las competencias en gestión de la energía de los miembros del Consejo de Administración Municipal y los Presidentes de los CP de municipio, cuyos resultados se muestran en el Anexo 13; se selecciona además para el análisis los CP Centro Histórico y Punta Gorda por la alta inserción del trabajo no estatal, para el caso específico de casas de renta u hostales.

3.3.2.1.1 Aplicación de la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red.

La metodología a aplicar para las propuestas de utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial es la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red (González, 2016), la cual se muestra en el Anexo 14.

Pueblo Griffo

Del CP Pueblo Griffo se selecciona el edificio 12 plantas ubicado en edificio 12 plantas, No. 55, Pueblo Griffo, Cienfuegos, debido a que este es el edificio multifamiliar que posee la mayor cantidad de viviendas con respecto a los restantes en este CP. De ahí que esta edificación cuente con 210 apartamentos además de una bodega, un mercado industrial, una casilla, una librería, un correo, un consultorio, un taller de reparación, un parqueo y local de atención a jubilados. Esto incluye locales que están inactivos y/o vacío tales como una farmacia y un gimnasio. Tiene aproximadamente 850 habitantes y consumieron en el año 2017 un total de 440173 kWh/año.

Análisis del consumo de energía eléctrica: período 2015-2017 (ver Anexo 15a).

- Normalidad

Según los resultados obtenidos en el análisis de la normalidad (Anexo 15a) se puede concluir que el valor-P es mayor que 0,05 por lo que no se puede rechazar la idea de que el consumo del 12 Plantas proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Capítulo III



- Estabilidad

$$St = \frac{0}{36} * 100 = 0\%$$

Los datos del consumo de energía eléctrica para el 12 Plantas tienen buena estabilidad pues el valor de esta es 0, por lo que se infiere además que el consumo energético en los períodos analizados no ha presentado variaciones notables.

- Tendencia

El gráfico muestra que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control destacando que existe un pico en el mes de agosto pues este es el mes de mayor consumo pues corresponde al verano donde las temperaturas son elevadas y coinciden con el período vacacional. El histograma muestra que el consumo tiende a oscilar generalmente entre 29 y 40 kWh cada mes en los años comprendidos entre 2015-2017.

Para este caso de estudio solo se utiliza el consumo del sector residencial obviando el consumo que representan las tarifas mayores (Elevadores y Cisterna) y tarifas prepago (instituciones pertenecientes al estado, las cuales fueron mencionadas con anterioridad) puesto que estas primeras tienen un consumo tan elevado, que los paneles solares no son capaces de suministrar la demanda necesaria y en el caso de las tarifas prepago al ser instituciones pertenecientes al estado, la empresa eléctrica mide su consumo de forma diferente.

1. Cálculo del consumo de energía

En el Anexo 16a se muestra los consumos de energía eléctrica e Irradiación solar al día para el CP, a su vez la irradiación solar por meses para el año 2017 que recibe el municipio de Cienfuegos (ver Anexo 17). Los valores resaltados son los valores máximos de consumo/ Irradiación para cada caso. El procedimiento para obtener la relación de consumo/irradiación recibe el nombre de procedimiento del peor mes, siendo para el 12 plantas el mes de noviembre.

2. Equipamiento tecnológico



Para la selección de la tecnología se realiza una revisión de los posibles proveedores a nivel internacional, la tecnología que ofertan, así como su gama, potencia entre otros elementos que se presentan en el Anexo 18. Para la investigación no se tiene en cuenta dichos proveedores puesto que a pesar de que su tecnología es de punta, resulta muy costosa. Por otra parte, Cuba cuenta con la producción de paneles solares fotovoltaicos en el Combinado de Componentes Electrónicos (CCE) Ernesto Che Guevara, la única planta cubana que realiza esta producción y se encuentra ubicada en la provincia de Pinar del Río, a unos 160 kilómetros al oeste de La Habana; cabe resaltar que la materia prima que se utiliza en dicha empresa es proveniente de la República Popular China.

Se utilizará para este proyecto el módulo solar modelo DMS 1240P-CS, del fabricante CCE con una potencia pico de 240 Wp y una tolerancia positiva de + 5W (+2,08%). En el Anexo 19 se indican algunas de sus características generales y datos técnicos del módulo fotovoltaico DMS 240P-CS, para las Condiciones Estándar de Medida (STC): irradiación de 1 000W/m², una temperatura del módulo T = 25 °C y masa de aire AM = 1, 5. Es necesario resaltar que en las residencias seleccionadas para la investigación se hará uso de este mismo módulo.

3. Cálculos empleados en el diseño de la propuesta

Considerando que la eficiencia eléctrica del sistema fotovoltaico es de un 85% y la de los módulos fotovoltaicos es de un 15% se puede calcular la eficiencia del sistema (González, 2016).

$$\eta = 0,85 \times 0,15 = 0,128 \times 100 = 12,8\%$$

Para satisfacer el consumo de energía eléctrica en el edificio objeto de estudio se escoge el mes de noviembre por ser el de mayor consumo/Irradiación.

$$E = \eta \times \text{Irradiación} = 0.128 * 4.37 = 0,55936$$

$$\text{Superficie} = (\text{Consumo/día}) / E = 269,877956 \text{ kW/h} / 0,55936 = 482,47632294 \text{ m}^2 \sim 483 \text{ m}^2$$

Según los cálculos para una demanda de 269,877956 kW/h son necesarios aproximadamente 483 m², sin embargo, la azotea (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 450 m², pero los cálculos para este caso serán realizados bajo la base de 200 m², debido a que esta azotea presenta un gran volumen de

Capítulo III



espacio utilizado por los tanques de las residencias, así como antenas de hogares y antenas pertenecientes a la empresa Radio Cuba, entre otros, los cuales limitan el espacio a utilizar.

Para realizar el proyecto se utiliza una parte de la azotea del 12 Plantas, cuyas dimensiones son de 20m de largo (L_A) x 10m de ancho (A_A) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L_M) x 982 mm (A_M) x 40 mm, de ahí se obtiene que:

$$\text{Propuesta 1: } L_A/A_M = 20/0,982 = 20,366598778 \sim 20 \quad A_A/L_M = 10/1,324 = 7,5528700906 \sim 7$$

$$\text{Módulo} = 20 * 7 = 140 \text{ módulos}$$

$$\text{Propuesta 2: } L_A/L_M = 20/1,324 = 15,105740181 \sim 15 \quad A_A/A_M = 10/0,982 = 10,183299389 \sim 10$$

$$\text{Módulo} = 15 * 10 = 150 \text{ módulos}$$

Se selecciona la propuesta 2 pues el área se aprovecha de manera eficiente pues permite la instalación de un mayor número de módulos con respecto a la propuesta 1. Por tanto, la potencia fotovoltaica total del arreglo debe ser de $150 \times 240W = 36000 \text{ Wp} = 36 \text{ kWp}$.

- Cálculo del ángulo de inclinación

La inclinación “ α ” de un generador fotovoltaico conectado a red se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\alpha_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69 \times \text{Latitud del lugar} = 3,7 + 0,69 \times 22,07 = 18,9283 \sim 19^\circ$$

Por tanto, para lograr un mayor aprovechamiento de la radiación solar, la inclinación de los paneles con respecto a la horizontal debe ser de 19° y la orientación con respecto al sur (Azimut) de 0° según Cilveti (2010). Cabe resaltar que la ubicación geográfica (longitud y latitud) que se usa para los 3 estudios es la del municipio de Cienfuegos, por lo que el ángulo de inclinación para los 3 casos será el mismo.

La conexión de los paneles que componen el generador fotovoltaico será la siguiente: 3 ramales conectados en paralelo compuestos por 5 paneles cada uno conectado en serie.

4. Análisis económico preliminar de la propuesta



- Propuesta preliminar de los costos

Los costos de una instalación fotovoltaica son muy variables, dada la diversidad de variantes que tiene en cuanto a los elementos que contienen, por ejemplo, un sistema con baterías encarece la inversión, así como el aumento de distancias entre el punto de generación y el de consumo por el cableado empleado. Otro aspecto a tener en cuenta son los precios en el mercado internacional, donde la tendencia del precio del Watt pico (Wp) de generación fotovoltaica es a disminuir y el precio del barril de petróleo es variable.

Por concepto de costo se tiene que un módulo de 240Wp tiene un precio de 206,4 cuc/u por lo que el costo de los 150 módulos necesarios para la propuesta es de 30 960 cuc. Hay que resaltar que aún falta el costo de los restantes elementos a tener en cuenta en la instalación de paneles fotovoltaicos.

La eficiencia de los módulos se reduce a medida que pasan los años, a tal punto que al cabo de los 25 años se puede llegar a reducirse hasta 80% de su valor inicial. Se debe considerar un factor de envejecimiento de 0,87 y un factor de suciedad óptica de 0,9, cuya multiplicación da origen a un factor de reducción, cuyo valor es de 0,78 (González, 2016).

La energía generada (Ge) se calcula a través de la ecuación:

$$Ge \text{ (kWh/año)} = kWp \times 365\text{días} \times HSP \times \eta_{inv} \times Fred$$

Dónde:

η_{inv} : eficiencia del inversor (es tomado de referencia para el cálculo)

Fred: factor de reducción

HSP: hora solar pico, que se calcula de la forma siguiente:

$$HSP = \text{Promedio de kWh/m}^2$$

$$HSP = (4,04 + 5,06 + 6,56 + 6,12 + 5,97 + 6,25 + 6,64 + 6,60 + 5,97 + 5,00 + 4,37 + 3,63) / 12 = 5,43416667$$

La energía generada por este sistema fotovoltaico en un año es de:



$$Ge = 36 \text{ kWp} \times 365 \text{ días} \times 5,43416667 \times 0,95 \times 0,78 = 52\,911 \text{ kWh.}$$

La energía total promedio consumida en el año 2017 por el 12 Plantas es de 440 173 kWh.

$$\% \text{ de ahorro} = \frac{52911}{440173} * 100 = 12,02 \%$$

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 12,02% de la energía consumida al año siendo esto equivale a una reserva de 23,15 toneladas de petróleo al año ahorrándole al país 10 779,59 pesos anualmente por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 11 532,63 USD.

Punta Gorda y Centro Histórico

El municipio de Cienfuegos cuenta en la actualidad con aproximadamente 637 casas de renta u hostales que representan 1900 habitaciones, concentradas principalmente en los CP Punta Gorda y Centro Histórico, seleccionándose para el estudio dos casas de renta, una en cada CP. La información necesaria ha sido facilitada por los propietarios de estos hostales, los cuales se mostraron interesados por el tema de la investigación.

El Hostal Ángel e Isabel se encuentra ubicado en la calle 35 No. 24 entre litoral y 0, Punta Gorda, Cienfuegos y cuenta con 3 habitaciones. En el análisis del consumo de energía eléctrica del período 2015-2017 que se muestra en el Anexo 15b se puede comprobar que posee una distribución normal para un 95% de confianza debido que el valor-p es mayor que 0.05. La estabilidad por su parte es mala pues el valor es superior al 5%, por lo que se infiere además que el consumo energético de los tres períodos presenta variaciones notables debido a que como es una casa de renta existen meses donde la casa acoge mayor número de extranjeros (temporada alta) y otros donde disminuye este número (temporada baja) por lo que el consumo de energía eléctrica fluctúa. El gráfico de individuos muestra que existen dos puntos fuera de los límites de control debido a la fluctuación de la cual se hace alusión con anterioridad. Además, el histograma evidencia que el consumo del hostal tiende a estar en su mayoría entre los 800 kWh y 1100 kWh.

Capítulo III



El Hostal La Lolita se encuentra ubicado en la avenida 52 No. 3711 entre 37 y 39, Centro Histórico, Cienfuegos y cuenta con 4 habitaciones. Al análisis del consumo de energía eléctrica en el período 2016 - 2017 se puede afirmar que sigue una distribución normal con un comportamiento muy similar al Hostal Ángel e Isabel según se evidencia en el Anexo 15c. La estabilidad del consumo de energía eléctrica del hostal es buena, mientras que el gráfico de individuos muestra que no existen puntos fuera de los límites de control y no hay presencia de patrones por lo que se determina que los períodos de temporada baja y alta para este hostal no se evidencian de forma tan marcada. El histograma evidencia que el consumo del hostal tiende a estar entre los 800 kWh y 1080 kWh.

Al aplicar la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 3.4. Los índices de Consumo/irradiación se presentan en el Anexo 16b y 16c para cada CP respectivamente y el desglose de toda la metodología para estos CP en el Anexo 20a y 20b.

Tabla 3.4: Resumen de la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados en los CP de Punta Gorda y Centro Histórico. Fuente: Elaboración propia.

Consejo Popular	Punta Gorda	Centro Histórico
Hostal	Ángel e Isabel	La Lolita
Índice de Consumo/Irradiación	4,04 (enero)	4,37(noviembre)
Eficiencia del sistema (η)	12,80%	12,80%
Energía útil (E)	0.51712	0,55936
Superficie necesaria	120 m ²	65 m ²
Superficie propuesta por propietario	20 m ²	30 m ²
Propuesta 1	15 módulos	20 módulos
Propuesta 2	12 módulos	21 módulos
Angulo de inclinación (α_{opt})	19°	19°
Costo de los módulos	3 096 cuc	4 334,4 cuc
Energía generada (Ge)	5291 kWh	7408 kWh
% de ahorro anual	36%	65,82%
Equivalente en petróleo (t/año)	2,31	3,24
Ahorro por generación de energía (pesos/año)	1 077, 94	1 509,23
Ahorro por petróleo no consumido (USD/año)	1 150,77	1 614,07



De los resultados que muestra la Tabla 3.4 se puede decir que en el caso del CP Punta Gorda para satisfacer su demanda son necesario 120 m², pero el propietario solo dispone de 20 m², al realizar las propuestas para esta área se toma la 1 con la instalación de 15 módulos el Anexo 21 muestra la vista superior de la propuesta del proyecto del Hostal Ángel e Isabel. El costo de los módulos es de 3 096 cuc pero estos ahorraran un 36% de la energía consumida al año lo que equivale en petróleo una reserva de 2,31 toneladas, lo que monetariamente se traduce a 1 077, 94 pesos por generación de energía eléctrica cada año y un ahorro por petróleo no consumido de 1 150,77 USD. El Hostal La Lolita por su parte para satisfacer la demanda requiere de 65 m². El propietario solo está dispuesto a utilizar 30 m² y al realizar las propuestas para esta área se toma la 2 con la instalación de 21 módulos conectados con 3 ramales en paralelo compuestos por 7 paneles cada uno conectados en serie cuya vista superior se muestra en el Anexo 21 a un costo de 4 334,4 cuc, pero ahorrando el 65,82% de la energía consumida del año siendo esto equivale a una reserva de 3,24 toneladas de petróleo al año ahorrándole al país 1 509,21 pesos anualmente por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 1 614,07 USD.

3.3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución RSU

Para el análisis, selección y diseño de la solución, se comenzará por un estudio del estado actual del tratamiento y gestión de los RSU en el municipio de Cienfuegos. Para ello se trabaja con datos del periodo 2010-2015 tomados del Anuario Estadístico emitido por la ONEI, vale aclarar que no tienen estos datos en los últimos 3 años (2016-2018) debido que la ONEI dejó de emitirlos. En Tabla 3.5 se recopilan los promedios de equipos recolectores de RSU, que como muestra la Figura 3.4 el 2010 fue el año de mayor promedio de equipos en funcionamiento con más de sesenta equipos activos. No sucedió lo mismo en 2011 y 2012 pues ocurrió una disminución agudizándose en el 2015. Comparado con el año 2010 y 2015 se puede observar el déficit de equipos debido a su deterioro.

En el centro de la ciudad se utilizan los colectores y en los CP más alejados, los carros de tracción animal, tractores con carreta y camiones abiertos. Otra forma de mantener las calles limpias en el municipio es mediante el barrido de calles, esta actividad comienza a partir de las 4:40 am hasta las 12:40 pm, con un doble barrido de 1:00 pm a 7:00 pm en el CP Centro Histórico.

El manejo de los RSU se muestra a través de los indicadores descritos en los Anexos 22 y 23 en los cuales se aprecia su comportamiento durante el periodo 2010-2015, vale aclarar que no tienen estos datos en los últimos tres años (2016-2018) debido que la ONEI dejó de emitirlos.



Tabla 3.5: Promedio de equipos recolectores de desechos sólidos trabajando. Fuente: (ONEI, 2016)

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promedio de colectores trabajando	8	7	7	5	2	5
Promedio de tractores c/carretas trabajando	1	1	1	2	4	5
Promedio de camiones abiertos trabajando	11	10	10	5	10	8
Promedio de carros de tracción animal trabajando	41	31	31	43	34	29
Promedio de buldóceres trabajando	1	2	2	1	1	1
Total de equipos trabajando	62	51	51	56	51	48



Figura 3.4: Total, de equipos trabajando en el municipio de Cienfuegos en la recolección de RSU.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.5 se aprecia el volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos durante el periodo 2010- 2015. En esta se evidencia una disminución en el 2011, probablemente causado por la rebaja en el total de equipos en funcionamiento existente en ese año, como bien se explicó en el análisis de la Figura 3.4. En los años posteriores se denota un aumento en la recolección de volumen de RSU.



Figura 3.5: Volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia

Para la priorización de las acciones de mejora entre las causas previamente expuestas se utilizó la herramienta Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) que se detalla en el Anexo 24, cuyos resultados se muestran en las Tabla 3.6. Como se puede constatar el modo de fallo con mayor número de prioridad del riesgo (RPN) es la inexistente clasifica en el sector residencial para lo RSU, seguido del incremento en el volumen de RSU, ambos fallos pertenecen a la misma causa potencial (Insuficiente tratamiento de los RSU), debido a esto la acción de mejora a priorizar es: La propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de los RSU municipales.

Tabla 3.6: Modos de fallo en el manejo de RSU en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.

Causas potenciales	Modo de Fallo	RPN	% de Participación	Acción de mejora
Insuficiente tratamiento de los RSU	No se clasifica en el sector residencial los RSU	900	42,8571429	Propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de los RSU municipales
	Aumento de volumen RSU	720	34,2857143	
Insuficientes equipos para la recolección de los RSU	Recogida ineficiente de los RSU en los CP	480	22,8571429	Gestionar financiamiento para la adquisición de nuevos equipos para la recogida de los RSU en el municipio
	Total	2644	100	



3.3.2.2.1 Diseño de la acción de mejora

El tema de la generación de los RSU en Cuba constituye un problema que se acrecienta, dicha afirmación se fundamenta principalmente en el aumento del volumen y su composición debido a la existencia de una generación de cuatro mil toneladas de los mismos para un promedio de 0,5 Kg cada día por habitante. La provincia de Cienfuegos en el año 2001 era el mayor generador de residuos sólidos con un aproximado de 116 173 Kg/día, presentando el mismo índice de generación de RSU que Ciudad de la Habana con un 0,75 Kg/día por habitante (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012.), esta última con mayor número de habitantes. En el año 2005 en municipio de Cienfuegos se evidenció una disminución en el índice con respecto al 2001. La Tabla 3.7 muestra este análisis.

Tabla 3.7: Generación de Residuos diario en Ciudad Habana y Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia

Ciudad	Año	Población	Índice per cápita kg per cápita /día	Total kg/día	Total ton/día
Ciudad de La Habana	2001	2186,632	0,75	1639,974	1,640
Cienfuegos	2001	154,897	0,75	116 173	116
Cienfuegos	2005	164,749	0,58	150 311	150

Es necesario considerar que estos datos corresponden al 2001 porque es entonces que se comienza a conceder importancia a la generación de los RSU, aunque no existen referencias de continuidad de estudios hasta el año 2012 con las investigaciones realizadas por de la Peña (2012) y Correa et al (2017), por lo que existe desproporcionalidad entre el volumen de desechos generados en la práctica y el desconocimiento de la magnitud real de los mismos, pues la recogida no se planifica según los volúmenes materialmente existentes, otra deficiencia es que no existen registros hasta el momento de cuántas toneladas se generan al día, ni el índice per cápita, no cuentan con una base de datos, y no archivan esta documentación.

Según ONEI (2018) en el año 2017 Cienfuegos aumento su generación de RSU con respecto al 2016 esto se detalla en el Anexo 25. Cienfuegos es la sexta provincia del país con mayor relación volumen RSU/población con un índice de 2,45 m³/habitante en el año 2017, su índice supera al de provincias



con una mayor población como Santiago de Cuba, Villa Clara, Matanzas, Pinar del Río, Camagüey entre otras. Todo ello se resume en la Tabla 3.8

Tabla 3.8: Provincias con mayor población que Cienfuegos y menor índice RSU/población.

Fuente: Elaboración Propia.

Provincia	Población (hab)	Volumen-RSU (m ³)	Índice (m ³ /hab)
Cienfuegos	407 244	998 000	2,5
Granma	826 911	1 964 000	2,37
Las Tunas	536 094	1 229 100	2,29
Holguín	1 030 024	2 036 100	1,97
Guantánamo	511 093	906 100	1,77
Villa Clara	784 244	1 345 500	1,71
Santiago de Cuba	1 051 069	1 701 900	1,61
Camagüey	769 863	1 191 300	1,54
Matanzas	712 418	1 047 700	1,47
Pinar del Río	586 483	808 000	1,37

El Anexo 26 detalla la actualización del volumen total de desechos sólidos recolectados en el municipio de Cienfuegos, así como la cantidad de habitantes, datos publicados por ONEI (2017). En la Figura 3.6 se aprecia que el índice de relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos a partir del año 2013 comienza a ascender notablemente y se incrementa en 1,7 metros cúbicos por habitantes en el 2017.

Los RSU en el municipio de Cienfuegos se depositan en un total de siete vertederos y de ellos solo seis funcionan, los cuales están localizados por CP como se muestran en la Tabla 3.9. Los RSU denominados residuos domésticos provienen del sector residencial, se generan en los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios. Estos tipos de RSU son inorgánicos y orgánicos cuya clasificación detallada se encuentra en el Anexo 27.

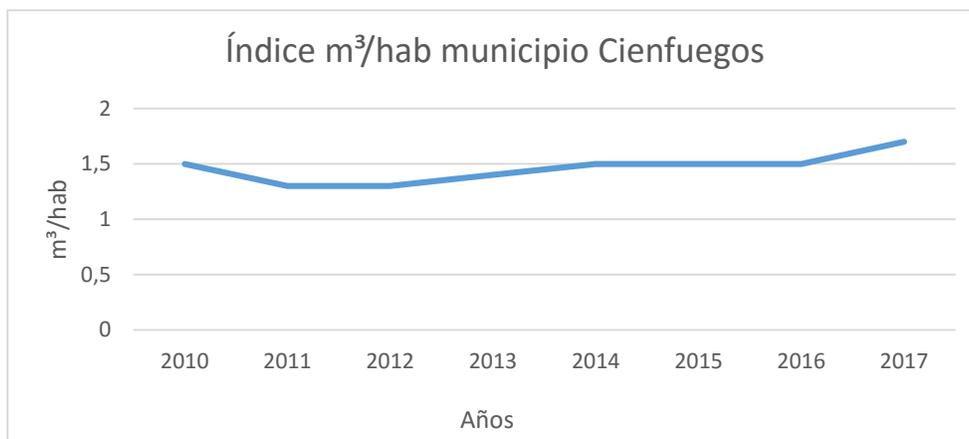


Figura 3.6: Índice de la relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9: Resumen de vertederos del municipio Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia

Cantidad	Funcionamiento	Ubicación	
		Cantidad	CP
7	6	1	Rancho Luna
		1	Caonao
		1	Pepito Tey
		1	CEN
		1	Paraíso
		1	Pueblo Griffó

En Cuba los RSU están compuestos por: 59.45 % de materias orgánicas y 40.55 % inorgánicas. (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012). Por tanto, se considera para el municipio de Cienfuegos esta misma composición de RSU, debido a que la Dirección Provincial y la Dirección Municipal de Servicios Comunes no posee esta información. El municipio genera, según la Dirección Municipal de Servicios Comunes la cantidad de RSU que se muestra en la Tabla 3.10.

La composición de los residuos es de vital importancia para su gestión, debido a que existen diferentes tratamientos y tecnologías que se pueden aplicar teniendo en cuenta la composición de los mismos. Por esta razón es necesario tener estos datos con el fin de que las acciones que se tracen en el municipio respecto a los RSU sean eficaces.



Tabla 3.10: Residuos sólidos urbanos orgánicos e inorgánicos diario, mensual y anual.
Fuente: Elaboración propia

	Volumen		
	Día	Mes	Año
Total de RSU	600 m ³	22 Mm ³	264 Mm ³
RSU orgánico	356,7 m ³	13,079 Mm ³	156,948 Mm ³
RSU inorgánico	243,3 m ³	8,921 Mm ³	107,052 Mm ³

3.3.2.2.2 Tecnologías para el tratamiento de los RSU

Existen diversas clasificaciones del tratamiento de los RSU, en el Anexo 28 se detallan algunas tecnologías. Una vez analizadas estas tecnologías y las características de los RSU en el municipio de Cienfuegos, el grupo de expertos en sesión de tormenta de ideas con un nivel de concordancia de criterio a través de la prueba de W de Kendal realizada en el SPSS, con una $W=0,93$ determina las propuestas más apropiadas para el procesamiento adecuado de los RSU, de acuerdo a los recursos y disponibilidades del territorio.

1. Separación (manual o mecanizada)
2. Proceso de oxidación térmica
3. Tratamiento Mecánico-Biológico
4. Pirólisis

Para la selección de la tecnología a proponer para el tratamiento de RSU en el municipio de Cienfuegos se utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process), cuya metodología se muestra en el Anexo 29 mediante el software Expert Choice.

Procediéndose a determinar los criterios necesarios para la aplicación de la tecnología siendo estos criterios:

- 1- Criterio Medioambiental
- 2- Criterio Socio-cultural
- 3- Criterio Económico
- 4- Criterio Técnico

Estos criterios de selección se toman en cuenta según plantean Prada (2016) y Bleda (2017) los que se argumentan en el Anexo 30. En la Tabla 3.11 se adopta una puntuación mediante escala numérica según Bleda (2017) con los siguientes significados para cada valor.



Tabla 3.11: Significados de la cuantificación de preferencias de Saaty. Fuente: (Bleda, 2017).

Preferencia cuantitativa	Preferencia cualitativa
1	Igual
3	Moderada
5	Esencial
7	Manifiesta
9	Extrema
2,4,6,8	Posibles niveles intermedios

Por lo que se procede a construir la matriz de comparación de pesos relativos mediante el uso del software Expert Choice que se muestra en la Figura 3.7.

Compare the relative importance with respect to: Goal: Seleccionar la mejor Tecnologia				
	Criterio Me	Criterio So	Criterio Ec	Criterio Té
Criterio Mediambiental		4.0	3.0	9.0
Criterio Socio-Cultural			3.0	5.0
Criterio Económico				8.0
Criterio Técnico	Incon: 0.15			

Figura 3.7: Matriz de Comparación de Criterios del Expert Choice. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.8 se muestra la clasificación de salida de Expert Choice para cada criterio donde se evidencia que el criterio medioambiental es el de mayor peso con un 54.6% seguido por el criterio económico con un 28.2%, siendo los criterios sociocultural y técnico los de menor peso con un 28.8% y 3.9% respectivamente.

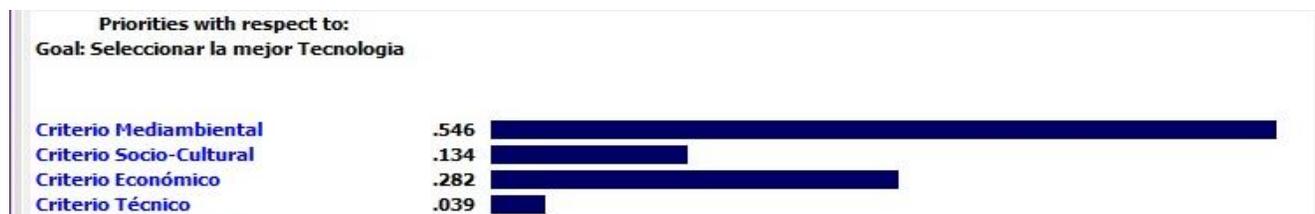


Figura 3.8: Peso final de cada Criterio. Fuente: Elaboración propia

En esta investigación se consideraron cuatro criterios por lo que se hace necesario relacionar cada criterio con las tecnologías planteadas.

Capítulo III



- Criterio Medioambiental

Se construye la matriz de pesos relativos entre las tecnologías a evaluar para el criterio medioambiental quedando sus relaciones de la manera que se presentan en la Figura 3.9

Compare the relative preference with respect to: Criterio Mediambiental				
	Separaci3n	Proceso de	Tratamient	Pir3lisis
Separaci3n (Manual o Mecanizada)		6.0	4.0	9.0
Proceso de Oxidaci3n T3rmica			5.0	4.0
Tratamiento Mec3nico Biol3gico				9.0
Pir3lisis	Incon: 0.45			

Figura 3.9: Matriz de valoraci3n del Criterio Medioambiental para alternativas. Fuente: Elaboraci3n propia

Como se puede apreciar en la Figura 3.10 el Tratamiento Mec3nico-Biol3gico es el de mayor peso con un 59.67% seguido por el Proceso de oxidaci3n t3rmica con un 22.3%, mientras que la Pir3lisis solo tiene un 13.2% y la Separaci3n (manual o mecanizada) es el menor con un 4.8%.

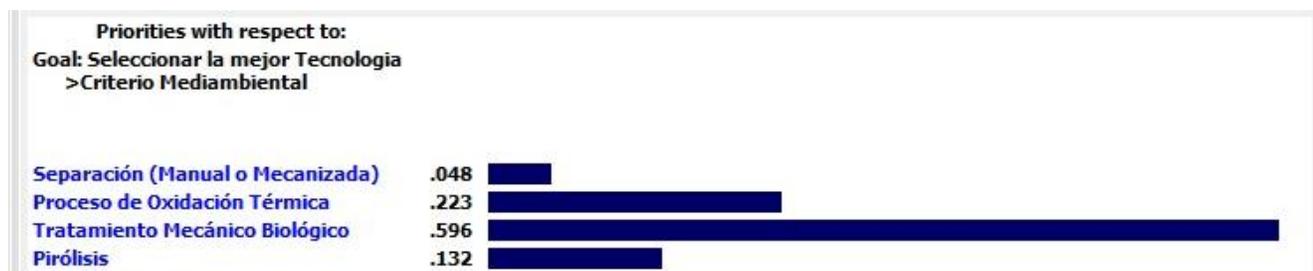


Figura 3.10: Valor de alternativas para Criterio Medioambiental. Fuente: Elaboraci3n propia

- Criterio Socio-Cultural

La Figura 3.11 muestra la matriz de pesos relativos entre las tecnolog3as a evaluar para el criterio Socio-Cultural.

Compare the relative preference with respect to: Criterio Socio-Cultural				
	Separaci3n	Proceso de	Tratamient	Pir3lisis
Separaci3n (Manual o Mecanizada)		4.0	2.0	7.0
Proceso de Oxidaci3n T3rmica			6.0	4.0
Tratamiento Mec3nico Biol3gico				2.0
Pir3lisis	Incon: 0.52			

Figura 3.11: Matriz de alternativas para Criterio Socio-Cultural. Fuente: Elaboraci3n propia

Capítulo III



La clasificación de la valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas se muestra en la Figura 3.12 donde se evidencia que la Separación (manual o mecanizada) es el de mayor peso con un 53.1% seguido por la Pirólisis con 21.1%, el Proceso de oxidación térmica presenta un 16.7 % y el Tratamiento Mecánico-Biológico vuelve a ser el menor con tan solo 9.1 %.



Figura 3.12: Valor de alternativas para Criterio Socio-Cultural. Fuente: Elaboración propia

- Criterio Económico

Para la valoración de las alternativas en el criterio Económico la matriz queda conformada como se muestra en la Figura 3.13.

Compare the relative preference with respect to: Criterio Económico

	Separación	Proceso de	Tratamiento	Pirólisis
Separación (Manual o Mecanizada)		3.0	6.0	3.0
Proceso de Oxidación Térmica			3.0	6.0
Tratamiento Mecánico Biológico				9.0
Pirólisis	Incon: 0.03			

Figura 3.13: Matriz de alternativas para del Criterio Económico. Fuente: Elaboración propia

En el Criterio Económico la tecnología de mayor peso es la Pirólisis con un 59.1% seguido por la Separación (manual o mecanizada) con 25.7%, el Proceso de oxidación térmica tiene un 10.5 % y el Tratamiento Mecánico-Biológico un 4.7% como aparece en la Figura 3.14.

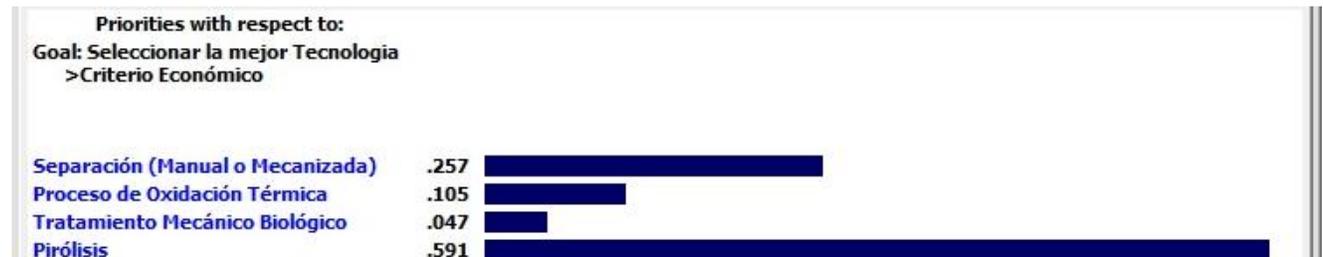


Figura 3.14: Valor de alternativas para criterio Económico. Fuente: Elaboración propia

Capítulo III



- Criterio Técnico

La matriz de comparación de pesos relativos del Expert Choice para las alternativas de tecnología en el Criterio Técnico se puede observar en la Figura 3.15.

Compare the relative preference with respect to: Criterio Técnico				
	Separación	Proceso de Tratamiento	Pirólisis	
Separación (Manual o Mecanizada)		3.0	6.0	4.0
Proceso de Oxidación Térmica			7.0	3.0
Tratamiento Mecánico Biológico				2.0
Pirólisis	Incon: 0.14			

Figura 3.15: Matriz de alternativas para criterio Técnico. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.16 se muestra la clasificación de la valoración del Criterio Técnico para alternativas donde se evidencia que la Pirólisis es el de mayor peso con un 41.6 % seguido por el Tratamiento Mecánico-Biológico con un 40.8% siendo menores en este caso el Proceso de oxidación térmica y la Separación (manual o mecanizada) con un 11.4% y 6.2 % respectivamente.

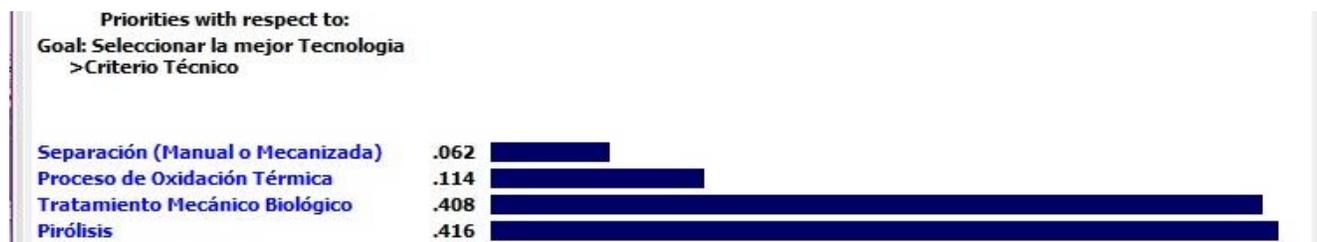


Figura 3.16: Valor de alternativas para la Criterio Técnico. Fuente: Elaboración propia

- Comparación de alternativas y orden de preferencias

Una vez obtenidos los vectores de la priorización de las alternativas para cada uno de los criterios (ver Figura 3.17): medioambiental, socio-cultural, económico y técnico, se procedió a la etapa final que es la selección de la tecnología para el sistema de tratamiento.

1.0 Goal		Alternatives: Ideal mode
Goal: Seleccionar la mejor Tecnología		
■ Criterio Mediambiental (L: .546)		Separación (Manual o Mecanizada) .176
■ Criterio Socio-Cultural (L: .134)		Proceso de Oxidación Térmica .177
■ Criterio Económico (L: .282)		Tratamiento Mecánico Biológico .362
■ Criterio Técnico (L: .039)		Pirólisis .285

Figura 3.17: Matriz y vectores para valoración final de alternativas. Fuente: Elaboración propia



El resultado final de la mejor alternativa para el tratamiento de los RSU mediante el método AHP procesado por el software Expert Choice se muestra en la Figura 3.18.



Figura 3.18: Resultado final de alternativas. Fuente: Elaboración propia

Los resultados reflejan que la tecnología de gestión de residuos que mejor desempeño demuestra a utilizar en el municipio de Cienfuegos es el Tratamiento Mecánico-Biológico. El resto de alternativas quedan como sigue:

- En segundo lugar, con un 28.5 % la Pirólisis menos de atractivo, el tratamiento mediante separación (manual o mecanizada).
- En tercer lugar, con un 17.7% el Proceso de oxidación térmica.
- En último lugar y con un 17.6% la Separación (manual o mecanizada).

3.3.2.2.3 Tecnología Tratamiento Mecánico-Biológico

El Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB) es una tecnología de pre-tratamiento de residuos sólidos y manejo especial, donde se 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.

3.3.2.2.4 Valorización energética y valor calorífico de la Tecnología Mecánico-Biológico en el municipio de Cienfuegos

Para la tecnología propuesta TMB se realiza la valorización energética y el valor calorífico de los RSU a tratar en el municipio de Cienfuegos, solo se considerarán los RSU de clasificación orgánico, pues requieren un tratamiento rápido.

El municipio de Cienfuegos en el año 2017 se generan las siguientes cantidades de RSU orgánicos según se muestra en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos, 2017.
Fuente: Elaboración propia

	UM	diarios	mensual	anual
RSU orgánicos generados en el municipio	Mm ³	0,3567	13,079	156,948
	t	48,54	1 780	21 360
	kg	48 540	1 780 000	21 360 000

- Valorización energética

La valorización energética es la estimación de los RSU potencialmente valorizado para la generación de la energía (ver Tabla 3.13), para el TMB se considera entre 5200 – 6000 kcal/kg es equivalente a 24. 28 MJ/kg (Atabella, J.E.; Colomer, F.J. y Gallardo, A., 2016). Por la que la valorización energética para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017 es la siguiente:

Tabla 3.13: Valorización energética de los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017. Fuente: Elaboración propia

Valorización energética	UM	Valor
diaria	MJ	1 178 551,2
mensual	MJ	43 218 400
anual	MJ	518 620 800



- 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 (Guardado, 1999; González y Almeida, 2007). Donde se plantea que el biogás tiene un valor calorífico entre 4700-5500 kcal/m³ y 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 3.14.

Tabla 3.14: Valor calorífico de los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017. Fuente: Elaboración propia

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	13 079	16 348,75	20 926,4	9 155,3	9,1553
año	15 6948	196 185	251 116,8	109 863,6	109,8636

Esta tecnología posibilita un ahorro al país, representando al año 196,185 MW a 251,1168 MW, lo que equivale en petróleo una reserva de 109,8636 toneladas y a nivel monetario teniendo en consideración que el costo total del MWh entregado en el año 2016 de 203,73 pesos/ MWh según la OBE representando un rango de ahorro entre 51 160,03 - 39 968,77 pesos por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 54 730,25 USD, los RSU son la potencialidad energética en el desarrollo del municipio de Cienfuegos.

3.4 Incorporación en la EDESM de la línea estratégica Gestión energética y medioambiental.

La Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDESM) de Cienfuegos se encuentra en fase de elaboración por un grupo multidisciplinario donde intervienen una serie de actores, los mismos se relacionan a continuación:

Capítulo III



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

Este grupo realiza una propuesta de visión de desarrollo del municipio quedando enunciada de la siguiente manera:

Visión de desarrollo del municipio:

“Los cienfuegueros aspiramos a un municipio socialista próspero. Con un desarrollo turístico, industrial y agropecuario sostenible. Gestor del desarrollo local en la diversificación económica de la actividad productiva y de servicios, en condiciones higiénico-sanitarias satisfactorias, con el patrimonio cultural y natural conservado, vida cultural activa, con calidad de vida y valores cívicos fortalecidos”.

Quedan definidas las potencialidades y barreras dentro de la EDESM, de ellas las que se relacionan con la sostenibilidad energética local se muestran en el Anexo 31.

Teniendo en cuenta las características municipales y también en estudios realizados en conceso con el gobierno municipal se deben incorporar las potencialidades relacionadas con la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y los RSU como elemento de las FRE a la matriz energética dentro del municipio. Teniendo en cuenta la propuesta y aprobación de la Línea Estratégica municipal No.4 “Gestión energética y medioambiental” que posibilita la incorporación de proyectos enfocados en la GEL, tales como:

Proyecto titulado “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 el municipio



de Cienfuegos. Con la propuesta para la utilización de fuentes renovables de energía en el sector residencial cubano con la utilización de paneles solares fotovoltaicos y gestión de los RSU.

Proyecto titulado: “Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera. (III Fase)”: Este proyecto tributa al mejoramiento del Hábitat y la gestión eficiente de la de 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.

3.5 Conclusiones parciales:

1. Para la propuesta de utilización de paneles solares fotovoltaicos en el sector residencial se seleccionaron los CP más consumidores de energía eléctrica del municipio teniendo en cuenta elementos como cantidad y calidad de viviendas, quedando seleccionados Pueblo Griffó para el análisis en edificios multifamiliares y para el análisis del sector no estatal dentro del sector residencial Punta Gorda y Centro Histórico.
2. Se realizan dos propuestas para los tres casos de estudio dando como resultado que:
 - El 12 Plantas en Pueblo Griffó tendrá una generación de 440173 kWh lo que representa un 52911 kWh de su consumo anual equivalente 23,15 toneladas de petróleo al año ahorrándole al país 10 779,59 pesos anualmente por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 11 532,63 USD.
 - El Hostal Ángel e Isabel en Punta Gorda, tendrá una generación de 5291 kWh lo que representa un 36% de su consumo anual, equivalente en petróleo a 2,31 toneladas, lo que monetariamente se traduce a 1 077, 94 pesos por generación de energía eléctrica cada año y un ahorro por petróleo no consumido de 1 150,77 USD.
 - El Hostal La Lolita en Centro Histórico tendrá una generación de 11255 kWh lo que representa un 65,82% de su consumo anual esto equivale a una reserva de 3,24 toneladas de petróleo al año ahorrándole al país 1 509,21 pesos anualmente por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 1 614,07 USD.
3. 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; se obtuvo como resultado que la tecnología óptima es el Tratamiento Mecánico- Bilógico y la valorización energética de los RSU orgánicos

Capítulo III



generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017 equivale a 518 620 800 MJ con un nivel calorífico para la generación de energía eléctrica entre 196 185 kW y 251 116,8 kW, equivalente a petróleo de 109 toneladas; lo que representaría al año un ahorro entre 39 968,77 -51 160,03 pesos y 54 730,25 USD.

4. Se logró la propuesta de una línea estratégica, Gestión energética y medioambiental, que responde a la sostenibilidad energética municipal donde se incorporan como potencialidad la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y los RSU dentro de los elementos de desarrollo local a través de la inserción de dos proyectos para GEL en el municipio de Cienfuegos con la participación de diferentes actores y financiamiento de cooperación internacional.

Conclusiones Generales



Conclusiones Generales

La presente investigación arriba a las siguientes conclusiones:

1. En el mundo existen nuevas tendencias en el uso y generación de la energía a través de la GEL siendo las más utilizadas la energía solar fotovoltaica, la eólica y la biomasa, ganando popularidad en esta última la utilización de los RSU para la generación de energía eléctrica.
2. En el municipio de Cienfuegos se han realizado estudios sobre la GEL identificándose en estas investigaciones dos potencialidades para mejorar la gestión energética a través de la gestión del gobierno, siendo estas potencialidades la utilización de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y la utilización de los RSU.
3. Las potencialidades energéticas en el municipio de Cienfuegos son aplicables:
 - a) En el sector residencial en aquellos CP con edificios multifamiliares con cantidad de población y un fondo habitacional en buen estado como Pueblo Griño y en hostales pertenecientes al sector no estatal dentro del sector residencial en los CP Punta Gorda y Centro Histórico pudiendo ser extensible al resto de CP con iguales características.
 - b) En la gestión de los RSU teniendo en cuenta que su composición es de origen orgánico en un 59.45 % y su tratamiento es insuficiente se propone la utilización de la tecnología de Tratamiento Mecánico-Biológico que no solo mejorará la gestión de los RSU, sino que contribuirá a la generación de energía con su integración al SEN.
4. Las potencialidades energéticas determinadas en la utilización de paneles solares fotovoltaicos en el sector residencial y la generación de energía eléctrica mediante la gestión de los RSU se incorporan a la EDESM de Cienfuegos a través línea estratégica, Gestión energética y medioambiental, mediante dos proyectos que buscan un financiamiento de cooperación internacional para hacerlo viable.



Recomendaciones



RECOMENDACIONES

Al término de esta investigación se recomienda:

1. A la empresa eléctrica realizar los cálculos restantes necesarios para una correcta puesta de los paneles solares fotovoltaicos.
2. Al Hostal Ángel e Isabel que los paneles sean instalados en el techo superior de la casa y no en la terraza con el objetivo de hacer un mayor aprovechamiento del espacio.
3. Realizar una comparación entre el TMB y la Pirolisis bajo otros criterios y teniendo en cuenta teniendo en cuenta un análisis costo beneficio.
4. Incorporar al proyecto Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera (III Fase), que responde a la línea estratégica No. 4: la valoración energética y calorífica.

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

- Agolla, J., & Van Lill, J. (2013). Public Sector Innovation Drivers: A Process Model. *J Soc Sci*, 34(2).
Recuperado de <http://www.krepublishers.com/02-Journals/JSS/JSS-34-0-000-13-Web/JSS-34-2-000-13-Abst-PDF/JSS-34-2-165-13-1359-Van-Lill-J-B/JSS-34-2-165-13-1359-Van-Lill-J-B-Tx%5B8%5D.pmd.pdf>
- Agüero, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Cen y Rancho Luna*. (Tesis de Grado).
Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez»., Cienfuegos, Cuba.
- Albuquerque Llorens, F. (1995). *Espacio, Territorio y Desarrollo Económico*. Chile: Publicaciones ILPES.
- Alcock, R., & Lenihan, D. (2001). *Opening the E-government File: Governing in the 21st Century. Results of the Crossing Boundaries. Cross-Country Tou. Centre for Collaborative Government. Changing Government Volume 2*.
- Allcott, H., & Greenstone, M. (2012). Is there an energy efficiency gap? *Journal Econ Perspect*, 26, 2-28.
- Allende Landa, J. (1995). Desarrollo sostenible: De lo global a lo local. *Ciudad y territorio: Estudios Territoriales*, (104), 267-281.
- Alonso, B. A., García, F., Ugarteche, C., & Díaz, M. (2005). *Introducción a la Ingeniería (Primera reimpresión)*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
- Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., & Assimacopoulos, D. (2012). Monitoring the sustainability of the Greek energy system. *Energy for Sustainable Development*, 16, 51-56.

Bibliografía

- ANPP. (2005). *Constitución de la República de Cuba. Actualizada. Revisada y concordada por la Dirección de Legislación del Ministerio de Justicia.* (edición extraordinaria). La Habana, Cuba: Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- Anthony, R. (1993). *El control de gestión.* Bilbao: DEUSTO S.A.
- Arencibia Aruca, A. (2014a). Los retos de la gestión del conocimiento en energía para los municipios de Cuba. *Cubasolar, 2014b.* Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/articulo02.htm>
- Arencibia Aruca, A. (2014b, octubre 13). La gestión del conocimiento en energía para municipios cubanos. *Cubasolar, 2014a.* Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia47/HTML/Articulo10.htm>
- Arnkil, R., Järvensivu, A., Koski, P., & Piirainen, T. (2010). Exploring the Quadruple Helix. Report of Quadruple Helix Research For the CLIQ Project. Work Research Centre. *University of Tampere. Tampere, Finland.* Recuperado de http://kotisivukone.fi/files/testataan.kotisivukone.com/julkaisut/exploring_quadruple_helix-2010-1.pdf.
- Arocena, J. (1995). *El desarrollo local: un desafío contemporáneo.* Caracas: Editorial Nueva Sociedad.
- Askim, J. (2004). Performance management and organizational intelligence: adapting the balanced scorecard in larvik municipality. *International Public Management Journal, 7*(3), 415-438.
- 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.* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.

Bibliografía

- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos*. (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Azúa, S. (1998). *Un paso más avanzado al cuadro de mando integral*. Presentado en Conferencia en el Institute for International Research, QAP, Conferencia en el Institute for International Research, QAP.
- Baldersheim, H., & Wollma, H. (2006). Assessment of the Field of Comparative Local Government and a Future Research Agenda”, en H. Baldersheim y H. Wollman (eds.), *The Comparative Study of Local Government and Politics: Overview and Synthesis*, Opladen, Barbara Budrich Publishers.
- Barreiro Cavestany, F. (2000). Desarrollo desde el territorio. A propósito del Desarrollo Local. Recuperado de: <http://www.redel.cl/documentos>
- Bayer, P., Dolan, L., & Urpelainen, J. (2013). Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. *Energy for Sustainable Development*, 17, 288-295.
- Bazilian, M., Nussbaumer, P., Eibs-Singer, C., Brew-Hammond, A., Modi, V., & Sovacool, B. (2012). Improving access to modern energy services: insights from case studies. *Electr J*, 25, 93-114.
- Beccatini, G. (1997). Cambio total en el paradigma de los distritos industriales. *Svilupo Locale*, 4(6).
- Becerra Lois, F. . (2009). El vínculo universidad-empresa y su papel en El desarrollo regional y local. *Revista Universidad y Sociedad*, 1(1). Recuperado de <http://www.ucf.edu.cu/ojsucf/index.php/uvs>
- Bekker, B., Eberhard, A., Gaunt, T., & Marquard, A. (2008). South Africa’s rapid electrification programme: policy, institutional, planning, financing and technical innovations. *Energy Policy*, 36, 3125-3137.

Bibliografía

- Berkhout, P., Muskens, J., & Velthuisen, J. (2000). Defining the rebound effect. *Energy Policy*, 28, 425-432.
- Bhattacharyya, S. . (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. *Energy for Sustainable Development*, 16, 260-271.
- Bird, S., Achuthan, A., Ait Maatallah, O., Hu, W., Janoyan, K., Kwasinski, A., ... Marzocca, P. (2014). Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. *Energy for Sustainable Development*, 19, 83-91.
- Birol, F., & Keppler, J. (2000). Prices, technology development and the rebound effect. *Energy Policy*, 28, 457-469.
- Blanco, & Santana. (2017). *Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Bleda, S. (2017). *Estudio de alternativas de tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos. Aplicación a un plan zonal de gestión de la comunidad Valenciana*. Universidad politécnica de Valencia., España.
- Bloch, C., Bugge, M., & Slipersaeter, S. (2010). *Measuring Innovation in the Public Sector – Key Issues and Concepts*. Danish Centre for Studies in Research and Research Policy (CFA). Denmark: University of Aarhus. Recuperado de [http://www.enid-europe.org/conference/abstracts/Bloch%20\(innovation\).pdf](http://www.enid-europe.org/conference/abstracts/Bloch%20(innovation).pdf)
- Bofill Vega, S. (2010). *Modelo general para contribuir al desarrollo local, basado en el conocimiento y la innovación. Caso Yaguajay* (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, Cuba.

Bibliografía

- Boisier, S. (1999). *Desarrollo Local ¿De qué estamos hablando?* Santiago de Chile, Chile. Recuperado de http://www.desarrollolocal.org/documentos/nuevos_docs/Boisier_Desarrollo_local.doc
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid III (BOCM)* (2010). *Administración local*. Madrid, España: Ayuntamiento de Rivas-Vaciamadrid.
- Bonnefoy, J. C. (2005). *Indicadores de Gestión del Desempeño y el Cuadro de Mando Integral* (Curso-Seminario Presupuesto y control de la gestión pública). Costa Rica: Contraloría General de la República.
- Borroto Nordelo, A. (2002). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.
- Borroto Nordelo, A. . (2006). *Gestión y economía energética*. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.
- Borroto Nordelo, A., E. (2009). *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.
- Bourgon, J. (2009). New Directions in Public Administration. Serving Beyond the Predictable. *Public Policy and Administration*, 24(3), 309-330. <https://doi.org/10.1177/0952076709103813>
- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*, 48, 323-338.
- Bresser Pereira, L. (1997, abril). Estratégias e estrutura para um novo Estado. *Revista do Serviço Público*, 1(Año 48).
- Bruckner, T., & et al. (1997). Competition and technologies synergy in municipal between energy systems. *Energy*, 22, 1005-1014.
- Butera, F. (1998). Moving towards municipal energy planning - the case of Palermo: the importance of non-technical issues. *Energy*, 15, 349-355.

Bibliografía

- Cabello, J. (2018). *Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba. Caso de estudio municipio de Cienfuegos*. (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.
- Calva-Alejo, C., & Rojas-Caldelas, R. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable. *Información Tecnológica*, 25.
- Camacho, L. (2016). Cuba en camino de renovar su matriz energética.
- Campillo, E. (2018). *Diagnóstico Energético Al Municipio De Cienfuegos*. (Tesis De Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Campos Avella, J. (1998). *Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas*. Cienfuegos, Cuba: Editorial UNIVERSO SUR.
- Cantero, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina*. (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Caño, M. (2004). *Cuba, desarrollo local en los 90. Compilación Fuentes Ruiz, R. Márquez, M. Desarrollo Humano Local*. La Habana, Cuba: Cátedra UNESCO de desarrollo sostenible, Universidad de la Habana.
- Capello, R., Nijkamp, P., & Pepping, G. (1999). *Sustainable Cities and Energy Policies*. Printed in Germany: Publisher Springer- Verlag Berlin Heideberg New York.
- Carmona, S., & Grönlund, A. (2003). Measures vs actions: the balanced scorecard in Swedish Law Enforcement. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1475-1496.

Bibliografía

- Castañeda, G., & Pérez, A. (2015). La problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas. *Región y sociedad*, xxvii(62.).
- Castro Perdomo, N. . (2008). La gestión integrada de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente como dinamizadora del desarrollo local en el vínculo universidad-empresa. *Revista Ciencia y Sociedad (INTEC Rep. Domin.)*, XXXIII(2), 275-280.
- Castro Perdomo, N. ., & Agüero Contreras, F. . (2008). Gestión del conocimiento, desarrollo sostenible y la relación universidad–empresa. *Multiciencias (Venezuela)*, 8(3), 307-314.
- Castro Perdomo, N. ., Díaz Díaz, J., & Benet Rodríguez, M. (2013a). La gestión del desarrollo, las entidades de ciencia y los sistemas locales de innovación. *Revista MEDISUR (Cuba)*, 11(6), 614-627.
- Castro Perdomo, N. ., González Suárez, E., & Guzmán Martínez, F. (2014b). Transferencia tecnológica, la integración ciencia, innovación tecnológica y medioambiente en la empresa. *Revista Ingeniería Industrial (Cuba)*, XXXV(3), 277-288.
- Castro Perdomo, N. ., & Rajadel Acosta, O. N. (2015). El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. *Revista Universidad y Sociedad (Cuba)*, 7(2), 69-78.
- Castro Perdomo, N. ., Socorro Castro, A., González Suárez, E., Márquez Guerra, M., & Cruz Cruz, A. (2013b). Sistema de innovación municipal. Aguada de Pasajeros. *Revista Nueva Empresa*, 9(3), 72-77.
- Castro Perdomo, N. ., Socorro Castro, A., Nieblas Rodríguez, L., & Tartabull Contreras, Y. (2014a). Los sistemas locales de innovación y la integración de la gestión en el desarrollo local. *Universidad, conocimiento, innovación y desarrollo local. Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana*, 389-403.

Bibliografía

- Castro Perdonó, N. . (2015). *Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial* (Tesis de Doctorado). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2014a). Estudio Económico de América Latina y el Caribe.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2014b). La hora de la igualdad. Brechas por cerrar, caminos por abrir. Publicación de Naciones Unidas LC/6.2603.
- Chan, L., Ho, & Kathy. (2002). Performance Measurement and the use of balanced scorecard in Canadian hospitals. *Advances in Management Accounting*, 9, 145-170.
- Chan, Y. C. L. (2004). Performance measurement and adoption of balanced scorecards: a survey of municipal governments in the USA and Canada. *International Journal of Public Sector Management*, 17(3), 204-221.
- Cheon, A., & Urpelainen, J. (2010). Oil prices and energy technology innovation: an empirical analysis. *Global Environ Polit*, 22, 407-417.
- Cilveti, P. (2010). *Proceso de creación de una Planta Solar Fotovoltaica conectada a Red* (Tesis de Grado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Cleveland CJ, R. M. (s. f.). Indicators of dematerialization and the materials intensity of use. *J Ind Ecol*, 2(3), 15-50.
- Cokins, G. (2013). El cuadro de mando integral, mapas estratégicos y cuadros de mando: ¿Por qué son diferentes? Recuperado de <http://www.cgma.org/>
- Coma, J., Medina, A., & Nogueira, D. (2013). Análisis evolutivo de los sistemas de información y su marco conceptual. *Revista Ciencias de la Información, Habana*.

Bibliografía

- Comas Rodríguez, R. (2013). *Integración de herramientas de control de gestión para el alineamiento estratégico en el sistema empresarial cubano. Aplicación en empresas de Sancti Spiritus* (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, Cuba,.
- Comas Rodríguez, R., Nogueira Rivera, D., & Gutiérrez Morales, E. P. (2010). *Diseño e implementación de un procedimiento para potenciar el control de gestión en la Empresa de Suministros y Transporte Agropecuario de Sancti Spiritus*. Documento presentado en XI Conferencia Internacional de Ciencias Económicas y Empresariales presentado en XI Conferencia Internacional de Ciencias Económicas y Empresariales, Camagüey.
- Corrêa Gomes, R., & Liddle, J. (2009). The Balanced Scorecard as a Performance Management Tool for Third Sector Organizations: the Case of the Arthur Bernardes Foundation, Brazil. *Brazilian Administration Review*, 6(4), 354-366.
- Correa, J., Cabello, Nogueira, D., Rodriguez, S., Campillo, E., & Cruz, A. (2016b). Diagnóstico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos sector residencial. *Cienfuegos, Cuba: Universo Sur*.
- Correa, J., & Mora, Y. (2012). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos. Eficiencia energética caso de estudio empresas cereales*. Alemania: Editorial académica.
- Correa, J., Rodriguez, S., & Hernández, A. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/>
- Correa, J., Tartabull, Y., Silva, P., Pino, J., Espinosa, A., & Rodríguez, A. (2017). *Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos*. (Tesina de Diplomado). Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Correa Soto, J. (2011b). *La Energía Solar una de las energías más importantes para la actualidad y el futuro*.

Bibliografía

- Correa Soto, J. (2011a). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos* (Tesis de Maestría). Recuperado de http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-eficiencia-energetica/ano2011/Tesis_M%20Jenny%20Correa%20Soto.pdf/view
- Correa Soto, J., & Cabello Eras, J. . (2016a). Gestión energética municipal. Una oportunidad para Cuba. *Ingeniería Energética en fase de revisión*.
- Correa Soto, J., & et al. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:201. *Ingeniería Energética*, XXXV, No. 1/ 2014, 38-47.
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2005). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. México: Colección Material Didáctico.
- Cruz, P. (2013). Manejo de residuos sólidos urbanos en Cuba. Recuperado de <http://www.residuosocub.com/>
- Cuba. Asamblea Nacional. (2011). Lineamientos de la republica de Cuba. VI Congreso del Partido.
- Cuba. Asamblea Nacional. (2016a). Lineamientos de la republica de Cuba.
- Cuba. Asamblea Nacional. (2016b). Lineamientos de la republica de Cuba.
- Da Fonseca, J. (2015). *Modelo y procedimiento para el control de gestión de Proyectos de inversión social* (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas, Cuba.
- Dávila, A. (1998). Nuevas Herramientas de Control: El Cuadro de Mando Integral. *España Revista de Antiguos Alumnos*.
- de la Peña, G. (2011). *Propuesta de un Sistema para Evaluar el Manejo de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Cienfuegos*. (Tesis De Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- de la Peña, G. (2012). *Propuesta de un sistema para evaluar el manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.

Bibliografía

de Martino Jannuzzi, G., & Augustus de Melo, C. (2013). Grid-connected photovoltaic in Brazil:

Policies and potential impacts for 2030. *Energy for Sustainable Development*, 17, 40-46.

de Zarobe Watine, M. (2007). *Las obligaciones de los entes locales derivadas de las nuevas*

normativas energéticas. Compilación Gestión energética local, energías renovables y participación una nueva cultura energética frente al cambio climático. FEMP.

Di Pietro, L. (2000). Hacia un desarrollo integrador y equitativo: una introducción al desarrollo local.

Díaz Monzón, R., & Rodríguez Álvarez, L. (2011). Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río. *Revista Científica Avances*, 13(14).

Doyle, A. . (2005). *Cuadro de Mando Integral en la gestión pública. Algunas consideraciones para su implementación.* Ponencias. Recuperado de

<http://www.ag.org.ar/3congreso/Ponencias/Doylea.pdf>

Draw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I., & Pirnie, M. (2012). Energy Efficiency Strategies for

Municipal Wastewater Treatment Facilities. Technical Report U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy. LLC.Contract No. DE-AC36-08GO28308, NREL/TP-7A30-53341.

Droege, P. (2006). *The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution.* HALCYON BOOKS (LONDON, United Kingdom): Published by John Wiley & Sons.

Dunleavy, P., Margetts, H., Bastow, S., & Tinkler, J. (2005). New Public Management Is Dead—Long Live Digital-Era Governance. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 467-494.

<https://doi.org/10.1093/jopart/mui057>

Dupuy, Y., & Rolland, G. (1992). *Manual de Control de Gestión. Ediciones Díaz de Santos S.A.* España.

Bibliografía

- Dussauge Laguna, M. (2009, II SEMESTRE DE). La literatura comparada sobre reformas administrativas. Desarrollos, limitaciones y posibilidades. *Revista Gestión y Política Pública*, XVIII(2), 439-495.
- Ecoosfera. (2018). Las ciudades que utilizan 100% de energía renovable (CARTOGRAFÍA). Recuperado de <https://ecoosfera.com/2018/01/energias-limpias-naturaleza-cuales-son-ventajas-energias-renovables-paises/>
- Energía y Recursos Naturales. (2016). *Desarrollo de energías renovables Contexto latinoamericano y el caso argentino*.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2008). U.S. Ensuring a Sustainable Future: An Energy Management Guidebook for Wastewater and Water Utilities Environmental Protection Agency (EPA) and Global Environment and Technology Foundation.
- Erario, S. (2010). Local governments are critical to enforcing efficient building codes, such as the new Maine energy efficient building code. *The Maine energy handbook*. Recuperado de <http://energy.gpcog.info>.
- Fabregat Rodríguez, M. G., & Cezar Leal, A. (2016). Gestión integral de residuos sólidos urbanos. Un proyecto desde la universidad. Integral management of Urban Solid Residuals. A project from the university. *Revista científica CENTROS*, 5(2), 95-110.
- Fernández, L. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso*. (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Fernández Rodríguez, E. (2000, mayo). La Nueva Gestión Pública: New Public Management. *Partida Doble*, 111, 108.

Bibliografía

Fernández, W. (2015). Cuba construirá este año nuevos parques fotovoltaicos en varias provincias.

Cubainformacion. Recuperado de <http://www.cubainformacion.tv/>

Fiordeliso, M (2011). Desarrollo local y energía. *Taller de Sensibilización para el Municipio de Aguada de Pasajeros*.

Fleming, P. (2004). Local and regional greenhouse gas management. *Energy Policy*, 32 No 8, 761-771.

Gaceta Oficial. (1982a). Decreto Ley No. 200, “De las Contravenciones en materia de medio ambiente”, 200.

Gaceta Oficial. (1982). Decreto Ley 54/1982 “Disposiciones sanitarias básicas”, Pub. L. No. 54. La Haban, Cuba.

Gaceta Oficial. (1997), Ley 81/1997, 47 . La Haban, Cuba.

Gallicchio, E. (2004). El Desarrollo Local En América Latina. Estrategia Política Basada En La Construcción De Capital Social. Presentado en Ponencia presentada en el Seminario «Desarrollo con inclusión y equidad: sus implicancias desde lo Local», realizado por SEHAS en la ciudad de Córdoba (Argentina), en mayo de 2004.

García, D. (1997). Hacia un nuevo modelo de gestión local-minicipal y sociedad civil en Argentina, Buenos Aires. *FLACSO*.

García Doderó, V., & Sánchez Albavera, F. (2001). *Fundamento y anteproyecto de ley para promover la eficiencia energética en Venezuela. División de recursos naturales e infraestructura. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: Publicación de Naciones Unidas Santiago de Chile.

García, I. E. (2009). *Diseño de un sistema de monitoreo y control de la eficiencia energética en el municipio de Cienfuegos, (Tesis de Maestría), Universidad de Cienfuegos*. Cienfuegos, Cuba.

Bibliografía

- García Sánchez, I. (2007). La nueva gestión pública: evolución y tendencias. *Revista Presupuesto y Gasto Público*, 47,37-64.
- García Vico, J. (2006). Eficiencia energética a nivel local: Los planes de Optimización Energética Municipal (POES) en la provincia de Jaén. *SUMUNTÁN*, 23, 153-184.
- Garofoli, G. (1986). Modelos Locales de Desarrollo en Estudios Territoriales, 22.
- Genevieve, D., & et al. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(11), 2088-2095.
- Gomes, P., Mendes, S., & Carvalho, J. (2010). *Performance Measurement of the Portuguese Police Force using the Balanced Scorecard. Thematic Area: Management accounting developments in the public sector*. Presentado en 4th International Conference on Accounting, Auditing and Management in Public Sector Reforms.
- González, A. (2016). *Diseño de un parque solar fotovoltaico conectado a la red en techos del Despacho Provincial de Villa Clara* (Tesis De Maestría). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- 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. Santa clara, Cuba.
- González Ferriol, A., & Samper Cámara, Y. (2005). *Iniciativa municipal para el desarrollo local: una propuesta novedosa. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- González García, A., & et al. (2006). La Red Nacional de Gestión del Conocimiento de Energía (REDENERG) y la Gestión del Capital Intelectual para la solución a los problemas energéticos en Cuba. *Cuarto Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente*. ISBN: 959-257-110-4.

Bibliografía

- González García, A. (2013). Red Nacional de Gestión del Conocimiento de la Energía: espacio colaborativo para la solución de problemas vinculados con la gestión de la información de la energía en Cuba. *Ciencias de la Información*, 44(1).
- González Hernández, G., & Castillo Coto, A. . (2012). Una combinación de CMI y OVAR para la implantación de estrategias empresariales: Caso Gerencia Sepsa Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 4(3).
- González Ortiz, K., Pino Alonso, J. ., & Azorín Domínguez, M. (2013). Procedimiento para determinar los factores incidentes en la potenciación del desarrollo socioeconómico local. *Revista Universidad y Sociedad*.5(1), 69-78.
- González Paris, E. (2008). *Procedimiento para analizar el lugar y papel que desempeña la política económica en el diseño del resto de las políticas públicas en la construcción del socialismo en Cuba* (Tesis de Doctorado).
Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas, Cuba.
- Greatbanks, R., & Tapp, D. (2007). The impact of balanced scorecards in a public sector environment Empirical evidence from Dunedin City Council, New Zealand. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(8), 846-873.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *NBER, working paper 3914*.
- Guerrero, J. (2002). Desarrollo de un modelo de decisión para realizar la asignación presupuestal del portafolio de inversión en publicidad en General. Motors Colmotores. Bogotá, Colombia.
- Guerrero, R. (2010). Ciudades intermedias. Recuperado de
<http://apunteslocales.blogspot.com/2010/06/el-futuro-de-las-ciudades-intermedias.html>
- Guzón, A. (2014). *Desarrollo Local En Cuba: Retos Y Perspectivas*. Canada: Proyecto.

Bibliografía

- Guzón Camporredondo, A. (2005). *Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- Haas, R., & Biermayr, P. (2000). The rebound effect for space heating: empirical evidence from Austria. *Energy Policy*, 28, 403-510.
- Hernández Nariño, A. (2010). *Contribución a la gestión y mejora de procesos en instalaciones hospitalarias del territorio matancero* (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, Cuba.
- Hernández Torres, M. (1998). *Procedimiento de diagnóstico para el control de gestión aplicado en una industria farmacéutica* (Tesis de Doctorado). Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". La Habana, Cuba.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What A Waste A Global Review of Solid Waste Management*.
- Hoornweg, D., Lam, P., & Chaudhry, M. (2005). Waste Management in China: Issues and Recommendations. *Urban Development Working Papers*, 9.
- Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1335-1348.
- Hui, S. (2001). Low energy building design in high density urban cities. *Renewable Energy*, 24(3-4), 627-640.
- Hui, Y. (1987). L'énergie et la ville: constatations, réflexions et propositions sur la maîtrise de l'énergie dans les communes. ". *Revue de l'Énergie*, 389, 26-33.
- Hurtado, L. (2017). *Diseño de un producto informático para la gestión de la energía del gobierno municipal de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.

Bibliografía

- International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) (2011). Local Government for Sustainability. The contribution of ICT to energy efficiency: Local and regional initiatives. Regional Environmental Centre.
- International Energy Agency (IEA). (2016). *Reporte Mundial Renovables* (Agencia Internacional de Energía).
- Ihrke, D., Proctor, R., & Gabris, J. (2003). Understanding Innovation in Municipal Government: City Council Members Perspective. *Journal of Urban Affairs*, 25(1), 79-90.
- Inver, J. (2009). "Municipal Energy Planning – Scope and Method Development". Dissertation no.1234. Department of Management and Engineering, Division for Environmental Technology and Management, Linköping Studies in Science and Technology. *Printed by LiU-Tryck*.
- Iñiguez Rojas, L., & Ravenet Ramírez, M. (2005). *Heterogeneidad territorial y desarrollo local. Reflexiones sobre el contexto cubano. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- J Allende Landa. (1983). Planificación energética territorial. *Mientras tanto*, (14), 103-140.
- Jaccard, M., & Bataille, C. (2000). Estimating future elasticities of substitution for the rebound effect. *Energy Policy*, 28, 451-455.
- Jaccard, M., (1997). From equipment to infrastructure: community energy management and greenhouse gas emission reduction. *Energy Policy*, 25(13), 1065-1074.
- Jambeck, (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*.
- Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419> revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/index
- Jordan, J. (1999). Introducción al Control de Gestión. Material Programa DEADE. Cuba. La Habana.

Bibliografía

- Kaplan, R. ., & Norton, D. (1996). *Cuadro de Mando Integral* (3.^a ed.). Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2001). Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management: Part I. *Accounting Horizons*, 15(1), 87-104.
- Kebede, E., Ojumu, G., & Adozssi, E. (2013). Economic impact of wood pellet co-firing in South and West Alabama. *Energy for Sustainable Development*, 17, 252-256.
- Keron Niles, & Bob Lloyd. (2013). Island Developing States (SIDS) & energy aid: Impacts on the energy sector in the Caribbean and Pacific. *Energy for Sustainable Development*, (17), 521-530.
- Kialashaki, A., & Reisel, J. (2013). Modeling of the energy demand of the residential sector in the United States using regression models and artificial neural networks. *Elsevier*.
- Kimbutu. (2017). *Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Koskimäki, P. (2012a). Africa could take a leap to energy efficiency: What lessons could Sub-Saharan countries learn from European energy efficiency policy implementation? *Energy for Sustainable Development*, 16, 189-196.
- Koskimäki, P. (2012b). Africa could take a leap to energy efficiency: What lessons could Sub-Saharan countries learn from European energy efficiency policy implementation?. *Energy for Sustainable Development*, 16, 189-196.
- Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG). (2016). *Desarrollo de Energías Renovables. Contexto Latinoamericano y el caso argentino*. Energía y Recursos Naturales.
- Laitner, J. . (2000). Energy efficiency: rebounding to a sound analytical perspective. *Energy Policy*, 28, 471-475.

Bibliografía

- Larson, E., Ross, M., & Williams, R. (34-41). Beyond the era of materials. *Sci Am*, 254(6), 1986.
- Lazo Vento, M. (2002). *Modelo de Dirección del Desarrollo Local (MDDL) con enfoque estratégico. Experiencia en Pinar del Río* (Tesis de Doctorado). Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. La Habana, Cuba.
- Lee, N. (2006). Measuring the performance of public sector organisations: a case study on public schools in Malaysia. *Measuring. Business Excellence*, 10(4), 50-64.
- León Segura, C. ., & Miranda Valladares, L. (2006). *Economía regional y desarrollo. Selección de lecturas*. Editorial Félix Varela.
- Lerch, D. (2007). Post carbon cities: Planning for energy and climate uncertainty. Sebastopol. *Post Carbon Press*.
- Lessard, M. (1999). Energía, ordenamiento del territorio y desarrollo durable”. La sustentabilidad y las ciudades hacia el siglo XXI. Compilado por Milián, G. *Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (2003). Can the public be considered as a fourth hélix in university–industry–government relations? Report on the Fourth Triple Helix Conference. *Science and Public Policy*, 30(1). Recuperado de <http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/beechn/03023427/v30n1/s7.pdf?expires=1267737777&id=55389978&titleid=898&accname=Guest+User&checksum=DA8A4FBFD4DF9A1B9B1C68EAEBF276D7>
- Lim, E. (2012). Smart Energy Management for Small Municipalities. *Strategic Energy Innovations*.
- Lin, G., (2010). An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level. *Energy*, 35, 2270-2280.

Bibliografía

- Liu, A., Ren, F., Lin, W., & Wang, J. (2015). A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 165-188.
- Lloyd's Register. (2012). *Global Energy Management Systems ISO 50001*. Recuperado de <http://www.pwc.com/mx/es/posteventos/archivo/2012-07-Foro-de-Gestion-Energetica-ISO-50001-2.pdf>
- Lobelles Sardiñas, G. E., & López Bastida, E. J. (2015). Estrategia energética de Aguada con un enfoque social de la energía, la tecnología y la ecología. *Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 7(2), 39-47.
- Lombardi, F., Costa, G., & Sirini, P. (2017). Analysis of the role of the sanitary landfill in waste management strategies based upon a review of lab leaching tests and new tools to evaluate leachate production. *Revista Ambiente & Água*, 12(4). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2096>
- López, J., & Fundora, P. (2011). Energía, medio ambiente y sociedad: Una experiencia interdisciplinaria en la montaña. *Universidad y Sociedad*, 3(3).
- López Viñegla, A. (1999). *El Cuadro de Mando y los Sistemas de Información para la Gestión Empresarial. Posibilidad de Tratamiento Hipermedia Madrid*. Madrid, España: Editora AECA.
- Lorino, P. (1993). *El control de gestión estratégico. La gestión por actividades*. España: Alfaomega-Marcombo.
- Luiz da Silva, C., Massao, G., & Hernández, A. (2017). Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 9(2). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.009.002.ao09>

Bibliografía

- Lynn, L. (2000). *Globalization and administrative reform: What is happening in theory?* (Paper presented at the International Research Symposium on Public Management). Erasmus University, Rotterdam. Recuperado de http://harrisschool.uchicago.edu/About/publications/working_papers/pdf/wp_00_4.pdf
- Mackres, E., Alschuler, E., Stitely, A., & Brandt, E. (2012). The role of local governments and community organizations as energy efficiency implementation partners: case studies and a review of trends. *American Council for an Energy-Efficient Economy and Energy Efficiency Strategy Project, Massachusetts Institute of Technology*. Recuperado de web.mit.edu/energy-efficiency
- Magnin, G. (2002). Ville et énergie. De quoi parle-t-on?”. Actes du Colloque “Ville, Énergie et Environnement. *Coordinado por V. David & J. Ndoutoum. Québec. Agence Intergouvernementale de la Francophonie/Institute de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie*.
- Magnin, G., & Menanteau, P. (1995). Ville et énergie: faut-il redéfinir la place des collectivités locales dans les politiques énergétiques? *La revue de l'énergie*, 46(473), 806-813.
- Mateo Rodríguez, J. . (2012). *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*. Científico-Técnica.
- Mattern, S. (2013). Municipal Energy Benchmarking Legislation for Commercial Buildings: You Can't Manage What You Don't Measure. *Boston College Environmental Affairs Law Review*, 40(2). Recuperado de <http://lawdigitalcommons.bc.edu/ealr/vol40/iss2/8>
- Medina León, A., Nogueira Rivera, D., Hernández Nariño, A., & Viteri, J. (2010). Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. *Revista Eídos*, 2.
- Meirelles, H. . (1982). Direito Administrativo Brasileiro. *Revista dos Tribunais, São Paulo*.

Bibliografía

- Menguzatto, M., & Renau, J. . (1990). Dirección estratégica de la empresa. Un enfoque integrador del Management. Universidad de Valencia, España.
- Michalus, J. . (2011). *Modelo alternativo de cooperación flexible de PYMES orientado al desarrollo local de municipios y microregiones. Factibilidad de aplicación en la provincia de Misiones, Argentina* (Tesis de Doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Milne, G., & Boardman, B. (2000). Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes. *Energy Policy*, 28, 411-424.
- Miyashiro Pérez, L. (2009). Procedimiento para la mejora de procesos que intervienen en el consumo de combustible. *Ingeniería Industrial*, 30(3).
- Molina, M. (2016). Cienfuegos continúa apostando a la energía solar. Recuperado de <http://internet@granma.cu/>
- Monteagudo Yanes, J., & et al. (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa. *Revista Cubana de Gestión empresarial*, 9(3), 46-55.
- Moreno, C. (2016). Cuba 100% con energías renovables. Imperativo de las actuales generaciones de cubanas y cubanos. Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia62/HTML/articulo02.htm/>
- Moreno Figueredo, C. (2011). *Energía Eólica. Tecnología y aplicaciones*. Editorial Académica.
- Muñoz, J. (2011). Implementación del Cuadro de Mando Integral en la Empresa Eléctrica del Sur. Recuperado de <http://www.slideshare.net/jorgemunozv/cmi-o-bsc-eerssa-loja-ecuador-1>
- Nápoles, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Gloria, Juanita I y Juanita II* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.

Bibliografía

- Neves, A., & Leal, V. (2010). Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*, 2723-2735.
- Nfumu. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Nie, H., & Kemp, R. (2013). Why did energy intensity fluctuate during 2000–2009? A combination of index decomposition analysis and structural decomposition analysis. *Energy for Sustainable Development, 17*, 482-488.
- Niven, P. (2003). *Balanced Scorecard step-by-step for government and nonprofit agencies*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nogueira Rivera, D. (2002). *Modelo conceptual y herramientas de apoyo para potenciar el Control de Gestión en las empresas cubanas* (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, Cuba.
- Nogueira Rivera, D., & Comas Rodríguez, R. (2013). Procedimiento para el desarrollo de un cuadro de mando integral, caso de estudio en la empresa de suministros y transporte agropecuario de Sancti Spíritus. *Revista Electrónica Observatorio de la Economía Latinoamericana*.
- Nogueira Rivera, D., & et al. (2004). *Fundamentos del control de gestión empresarial*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Nogueira Rivera, D., Hernández Maden, R., Medina León, A., & Quintana Tápanes, L. (2002). Procesos internos y dimensión financiera del control de gestión. *Revista Ingeniería Industrial, XXIII*(3).
- Nogueira Rivera, D., Medina León, A., & Nogueira Rivera, C. (2004). *Fundamentos para el control de la gestión empresarial* (1 ra). La Habana: Pueblo y Educación.

Bibliografía

- Naciones Unidas, Asamblea General (UN). (2015a).. "El camino hacia la dignidad para 2030: acabar con la pobreza y transformar vidas protegiendo el planeta. Informe de síntesis del Secretario General sobre la agenda de desarrollo sostenible después de 2015". *A/69/700*.
- Naciones Unidas, Asamblea General (UN). (2015b). "Proyecto de resolución remitido a la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015 por la Asamblea General en su sexagésimo noveno período de sesiones. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *A/70/L.1*.
- Naciones Unidas, Asamblea General. NU. (2012). Resolución 66/288. "El futuro que queremos". *A/RES/66/288*.
- Núñez, J., & Alcazar, A. (2016). *Universidad y desarrollo local: contribuciones latinoamericanas*. Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL).
- Núñez Jover, J. (2012). *La universidad y sus compromisos con el conocimiento, la ciencia y la tecnología*. Presentado en Memorias del VIII Congreso Internacional Universidad 2012, La Habana, Cuba.
- Núñez Jover, J., Montalvo, L. ., & Pérez Ones, I. (2006). *La gestión del conocimiento, la información y la innovación tecnológica para el desarrollo local. La Nueva Universidad Cubana y su contribución a la universalización del conocimiento*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2018a). *Panorama Ambiental. Cuba 2017* (junio 2018). Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2017). *Anuario Estadístico De Cienfuegos 2016*.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2018b). *Anuario Estadístico De Cuba 2017* . (2018.^a ed.). Habana, Cuba.

Bibliografía

- Oficina Nacional de Normalización (2008) NC-ISO 9001:2008. *Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos. Norma Cubana NC-ISO 9001:2008*. La Habana, Cuba: ..
- Oficina Nacional de Normalización. (2012)NC-ISO 50001:2011. *Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011*. La Habana, Cuba:
- Oficina Nacional de Normalizacion. (2002).Residuos Sólidos Urbanos. Almacenamiento, Recolección y Transformación. Requisitos Higiénicos Sanitarios, NC 133:2002
- Oficina Nacional de Normalizacion (ONN). (2002). Residuos Sólidos Urbanos. Disposición Final. Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales, NC 135: 2002.
- Oficina Nacional de Normalizacion (ONN). (2002).Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénicos Sanitarios, NC 134: 2002.
- Olve, N. (1999). *Performance Drivers. A practical guide to using the Balanced Scorecard*. New York: John Wiley & Sons.
- Onyeji, I., Bazilian, M., & Nussbaumer, P. (2012). Contextualizing electricity access in sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development, 16*, 520-527.
- Organización de Naciones Unidas. (2015). La Agenda de Desarrollo Sostenible. Centro de Noticias de la ONU. Recuperado de <http://www.un.org/.../la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030/>
- Organización de Naciones Unidas, (N. U).Asamblea General. (2015a). El camino hacia la dignidad para 2030: acabar con la pobreza y transformar vidas protegiendo el planeta. Informe de síntesis del Secretario General sobre la agenda de desarrollo sostenible después de 2015.
- Organización de Naciones Unidas, (N. U).Asamblea General. (2015b). Proyecto de resolución remitido a la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015 por la Asamblea General en su sexagésimo noveno período de sesiones. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Bibliografía

- Organización de Naciones Unidas, (N. U). Asamblea General. (2012)., Resolución 66/288. "El futuro que queremos.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU-HABITAT). (2015). Temas Habitat III. Infraestructura urbana y servicios básicos, incluida la energía.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (2007), SECO, & LARE..
Guía Para La Gestión Integral De Los Residuos Sólidos Urbanos United Nations.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y La Agencia Internacional de la Energía (OECD, & IEA). (2016). *Tracking Clean Energy Progress*. International Energy Agency.
- Ospina Bozzi, S. (2001). Evaluación de la gestión pública: conceptos y aplicaciones en el caso latinoamericano. *Revista do Serviço Público*, 52(1).
- Padilla, Y. (2006). *El desarrollo local y la medición de los indicadores de ciencia tecnología. Resultado de investigación. Rodas. Programa GUCID* (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba. Recuperado de <http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-desarrollo-local/ano2006/Yuderquis%20Padillas%20Sanchez.pdf>
- Páez García, A. (2009). *Sostenibilidad urbana y transición energética: Un desafío institucional* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Páez García, A. (2011). Energía y ciudad: un enfoque postambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI(927). Recuperado de . <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-927.htm>
- Pardo Buendía, M. (2006). Hacia una sociología de la energía. *Cuadernos de energía*, (11), 16-19.
- Pardo Buendía, M. (2007). La energía como hecho social causa y solución al cambio climático. *Abaco: Revista de cultura y ciencias sociales*, (52-53), 75-82.

Bibliografía

- Peng, W., & Pan, J. (2006). Rural electrification in China: history and institutions. *China World Econ*, 14(1), 71-84.
- Peña García, E. (2009). *Estrategia para el desarrollo e implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para el gobierno provincial de Cienfuegos* : Tesis de Maestría. Universidad de Cienfuegos, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cienfuegos, Cuba.
- Pérez Campaña, M. (2005). *Contribución al Control de Gestión en elementos de la cadena de suministro. Modelo y procedimientos para organizaciones comercializadoras* (Tesis de Doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Pérez García, W. (2013). *Modelo de gestión integrada de la calidad y del medio ambiente en los órganos cubanos de gobierno local* (Tesis de Doctorado). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Pérez Latorre, M. (2007). *Política comunitaria: objetivos, plan de acción, legislación y programas. Compilación Gestión energética local, energías renovables y participación una nueva cultura energética frente al cambio climático*. FEMP.
- Pino Alonso, J. . (2008). Desarrollo Local y su investigación. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.
- Pino Alonso, J. ., & Becerra Lois, F. (2003). Evolución del concepto de desarrollo e implicaciones en el ámbito territorial; experiencia desde Cuba. *Tomado de Revista Economía, Sociedad y Territorio*, V(017). Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/111/11101705.pdf>
- Planelles, M. (2016). La Cumbre de París cierra un acuerdo histórico contra el cambio climático. Recuperado de https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html/
- Polimeni, J., & Polimeni, R. (2006). Jevons' paradox and the myth of technological liberation. *Ecol Complex*, 3, 344-353.

Bibliografía

- Pollit, C., & Dan, S. (2011). The impacts of the New Public Management in Europe: A meta-analysis. COCOPS WORK PACKAGE 1 – DELIVERABLE 1.1. Coordinating for Cohesion in the Public Sector of the Future. Recuperado de www.cocops.eu
- Pomares, H., & López, M. (2013). *Catálogo de Tecnologías para el Desarrollo Local y el Manejo Sostenible de la Tierra*. Centro de Desarrollo Local y Comunitario (CEDEL).
- 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, Argentina.
- Puig Meneses, Y., & Martínez Hernández, L. (2014, año 50). Tomando el pulso de la economía cubana. Recuperado de <http://www.gramma.cu/cuba/2014-06-22/tomando-el-pulso-de-la-economia-cubana>.
- Radnor, Z., & Lovell, B. (2003). Defining, justifying and implementing the Balanced Scorecard in the National Health Service. *International Journal of Medical Marketing*, 3(3), 174-188.
- Ramió, C., & Salvador, M. (2012). Provisión de servicios públicos en el contexto de la administración local de España: El papel de los factores políticos institucionales y la externalización de los gobiernos locales. *Revista Gestión política. pública [online]*, 21(2), 375-405.
- Ramírez Alujas, A. (2012). Gobierno Abierto y Modernización de la Gestión Pública. Tendencias actuales y el (Inevitable) Camino que Viene - Reflexiones Seminales. *Revista Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública*, IX(15), 99-125.
- Ramos-Martin, J. (2005). *Complex systems and exosomatic energy metabolism of human societies*. PhD Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Recalde, M. ., Guzowski, C., & Zilo, M. . (2014). Are modern economies following a sustainable energy consumption path? *Energy for Sustainable Development*, 19, 151-161.

Bibliografía

- Recalde, M., & Ramos-Martin, J. (2012). Going beyond energy intensity to understand the energy metabolism of nations: the case of Argentina. *Energy*, 37(1), 122-32.
- Rezessy, S (2006). Municipalities and energy efficiency in countries in transition. Review of factors that determine municipal involvement in the markets for energy services and energy efficient equipment, or how to augment the role of municipalities as market players. *Energy Policy*, 36(3).
- Ribeiro, N. (2005). Balanced Scorecard e a sua aplicação às instituições de ensino superior público. School of Economics and Management, University of Minho: Braga.
- Roca, J. (2015). La demanda eléctrica mundial crecerá un 70% hasta 2040 y la mitad de la nueva capacidad será renovable. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/la-demanda-electrica-mundial-crecera-un-70-hasta-2040-y-la-mitad-de-la-nueva-capacidad-sera-renovable/>
- Rodriguez, L. (2017). Manejo de residuos sólidos urbanos. Estudio de caso. *GestioPolis*.
- Rodríguez Lubián, A. (2005). *Desarrollo local y colaboración internacional. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- Rodriguez, R. (2000). Similitudes y diferencias de los programas de Desarrollo Local en Europa y América Latina. ¿Es posible establecer comparaciones? *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, 1(1), 7-12.
- 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*. (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Rohm, H. (2002). Improve public sector results with a Balanced Scorecard: Nine step to success. *US Foundation for Performance Measurement*.

Bibliografía

- Rojas, R. (2014). Energía en Cuba: iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables. *Progreso Semanal*. Recuperado de <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>
- Rolfsman, B. (2004). Optimal supply and demand investments in municipal energy systems. *Energy Conversion and Management*, 45, 595-611.
- Roqueta, R. (2014). *Procedimiento de cálculo para la ubicación de paneles fotovoltaicos* (Tesis De Maestría). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- Roy, J. (2000). The rebound effect: some empirical evidence from India. *Energy Policy*, 28, 433-438.
- Ruíz Domínguez, R. ., & Becerra Lois, F. . (2015). Una propuesta para la evaluación integral de los proyectos de desarrollo local. El caso de estudio TROPISUR. *Revista Economía y Desarrollo.*, 154(1), 144-154.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, EU: Ed. McGraw-Hill.
- Saaty, T. (2001). *The seven pillars of the Analytic Hierarchy Process*, Chapter 2. Springer: Murat Köksalan and Stanley Zionts.
- Santana, & Cabrizas. (2017). *Comportamiento del consumo de energía eléctrica en el sector estatal y de portadores energéticos en el sector residencial del municipio de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». Cienfuegos, Cuba.
- Santana, H. (2013). *Determinación de la incidencia de la instalación de nuevos parques fotovoltaicos en la red de 33kV de Yaguaramas* (Tesis de Grado). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- Sawaengsak, W., Silalertruksa, T., Bangviwat, A., & Gheewala, S. . (2014). Life cycle cost of biodiesel production from microalgae in Thailand. *Energy for Sustainable Development*, 18, 67-74.

Bibliografía

- Sawin, J. ., & Hughes, K. (2007). Chapter 5: Energizing Cities. *State of the World . our urban future*.
Recuperado de <http://www.worldwatch.org/node/4752>
- Scarlett, L., & Boyd, J. (2015). Ecosystem services and resource management: Institutional issues, challenges, and opportunities in the public sector. *Ecological Economics*, 115, 3-10.
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., & Subiela, V. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. *Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias*.
- Schenieder Electric Argentina S.A. (2010). Green Building.
- Selden, T., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution estimates? *J Environ Econ Manage*, 27, 147-162.
- Serna Gómez, H. (2003). *Gerencia Estratégica*. Bogotá D.C. Colombia: 3R Panamericana.
- Sherman, G. (2012). "Sharing Local energy infrastructure. *Organizational Models for Implementing Microgrids and District Energy Systems in Urban Commercial Districts*". (In partial fulfillment of the requirement of the degree of Master in City Planning Submitted to the Department of urban Studies and Planning). Institute of Technology, Massachusetts, United State of America.
- Silva Lira, I. (2007). *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. La Habana, Cuba: Dirección de Desarrollo y Gestión Local.
- Soler González, R. . (2009). *Procedimiento para la implementación del Balanced Scorecard como modelo de gestión en las empresas cubanas* (Tesis de Doctorado). Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echevarría», Departamento de Ingeniería Industrial, Villa Clara, Cuba.
- Soler, R., Oñate, A., & Andrade, R. (2015). Modelo de Gestión de la ESPOCH. *Revista Ciencias UNEMI, Milagros, Ecuador*.
- Sosa Wagner, F. (1981). Ayuntamientos y ahorro energético. *Revista de estudios de la vida local*, (210), 309-318.

Bibliografía

- Sovacool, B. (2012). The political economy of energy poverty: A review of key challenges. *Energy for Sustainable Development, 16*, 272-282.
- Sovacool, B. . (2013). Confronting energy poverty behind the bamboo curtain: A review of challenges and solutions for Myanmar (Burma). *Energy for Sustainable Development, 17*, 305-314.
- Sperling, K (2011). Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark. *Energy Policy, 39*, 1338-1351.
- Srivastava, V., Ismail, A., Singh, P., & Pratap, R. (2014). Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Environmental Science and Bio/Technology*.
- Sundberg, G., & Karlsson, B. (2000). Interaction effects in optimizing a municipal energy system. *Energy, 25*, 877-891.
- Szakonyi, D., & Urpelainen, J. (2013). Electricity sector reform and generators as a source of backup power: The case of India. *Energy for Sustainable Development, 17*, 477-481.
- Themelis, N. J., Diaz Barriga, M. E., Estevez, P., & Velasco, M. G. (2016). *Guía Para La Recuperación De Energía Y Materiales De Residuos* (2016.^a ed.). Columbia University: Columbia university earth engineering center.
- Toskano, G. (2005). El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima, Perú.
- Tundidor Montes de Oca, L., Medina León, A., Nogueira Rivera, D., & González Arestuche, L. . (2010). Fundamentos teóricos de los sistemas informativos de apoyo a la toma de decisiones como herramientas de implantación en el control de gestión moderno. *Revista de Arquitectura e Ingeniería, 4*(1).

Bibliografía

- Turull i Negre, J., & Vivas Urieta, C. (2003). *El cuadro de mando integral en la administración pública : el caso del Ayuntamiento de Sant Cugat del Vallès*. Presentado en VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Panamá. Recuperado de <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CLAD/clad0047604.pdf>
- Union . European. (1999). Landfill Directive 1999/31/EC, 1999/31/EC
- Union. European. (2008). Waste Directive 2008/98/EC, 2008/98/EC
- Valkila, N., & Saari, A. (2013). Attitude–behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas. *Energy for Sustainable Development*, 17, 24-34.
- Van Wie, L., Harris, J., Breceda, M., Lapeyre, M., Campbell, S., Constantine, S., Romo, A. . (2003). Market Leadership by Example: Government Sector Energy Efficiency in Developing Countries. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), the US Agency for International Development (US AID), and the Assistant Secretary for Energy Efficiency and Renewable Energy of the US Department of Energy under Contract No. DE-AC03-76SF00098.
- Vázquez, A. (2009). Desarrollo local, una estrategia para tiempos de crisis. *Apuntes del CENES*, XXVIII(47), 117-132.
- Vázquez Barquero, A. (1988). Desarrollo endógeno y globalización. *Revista Eure*, XXVI(79), 200-253.
- Vázquez Barquero, A. (1998). *Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo*. Madrid.
- Vázquez Barquero, A. (1999). *Desarrollo, redes e innovación*. Madrid, España.
- Vázquez Barquero, A. (2000). Desarrollo económico local y descentralización: aproximación a un marco conceptual. Informe LC/R.1964. Proyecto Regional de Desarrollo Económico Local y Descentralización. CEPAL/GTZ, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/6058/P6058.xml&xsl=/de/tpl/p9f.xsl&base=/tpl/imprimir.xsl>.

Bibliografía

- Vázquez Barquero, A. (2001). La política de desarrollo económico local. En: Cortés, F. y Alburquerque, P. Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: Análisis comparativo. Proyecto Regional de Desarrollo Económico Local y Descentralización. CEPAL/GTZ. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/7791/LCL1549E_cap01.pdf.
- Velázquez, G. (2013). *Explotación de red de 33 kV en Villa Clara con parques fotovoltaicos* (Tesis de Grado). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., Martínez-Reyes, J., & Ortiz-Soriano, A. (2015). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. *Ingeniería Investigación y Tecnología, XVI*, 471-478.
- Viamontes Guilbeaux, E., & Colectivo de autores. (2007). *Derecho ambiental cubano*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Villa González del Pino, E. . (2006). *Procedimiento para el control de gestión en Instituciones de Educación Superior* (Tesis de Doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Vivas, C. (1998). La práctica del cuadro de mando integral en organismos públicos. *Harvard-Deusto, Finanzas y Contabilidad, (22)*, 42-52.
- Wadley, D. (1988). Estrategia de desarrollo regional. *Papeles de economía española, 35*, 96-114.
- Wene, C., & Rydén, B. (1988). A comprehensive energy model in the municipal energy planning process. *European Journal of Operational*.
- Williams, R., & Larson, E. (1986). Materials, affluence, and industrial energy use. *Annu Rev Energy, 12*, 99-144.

Bibliografia

- Wilson, E (2008). Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural electric cooperatives and small municipal utilities. *Energy Policy*, 36(14).
- Wisniewski, M., & Olafsson, S. (2004). Developing balanced scorecards in local authorities: a comparison of experience. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 53(7), 602-610.
- Wisniewski, Milk, & Dickson, A. (2001). Measuring performance in Dumfries and Galloway Constabulary with the Balanced Scorecard. *Journal of Operational Research Society*, 52, 1057-1066.
- Wohlgemuth, N. (1999). Cost benefit indicators associated with the integration of alternative energy sources: a systems approach for Carinthia, Austria. *Renewable Energy*, 16, 1147-1150.
- Zhu, Y (2011). An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning municipal energy systems – A case study of Beijing. *Applied Energy*, 88, 2846-2862.
- Zia, H., & Deyadas, V. (2007). Energy management in Lucknow city. *Energy Policy*, 35(10), 4847-4868. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.018>

Anexos



Anexos

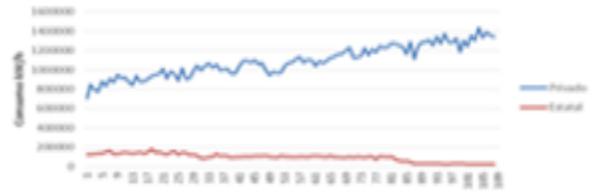
Anexos

Anexo 1: Análisis del consumo de energía eléctrica de las cinco sucursales del municipio.

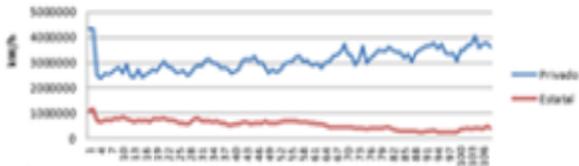
Fuente: (Correa et.al, 2016)



Sucursal Bahía



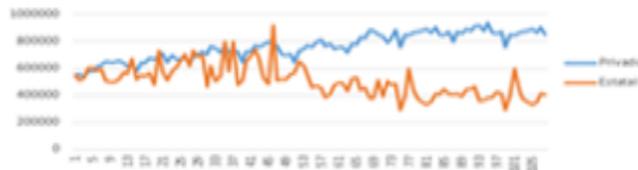
Sucursal Caonao



Sucursal Centro



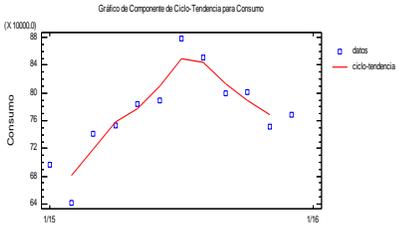
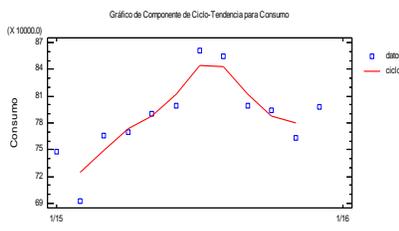
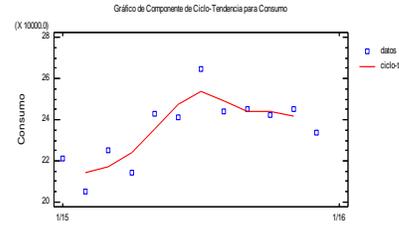
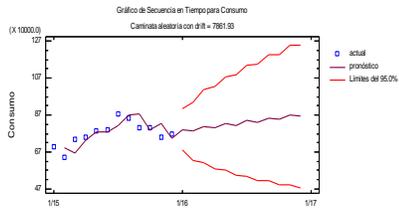
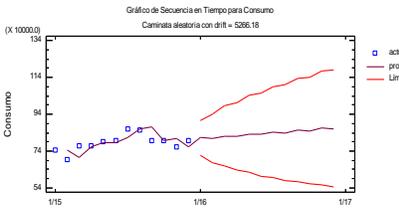
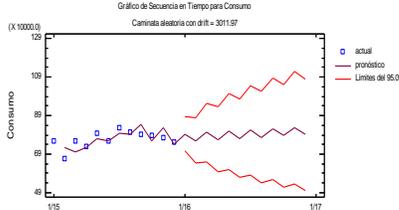
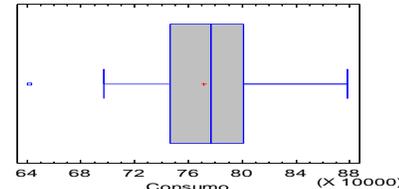
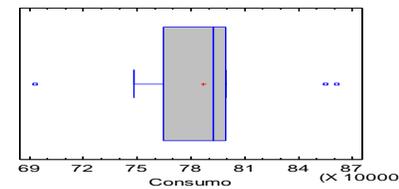
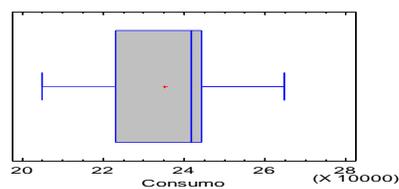
Sucursal Gloria o Calzada



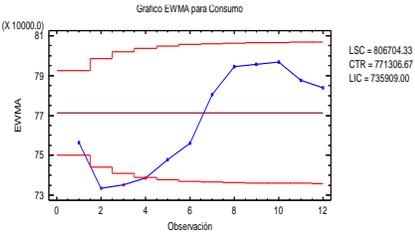
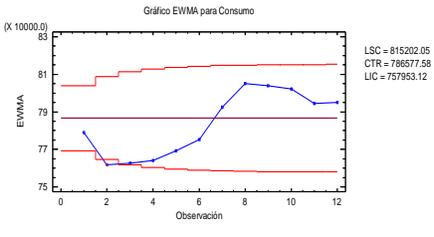
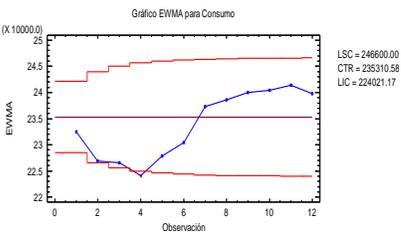
Sucursal CEN

Anexo 2: Análisis del consumo de energía eléctrica por Consejos Populares.

Fuente: (Correa et.al, 2016)

Consejo Popular Punta Gorda	Consejo Popular Junco Sur	Consejo Popular Guaos
		
<p>Figura 1: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP</p>	<p>Figura 2: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP</p>	<p>Figura 3: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP</p>
		
<p>Figura 4: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP</p>	<p>Figura 5: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP</p>	<p>Figura 6: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP</p>
		
<p>Figura 7: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes</p>	<p>Figura 8: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes</p>	<p>Figura 9: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes</p>

Anexos

 <p>Gráfico EWMA para Consumo</p> <p>(X 10000.0)</p> <p>EWMA</p> <p>Observación</p> <p>LSC = 806704.33 CTR = 771306.67 LIC = 735909.00</p>	 <p>Gráfico EWMA para Consumo</p> <p>(X 10000.0)</p> <p>EWMA</p> <p>Observación</p> <p>LSC = 815202.05 CTR = 786577.58 LIC = 757953.12</p>	 <p>Gráfico EWMA para Consumo</p> <p>(X 10000.0)</p> <p>EWMA</p> <p>Observación</p> <p>LSC = 246600.00 CTR = 235310.58 LIC = 224021.17</p>
<p>Figura10:Análisis de varibilidad y estabilidad a través del graficos de control para valores individuales</p>	<p>Figura 11: Análisis de varibilidad y estabilidad a través de graficos de control para valores individuales</p>	<p>Figura12:Análisis de varibilidad y estabilidad a través del graficos de control para valores individuales</p>

Anexo 3: Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos.

Fuente: (Cortés y Iglesias, 2005).

Para seleccionar los expertos de acuerdo al criterio de Cortés e Iglesias (2005), se debe:

1. Elaborar una lista de candidatos que cumplan con los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos sobre el tema.
2. Determinar el coeficiente de competencia de cada experto.

Este último paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra a continuación:

Cuestionario para la determinación del coeficiente de competencia de cada experto. Fuente: Cortés e Iglesias (2005)

Nombre y Apellidos:

- 1- Autoevalúe en una escala de 0 a 10 sus conocimientos sobre el tema que se estudia.
- 2- Marque la influencia de cada una de las fuentes de argumentación siguientes:

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales que conoce			
Trabajos de autores extranjeros que conoce			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

Anexos

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K_{comp.} = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$$

Donde:

K_c: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

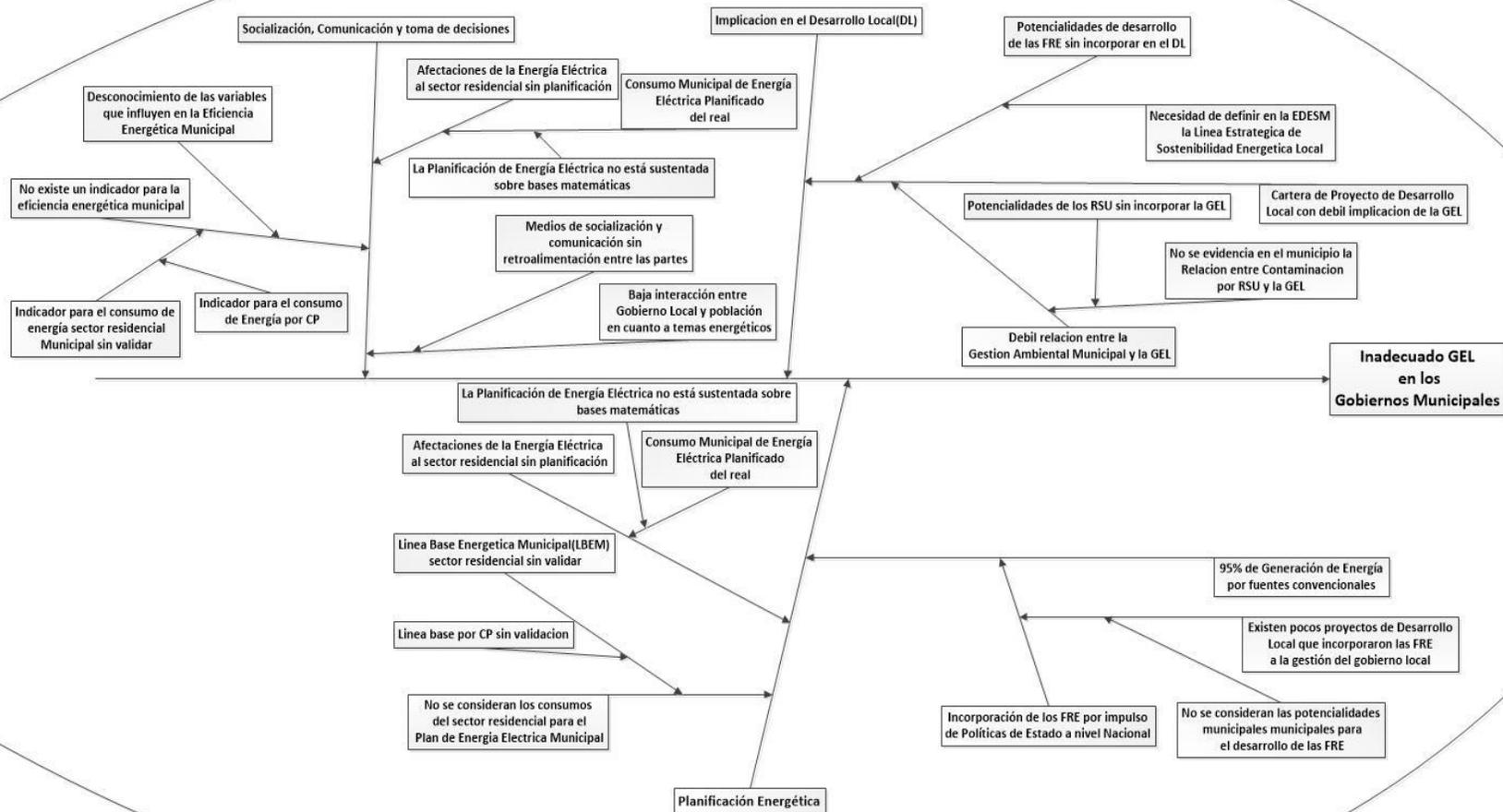
K_a: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la siguiente tabla:

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores extranjeros que conoce	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

Dados los coeficientes K_c y K_a se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia K_{comp} siguiendo los criterios siguientes:

- ✓ La competencia del experto es ALTA si $K_{comp} > 0.8$
- ✓ La competencia del experto es MEDIA si $0.5 < K_{comp} \leq 0.8$
- ✓ La competencia del experto es BAJA si $K_{comp} \leq 0.5$

Anexo 4: Diagrama Causa-Efecto de la GEL en Cuba. Fuente: Elaboración propia.



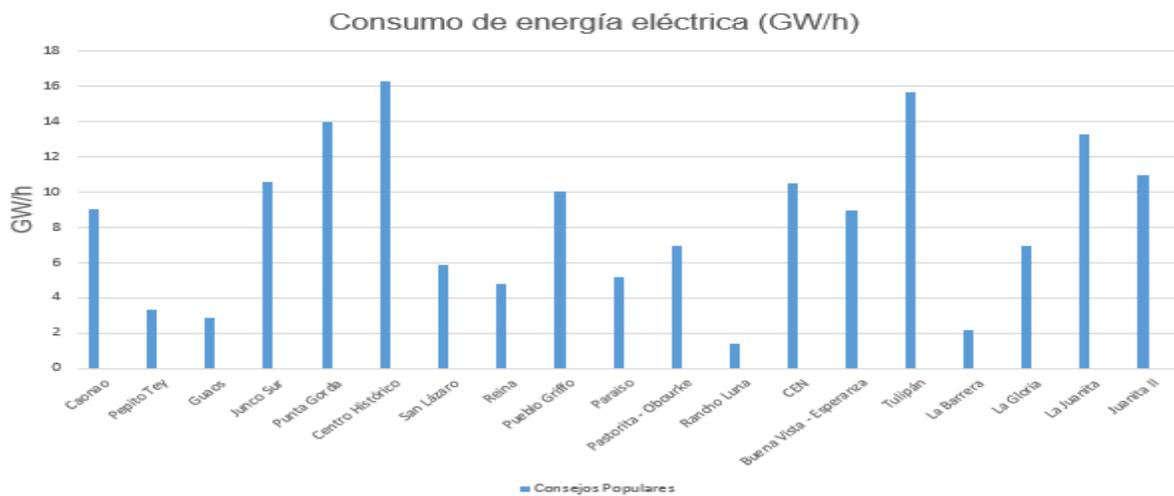
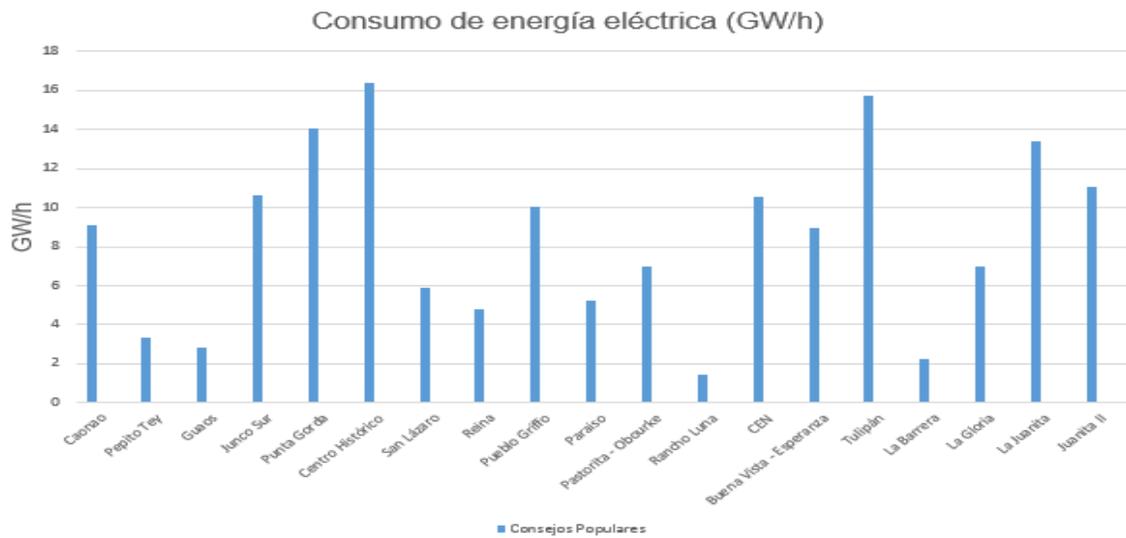
Anexo 5: Ubicación de los paneles solares instalados en viviendas aisladas en la provincia de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración Propia.

Paneles Solares (Ubicación)	Cantidad
Municipio de Cienfuegos	5
Municipios Restantes	703

Anexo 6: Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos para el año 2016 y 2017 respectivamente.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 7: Resultados del Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos en el año 2011.

Fuente: (de La Peña, 2012).

Se ejecutó mediante el Sistema de Evaluación del manejo de los RSU, donde se evalúan las etapas del manejo de los RSU a través de indicadores. En la evaluación de estos, solo en trece de los diecinueve consejos populares del municipio, el cumplimiento del plan de disposición final resultó satisfactorio durante el año 2011, mientras el cumplimiento del plan de costos de proceso fue satisfactorio (S) durante nueve meses.

El resto de los indicadores se comportó de forma no satisfactoria (NS), por lo que la evaluación general del manejo de los residuos sólidos resultó en el municipio de Cienfuegos no satisfactoria (NS) para el año 2011.

• Dirección Provincial de Planificación Física con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos: El diagnóstico al medioambiente realizado a través el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos, arrojó los siguientes resultados:

1. La problemática de los desechos sólidos urbanos, aunque identificada desde hace varios años, no ha obtenido soluciones adecuadas y definitivas, consecuencia de una carente planificación estratégica y manejo integral de la actividad, pues mantiene un carácter operativo.

2. Existen vertederos microlocalizados de desechos sólidos en todos los asentamientos urbanos: dos en la Ciudad de Cienfuegos, uno en Pepito Tey, uno en Guaos, uno en Castillo de Jagua y además en el asentamiento rural Mártires de Barbados. Excepto el vertedero de Baldosa, ubicado en la ciudad y que actualmente se encuentra en proceso constructivo para realizar tratamiento de relleno sanitario, el resto de las áreas de depósito no poseen tratamiento y su vertimiento final es a cielo abierto, contrario a las Normas Cubanas 135,136 y 137:2002, que regulan lo relacionado con esta actividad.

3. La basura está compuesta fundamentalmente por: residuos de alimentos, plásticos, metales de diversos tipos, cristal, desechos de hospitales, compuestos químicos, escombros y otros; se desconoce el volumen y la proporción de los mismos respecto al total generado pues no existe clasificación primaria de ellos, ni control estricto sobre el tema. Tampoco se registra la estadística del total de entidades generadoras y la cantidad que aportan per cápita.

4. Aparecen, además, diversas áreas de vertederos ilegales en los barrios Reina y oeste de O'Bourke, que afectan en gran medida la bahía y su zona costera. Asimismo, se originan en barrios de la periferia como: Buena Vista, Tulipán, San Lázaro y Caonao que originan serios daños al suelo por la lixiviación de los mismos. Esta situación es, causa de la generación de vectores, malos olores, obstrucción del drenaje, deterioro de la imagen urbana y afectación de áreas para el crecimiento prospectivo de la ciudad.

5. El sistema de recogida en la ciudad se realiza con siete camiones colectores especializados de la Empresa de Comunales y siete camiones abiertos contratados a otras instituciones, estos últimos no cumplen las normas

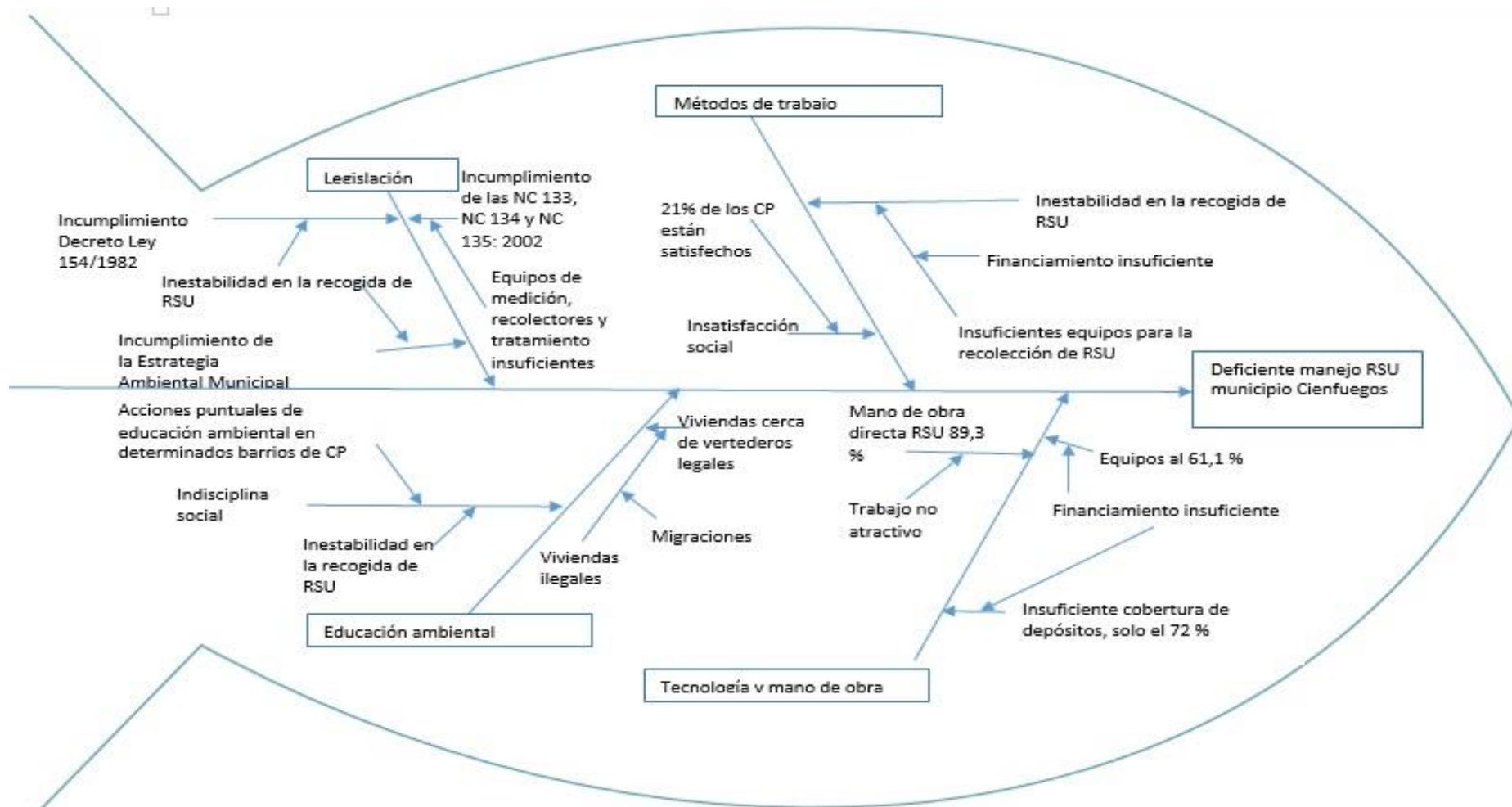
establecidas para la actividad. Aún existen grandes deficiencias con la recogida en los CP de Reina, Juanita II y Tulipán, que genera la proliferación de microvertederos y desencadenan una seria problemática higiénico-estética en estos espacios urbanos.

6. Los CP de Paraíso, Caonao, Guaos, Pepito Tey y el asentamiento urbano de Guabairo asumen el servicio de recogida mediante carretones de tracción animal. Las zonas industriales no poseen dicho servicio.

Los principales problemas detectados por el PGOTU en el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos son:

- ✓ Insuficiencia de instrumentos y medios técnicos para todas las actividades relacionadas con los residuos sólidos.
- ✓ Inadecuada transportación, tratamiento y disposición final de la basura y los residuos sólidos peligrosos.
- ✓ Carencia de financiamiento para enfrentar las inversiones necesarias.
- ✓ Indisciplina social y empresarial.
- ✓ Falta de educación y conciencia ambiental ciudadana.
- ✓ Incumplimiento de reglamentos, ordenanzas, normas y leyes establecidas respecto a toda esta temática.
- ✓ Ineficiente control sobre las contravenciones que se realizan.
- ✓ Proliferación de viviendas en áreas de vertederos y viceversa. Se destacan en el CP Reina y los dos vertederos legales de la ciudad.
- ✓ Predominio de desinterés social e institucional por el tema de la basura.
- ✓ No existe un inventario y control de cada una de las entidades que brindan servicios de recogida de basura por lo que se desconocen los mecanismos utilizados para la disposición final.
- Investigación Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio (Correa et al., 2017). Se obtuvieron los siguientes resultados:
 1. Se realizó un análisis de la situación actual del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos y se catalogó como deficiente, debido a una serie de causas principales como: inestabilidad en la recogida de las RSU, insuficientes equipos de medición, recolección, transporte y tratamiento y práctica de acciones puntuales para la educación ambiental solo en algunos consejos populares (CP) del municipio.
 2. Se propone una estrategia de monitoreo para el cumplimiento del plan de acción para el manejo de residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos, para su ejecución se utilizaron los indicadores planteados en: Sistema de evaluación para el manejo de RSU (de la Peña, 2012), PGOTU para el municipio de Cienfuegos (DPPF, 2012) y la Oficina Municipal de Estadística e Información (OMEI). De quince indicadores se determinaron medir: ocho mensualmente, uno semestral y seis anual.

Anexo 8: Diagrama Causa- Efecto del manejo de los RSU. **Fuente:** Elaboración propia.



Anexo 9: Tabla para la selección de las tipologías constructivas de la vivienda.**Fuente:** Dirección Provincial de Vivienda.

Tipología	Paredes	Techos	Pisos
I	Paneles prefabricados de hormigón. Muros de mampostería, de piedras, ladrillos de barro. Bloques de canto. Bloques de suelo estabilizado. Estructura de hormigón o de acero y panelería ligera. Paredes de PVC rellenas de hormigón. Prefabricado de morteros con poliestireno o poliuretano (m ² o similar).	Losa de hormigón fundida in sito. Losa prefabricada de hormigón armado. Viguetas y bovedillas de Hormigón. Viguetas y formaletas o tabletas. Losas planas de mortero o cantería con barro cocido.	Terrazo Mármol Gres Hidráulica Mosaicos

<p style="text-align: center;">II</p>	<p>Muros de mampostería. Muros de piedra. Muros de bloques. Muros de ladrillos de barro. Estructura de hormigón de acero y panelería ligera. Paredes de PVC rellenas de hormigón. Bloques de suelo estabilizado.</p>	<p>Bóvedas, cúpulas o arcos de bloques de ladrillos. Losas abovedadas de mortero, hormigón o ferrocemento. Vigas de hormigón o acero y capas de rasillas planas abovedadas.</p>	<p>Terrazo Mármol Gres Hidráulica Mosaicos</p>
<p style="text-align: center;">III</p>	<p>Muros de adobe. Muros de Tapial. De madera aserrada, cepillada machi – hembrada. De madera aserrada. De tabla de palma.</p>	<p>Soportería de madera de hormigón armado o de acero con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tejas criollas de barro. • Tejas francesas de barro. • Tejas de microconcreto. • Tejas de fibrocemento. • Tejas metálicas. • Canalones de fibrocemento. 	<p>Terrazo Mármol Gres Hidráulica Mosaicos</p>

	<p>Muros de adobe. Muros de Tapial. De madera aserrada, cepillada machi – hembrada. De madera aserrada. De tabla de palma.</p>	<p>Soportería de madera aserrada o rolliza con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tejas criollas de barro. • Tejas francesas de barro. • Tejas de microconcreto. • Tejas de fibrocemento. • Tejas metálicas. 	
IV	<p>De madera aserrada. De tabla de palma.</p>	<p>Soportería de madera aserrada o rolliza con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guano 	<p>Hidráulica Mosaicos Cemento pulido</p>
V	<p>Paredes de madera rústica. Paredes de Guano. Paredes de Yagua. Otros materiales frágiles.</p>	<p>Soportería de madera aserrada o rolliza con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guano • Yagua 	<p>Hidráulica Mosaicos Cemento pulido Mortero</p>

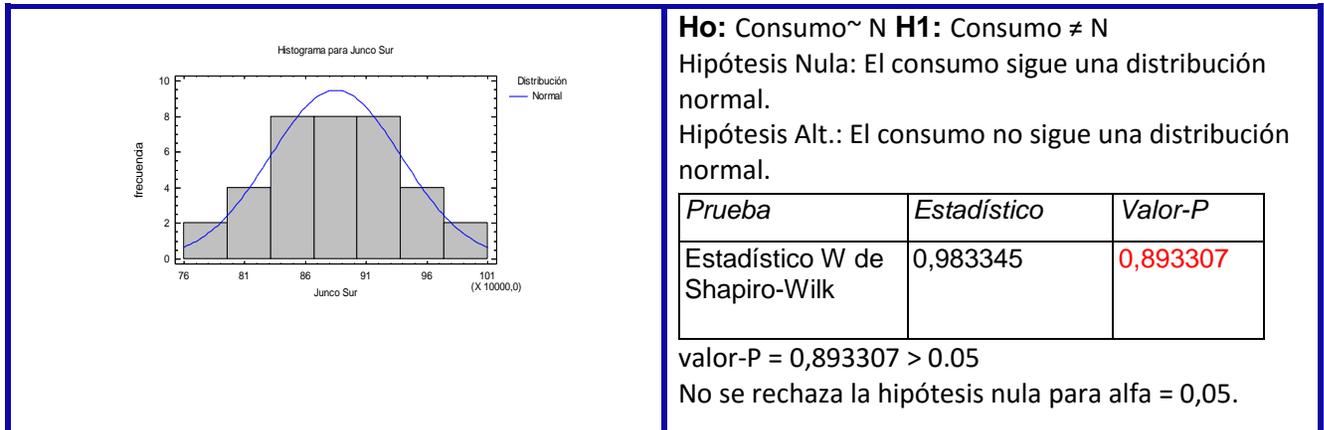
Anexo 10 Resumen de los CP más significativos por cada variable.**Fuente:** Elaboración Propia.

Cp	Tipología	Alto Consumo Eléctrico	Mayor Cantidad de Viviendas	Calidad de las Viviendas
Caonao		X		X
Pepito Tey				X
Guaos				X
Junco Sur		X	X	X
Punta Gorda		X		X
Centro Histórico		X	X	
San Lázaro			X	
Reina			X	
Pueblo Grippo		X	X	X
Paraíso				X
Pastorita – Obourke				
Rancho Luna				
CEN		X	X	X
Buena Vista – Esperanza				
Tulipán		X		
La Barrera				
La Gloria				
La Juanita		X	X	
Juanita II			X	

Anexos

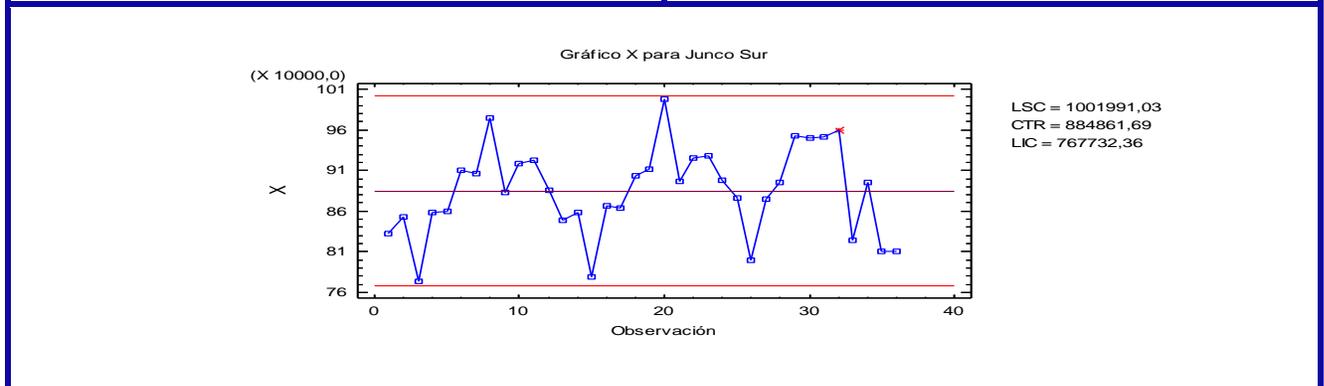
Anexo 11: Gráficos de salidas de normalidad, estabilidad y tendencia para los 8 CP más consumidores del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

a) Junco Sur



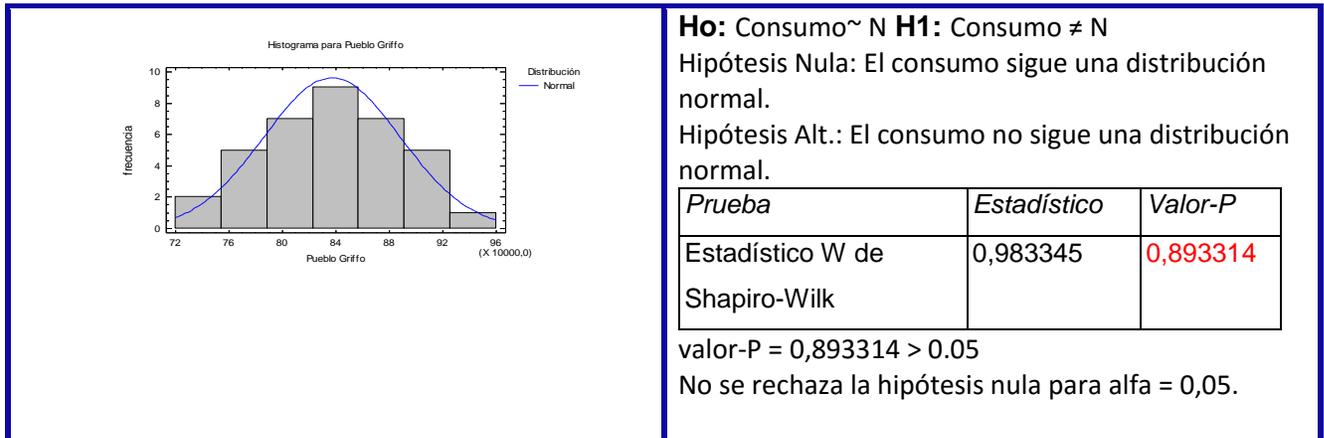
1. Histograma para Junco Sur.

2. Pruebas de Normalidad para Junco Sur.



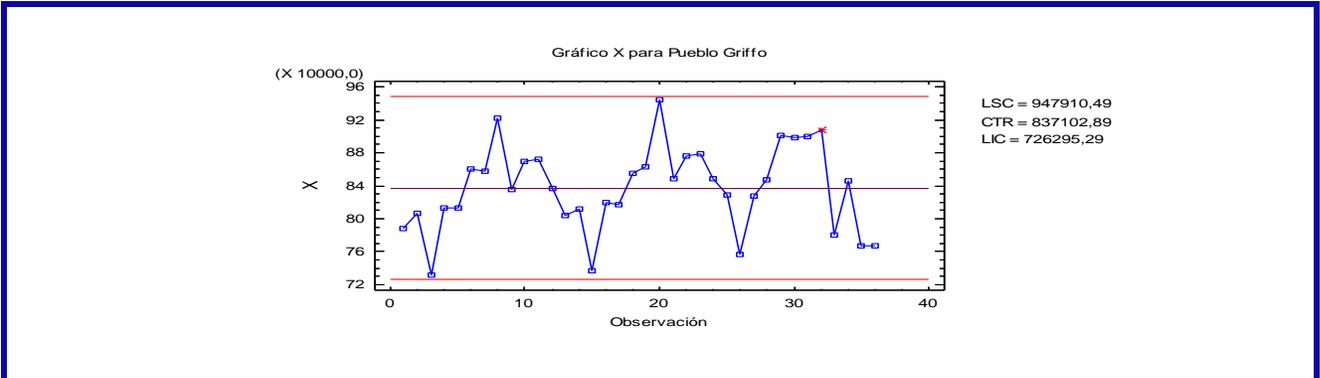
3. Gráficos de Individuos para Junco Sur.

b) Pueblo Grippo



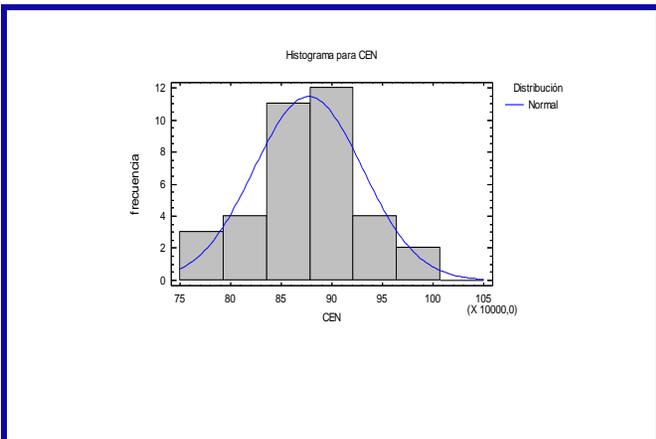
1. Histograma para Pueblo Grippo.

2. Pruebas de Normalidad para Pueblo Grippo.



3. Gráficos de Individuos para Pueblo Griffo.

c) CEN



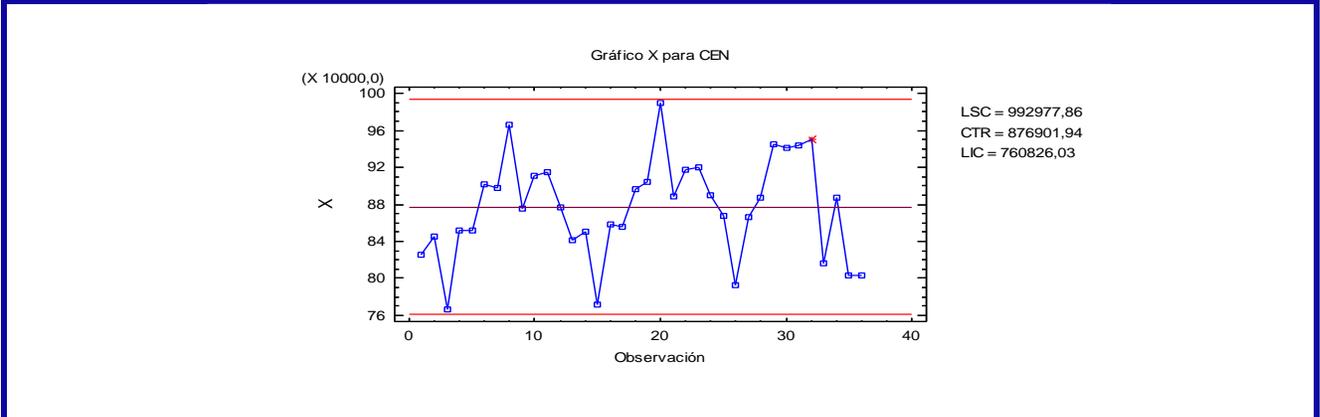
H₀: Consumo ~ N **H₁:** Consumo ≠ N
 Hipótesis Nula: El consumo sigue una distribución normal.
 Hipótesis Alt.: El consumo no sigue una distribución normal.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983346	0,893328

valor-P = 0,893328 > 0.05
 No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

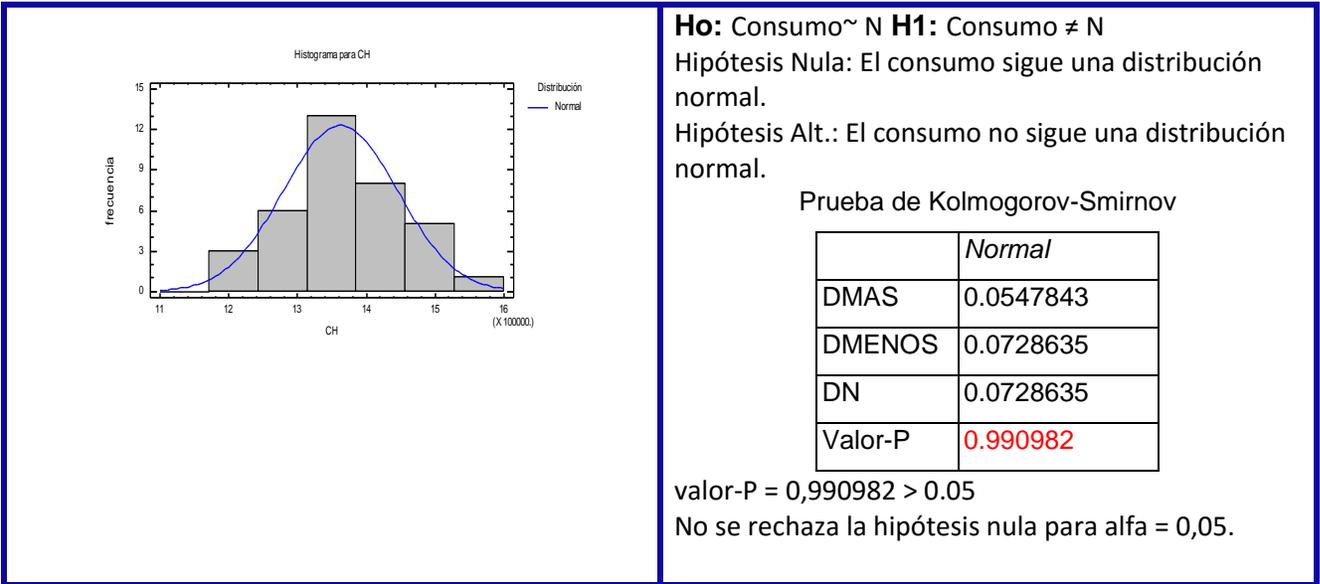
1. Histograma para CEN.

2. Pruebas de Normalidad para CEN.



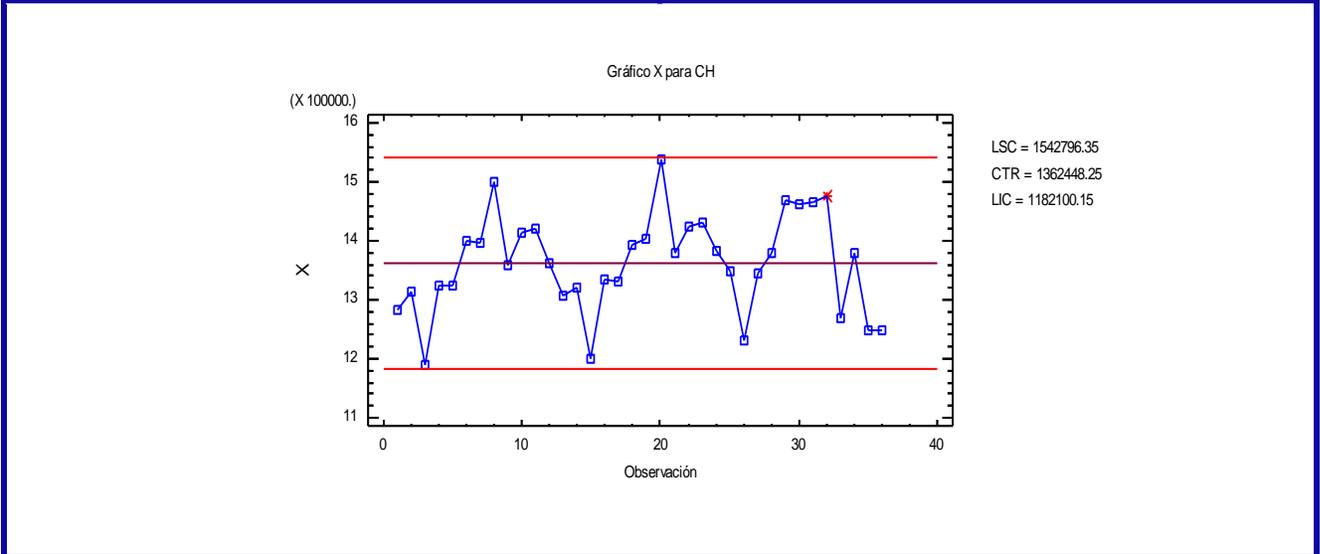
3. Gráficos de Individuos para CEN.

d) Centro Histórico



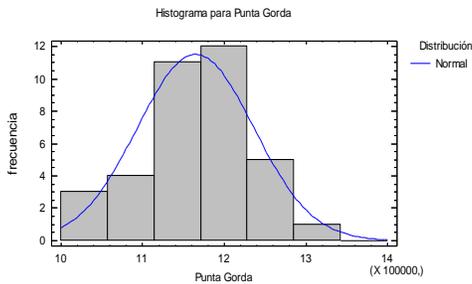
1. Histograma para Centro Histórico.

2. Pruebas de Bondad de Ajuste para Centro Histórico.



3. Gráficos de Individuos para Centro Histórico.

e) Punta Gorda



Ho: Consumo ~ N **H1:** Consumo ≠ N
 Hipótesis Nula: El consumo sigue una distribución normal.
 Hipótesis Alt.: El consumo no sigue una distribución normal.

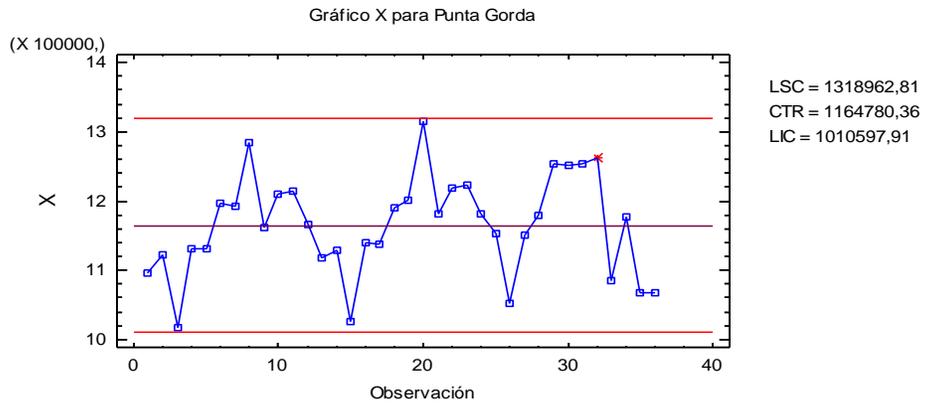
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893325

valor-P = 0,893325 > 0.05

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

1. Histograma para Punta Gorda.

2. Pruebas de Normalidad para Punta Gorda.

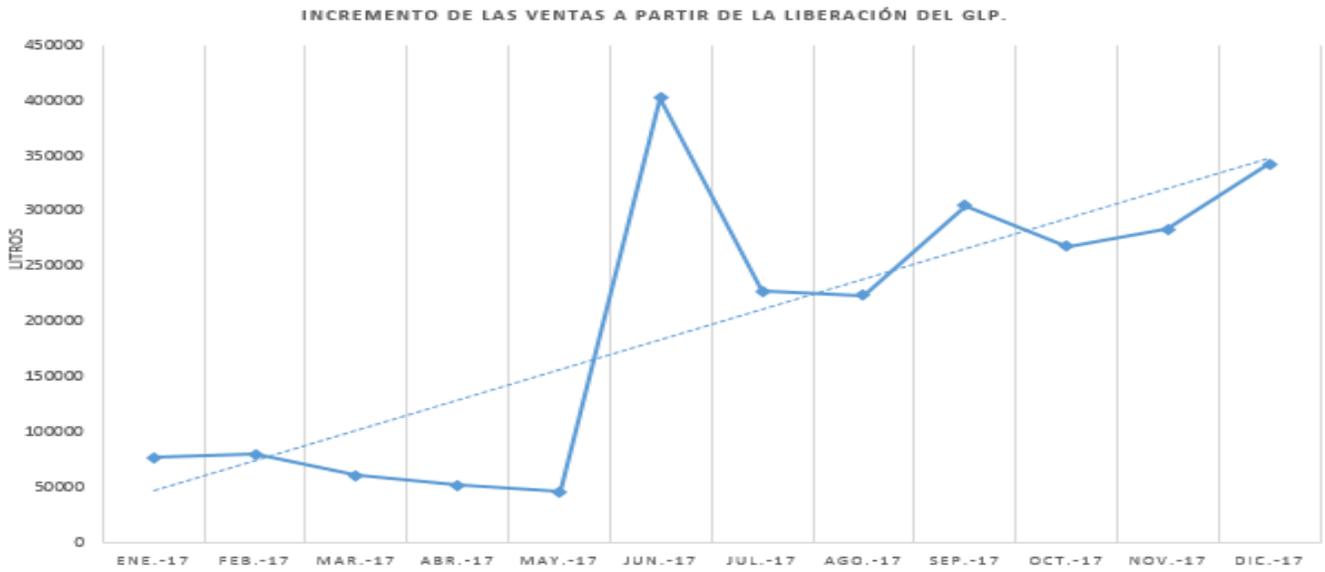


3. Gráficos de Individuos para Punta Gorda.

Anexos

Anexo 12: Incremento de las ventas mensuales a partir de la liberación del GLP.

Fuente: Elaboración propia a partir de CUPET.



Anexos

Anexo 13: Lista de chequeo para evaluar las competencias en gestión de la energía de los miembros del Consejo de Administración Municipal y los Presidentes de Consejos Populares del Municipio. **Fuente:** Elaboración Propia adaptado de UWExtension (2011).

Compañero (a): La lista de chequeo que se les presenta permite evaluar las competencias en Gestión de la energía local de los miembros del Consejo de Administración Municipal y los Presidentes de Consejos Populares del Municipio de Cienfuegos, como elemento del diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos, con el objetivo de desarrollar e implementar un Modelo para la Gestión Energética Local. Solo debe marcar con una X según su criterio. En este sentido esperamos su cooperación.

Eficiencia Energética- Políticas

¿Has adoptado su municipalidad política para ocuparse de lo siguiente? Marque sí o no, o no aplicable (NA), para cada uno de lo siguiente:			
Políticas de Eficiencia Energética	Sí	No	NA
a. Promueve la reducción de residuales.		X	
b. Promueve la eficiencia energética en las instituciones insertadas en el municipio de subordinación.	X		
b.1 Local	X		
b.2 Provincial	X		
b.3 Nacional	X		
c. Promueve la conservación de energía con los empleados.	X		
c.1 Directivos	X		
c.2 Trabajadores	X		
d. Promueve la conservación de energía a través del alumbrado público a través de proyectos.		X	
e. Promueve la conservación de energía en las áreas públicas.		X	
f. Promueve proyectos de energía limpia (generación de energía en el lugar en vez de consumo externo) ej. paneles solares etc.		X	

Eficiencia Energética- Programas y Operaciones

Programas y Operaciones

¿Ha adoptado su municipio programas o realizado operaciones para ocuparse de lo siguiente? Marque “ sí ” o “ no ” o “ no aplicable (NA) ” para cada uno de lo siguiente:

Eficiencia Energética Programas y Operaciones	Sí	No	NA
a. Programas de reducción de residuales. Ejemplo: reciclaje , compostaje, aprovechamiento, reducción de fuentes contaminantes(reducción de fuentes contaminantes= uso de productos durables y reusables, productos sin componentes tóxicos o reducidos; productos con envolturas degradables o inexistentes)		X	

Educación sobre Eficiencia Energética- Políticas

Políticas

¿Ha adoptado su municipio políticas para ocuparse de lo siguiente? Marque “ sí ” o “ no ” o “ no aplicable (NA)” para cada uno de lo siguiente:

Educación y alcance de las políticas.	Sí	No	NA
a. Promueve la educación enfocado en la eficiencia energética y evitar la emisión de gases de efecto invernadero. (Ejemplo: lemas e información en los murales, charlas educativas, carteles cerca de equipos con alto consumo e interruptores de corriente) en la instituciones insertadas en el municipio de subordinación.		X	
a.1 Local		X	
a.2 Provincial		X	
a.3 Nacional		X	
b. Promueve la educación y alcance a la comunidad y organizaciones locales sobre los esfuerzos del gobierno local con el fin de lograr una eficiencia energética para reducir costos y la emisión de gases de efecto invernadero, al igual de mejores prácticas en el uso de la energía que pueden ser utilizadas en sus organizaciones y hogares.		X	

Anexos

<p>c. Promueve la educación y alcance a las escuelas sobre los esfuerzos del gobierno local con el fin de lograr una eficiencia energética para reducir costos y la emisión de gases de efecto invernadero, al igual de mejores prácticas en el uso de la energía que pueden ser utilizadas en sus escuelas.</p>		<p>X</p>	
<p>d. Se facilitan documentos, libros y revistas sobre eficiencia energética a las escuelas y gobiernos locales, se traen expertos para enseñar a los estudiantes sobre la eficiencia energética; se apoya la formación de una fuerza de trabajo sobre el tema en escuelas técnicas; se promueve el ahorro de energía.</p>		<p>X</p>	

Educación sobre Eficiencia Energética- Programas y Operaciones

<p>Programas y Operaciones</p>			
<p>¿Ha adoptado su municipio programas o realizado operaciones para ocuparse de lo siguiente? Marque “ sí ” o “ no ” o “ no aplicable (NA) ” para cada uno de lo siguiente:</p>			
<p>Educación y alcance de los programas y operaciones.</p>	<p>Sí</p>	<p>No</p>	<p>NA</p>
<p>a. Existen campañas para la educación a trabajadores y programas como también prácticas para ser implementadas en los centros laborales para la reducción de costos y emisión de gases de efecto invernadero.</p>		<p>X</p>	
<p>b. Educación a los residentes y organizaciones de la zona sobre los esfuerzos del gobierno local de implementar programas con el fin de lograr una eficiencia energética para reducir costos y la emisión de gases de efecto invernadero.</p>		<p>X</p>	

Anexo 14: Metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red (EFCR).

Fuente: (González, 2016).

Actualmente, los edificios fotovoltaicos significan un 42% del total de la energía consumida en Europa. La mayoría de los sistemas fotovoltaicos en edificios (viviendas, centros comerciales, naves industriales...) se montan sobre tejados y cubiertas, pero se espera el aumento de instalaciones integradas en tejas y otros materiales de construcción. Estos sistemas fotovoltaicos son de pequeño a mediano tamaño, lo que supone una potencia de 5 kW a 200 kW, aunque a veces se supere este valor y se llegue al orden de los MW (Lalupú, 2013).

Descripción de los componentes de los Edificios fotovoltaicos conectados a la red

La energía solar fotovoltaica integrada en edificios consiste en módulos fotovoltaicos que literalmente forman parte de la estructura de un edificio, acoplados arquitectónicamente a los techos y azoteas de los mismos. Los EFCR vierten energía a la red cuando la generación supera al consumo en un determinado instante y extrae energía de ella en caso contrario, de este modo combina las características de generador y consumidor de energía propiciado por el intercambio energético entre el edificio y la red eléctrica.

En un EFCR, se pueden distinguir cinco bloques funcionales bien diferenciados:

El generador fotovoltaico

Un grupo de celdas interconectadas es llamado módulo fotovoltaico y la interconexión de dos o más módulos es llamada panel fotovoltaico.

El generador fotovoltaico está formado por el conjunto de los módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El elemento base es el módulo fotovoltaico.

Varios módulos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, para obtener la tensión nominal de generación, forman la rama. Finalmente, la conexión eléctrica en paralelo de muchas ramas constituye el campo.

Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y que está orientada para optimizar la radiación solar.

Anexos

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía durante el año en función de la insolación de la localidad y de la latitud de la misma.

Para cada aplicación, el generador tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- carga eléctrica.
- potencia de pico.
- posibilidad de conexión a la red eléctrica.
- latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo.
- características arquitectónicas específicas del edificio.
- características eléctricas específicas de la carga.

El acondicionador de potencia

Es el responsable de adaptar las características de la energía producida por el generador (DC a tensión variable) a las requeridas por la red eléctrica (AC a 220 ó 380 V), también llamado convertidor DC/AC o inversor.

De los componentes principales de los sistemas fotovoltaicos es el inversor el que diferencia el sistema entre uno independiente a uno interconectado. El inversor es un convertidor electrostático que por medio del uso de componentes electrónicos de potencia convierten la corriente directa en corriente alterna. Estos inversores generan variedad de ondas en su salida, dependiendo de lo sofisticado que sea el equipo. Estas ondas se conocen como “onda cuadrada”, “onda sinusoidal modificada” y “onda sinusoidal verdadera”. Para los sistemas interconectados lo cual es el enfoque de esta ponencia, solamente es posible la utilización de inversores de onda sinusoidal verdadera que sean capaces de producir potencia de igual calidad a la que proviene de la red eléctrica. Los inversores en general producen y entregan corriente alterna a un voltaje y frecuencia dada.

Ya dentro de la categoría de inversores interconectados, los mismos son diseñados para operar en sistemas fotovoltaicos a bajo voltaje, estos son 12, 24 y 48 Volt respectivamente o en sistemas de alto voltaje de hasta 600 Volt.

Anexos

La conversión de corriente continua en alterna puede realizarse de diversas formas. La mejor manera depende de cuánto ha de parecerse a la onda senoidal ideal para un funcionamiento adecuado de la carga de corriente alterna:

Inversores de onda cuadrada

La mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 50 ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es "cuadrada".

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos).

Inversores de onda senoidal modificada

Son más sofisticados y caros, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificado para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. Un ejemplo de este tipo es el SM-1500.

Inversores de onda senoidal

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia). Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia, como por ejemplo el S-1200. La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor añadido como telecontrol, contaje de energía consumida, selección de batería... Sin embargo, su costo es mayor que el de los inversores menos sofisticados.

Puesto que sólo los motores de inducción y los más sofisticados aparatos o cargas requieren una forma de onda senoidal pura, normalmente es preferible utilizar inversores menos caros y más eficientes.

Anexos

Un inversor suele estar compuesto por los siguientes bloques:

- Filtro de entrada: atenúa el rizado que produce la conmutación en la corriente de entrada.
- Convertidor DC/DC: adecúa (eleva o reduce) la tensión de salida del generador a la tensión necesaria para el puente de conmutación. Puede realizar las funciones de búsqueda del punto de máxima potencia.
- Puente inversor: realiza el troceado de la señal continua para convertirla en alterna.
- Filtro de salida: elimina o atenúa los armónicos no deseados. Transformador: adecua el valor de tensión de salida del puente al de la red y proporciona aislamiento galvánico entre la parte DC y AC.
- Control: realiza la supervisión de la entrada y salida del convertidor DC/DC y del puente inversor y entrega las consignas correspondientes para localizar y seguir el MPP del generador, y para obtener una señal sinusoidal con bajo contenido en armónicos en la salida del inversor.

Las protecciones, o conjunto de elementos y medidas adoptadas para garantizar la seguridad del propio EFCR y la de la red eléctrica.

- Protecciones en continua: las protecciones de continua se sitúan dentro de los cuadros de protección, en los que se encuentran los fusibles, varistores, seccionadores y diodos antiparalelo necesarios para la protección de esa parte de la instalación. [19]
- Protecciones en alterna: las protecciones de alterna se sitúan dentro de los cuadros de protección, en los que se encuentran los interruptores automáticos magnetos térmicas y diferenciales. También hará falta un cuadro general de protección y medida (CGPM), compuesto por los cuadros de protección y medida y los fusibles necesarios para la desconexión de la instalación por parte de la compañía distribuidora.

Como cualquier instalación eléctrica, el sistema dispone de las necesarias protecciones para garantizar la seguridad. El Armario general de protección y medida deberá contener en serie y por este orden:

- Un interruptor magneto térmico (Interruptor General Manual) con una intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora del punto de conexión.
- Un interruptor diferencial con el objeto de proteger a las personas en el caso de derivación de cualquier elemento de la parte continua de la instalación.

Anexos

- Un contador de la energía producida por la instalación solar y otro que en contraposición medirá el consumo del sistema fotovoltaico. Independiente de estos dos contadores se encuentra el utilizado para la medida del consumo eléctrico del usuario que se dispusiera antes de la conexión a red de los módulos solares fotovoltaicos, y que podrá encontrarse alojado en este armario.
- Fusible seccionador de control el cual une el circuito de consumo eléctrico convencional, en paralelo con el circuito de generación, con la red de distribución de la compañía y, a su vez, cierra todos los elementos de medida y control.

El consumo, formado por todas aquellas aplicaciones que demandan energía eléctrica para su funcionamiento.

La red eléctrica convencional, en adelante la Red.

El cableado está conformado por los conductores necesarios para unir las distintas partes de la instalación, se calculan en función de la intensidad que vaya a pasar por cada uno de ellos, dando por tanto una sección adecuada a cada caso.

Un buen cableado debería evitar grandes pérdidas de voltaje y proveer una aislación eléctrica para reducir el riesgo de que ocurran accidentes si altos voltajes se hacen presentes en el sistema.

Los fabricantes de módulos fotovoltaicos, garantizan que los paneles solares tendrán una vida útil de 20 años, por lo que cualquier desperfecto que estos tengan en este tiempo, ya sea que entreguen un voltaje menor al especificado u otra anomalía, ellos devuelven un módulo nuevo reemplazando el defectuoso. La duración depende principalmente de la encapsulación para que el agua no entre, no fatigue ante resistencia térmica, ni la abrasión mecánica. Aun cuando luego de 20 años la garantía expire, un módulo fotovoltaico tiene una vida útil de 40 años, en donde el nivel de eficiencia del módulo baja a razón de un 3 a un 8 % por año.

Los elementos del sistema fotovoltaico cuenta en su mayoría con una larga vida útil, aspecto al cual se hace referencia en la siguiente tabla

Tabla: Vida útil de los equipos del sistema fotovoltaico conectado a red.

	Módulos	Inversor	Medidor	Cables	Puesta a tierra	Protecciones
Vida útil (años)	25	20	20	25	20	20

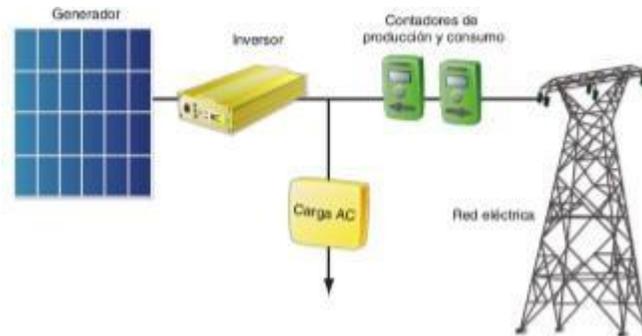


Figura: Representación del sistema fotovoltaico conectado a la red.

Tipos de pérdidas.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red están sujetos a una serie de pérdidas, las cuales afectan la eficiencia del mismo y con el tiempo pueden hasta dañar los componentes de la instalación, por lo que es necesario conocerlas para mitigarlas en mayor medida. A continuación, se muestran las principales pérdidas presentes en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Azimut (α) e inclinación (β).

La óptima orientación e inclinación de los módulos FV es fundamental para absolver la máxima radiación posible durante todo el año. El Azimut ideal es de 0° respecto al sur y la inclinación suele estar entre los 25° y 30° , aunque al final la orientación e inclinación puede ser diferente debido a un compromiso entre la distancia de las filas y las sombras generadas debido al espacio al que hay que adaptarse.

Tolerancia.

La tolerancia en los valores de potencia nominal del módulo fotovoltaico normalmente entre un 3% y un 5%. Puede ser tanto positiva como negativa, pero hay fabricantes que aseguran que solo desviaciones positivas.

Anexos

Degradación.

Un módulo fotovoltaico en que el diseño haya sido certificado según la norma IEC 61215 "Calificación de diseño y aprobación de tipo para módulos fotovoltaicos de Silicio cristalino para aplicaciones terrestres", fabricado con un sistema de calidad ISO 9001, no debe presentar degradación apreciable. Según la calidad del módulo, la degradación a lo largo de su vida útil estaría entre el 3% y el 7% en células de silicio de baja calidad, y por debajo del 2% en productos de alta calidad. Si se considera una pérdida de potencia por el paso del tiempo, esta debe ser mínima.

Dispersión de módulos (Mismatch).

La conexión en serie de los módulos con potencias no exactamente iguales produce pérdidas, al quedar limitada la intensidad de la serie a la que permita el módulo de menor corriente.

Dispersión de las características.

La potencia del módulo se mide en condiciones de iluminación específicas, en operación, en el módulo incidirá una radiación distinta a la del ensayo, es decir, no será siempre perpendicular y con espectro estándar AM 1,5G. Esta dispersión de características dará lugar a unas pérdidas angulares y espectrales.

Polvo y suciedad.

La potencia de salida del módulo disminuirá debido al polvo y la suciedad que probablemente se depositara sobre la superficie. Si el módulo está inclinado más de 15° y no se producen suciedades localizadas, como las producidas por los excrementos de las aves, estas pérdidas serán pequeñas y normalmente no superiores a un 3%. Este tipo de pérdida podría ser causa de puntos calientes.

Temperatura.

Se produce una pérdida de potencia cuando el módulo trabaja con células superiores a los 25°C (CEM), estimándose en una pérdida de potencia de 0.5% por cada grado que aumenta la temperatura para el caso de los módulos de silicio cristalino.

Anexos

Sombreado.

Las pérdidas por sombreado serán prácticamente nulas, porque en el proyecto y la instalación se habrá tenido o en cuenta este factor, pero puede que el mismo diseño tolere sombras parciales en horas extremas del día. En este caso las sombras no afectan ya que el espacio para construir la instalación es limitado y se ha llegado a un compromiso entre pérdidas por sombreado y potencia instalada. Cuando la iluminación no es uniforme, debido a sombras en algunas células o módulos, los diodos de bypass permiten que la corriente encuentre un camino alternativo en lugar de ser forzada a pasar por las células en sombra, con lo que habría unas pérdidas mucho mayores; de esta forma, aunque las células en sombra no producen energía, la caída de tensión en ese grupo de células en serie será de aproximadamente 1 Volt (la tensión directa del diodo de bypass). En estas circunstancias, por los diodos de bypass circula como mucho la corriente I_{sc} .

El efecto más evidente que el sombreado parcial produce sobre un generador fotovoltaico es la reducción más o menos importante en la producción: según el área sombreada, la época del año en la que se produce el sombreado, la configuración eléctrica de los módulos y el generador fotovoltaico, y de la amplitud del rango de búsqueda de Punto de Máxima Potencia (MPP) del inversor, por citar algunos condicionantes.

Una de las tareas que debe afrontar el diseñador es decidir la ubicación de las diferentes partes que componen el generador resolviendo un compromiso entre la adecuada ocupación del terreno disponible y la minimización del impacto de sombras arrojadas sobre los módulos. Son variados los objetos que pueden producir sombras sobre un generador, tales como elementos de la edificación, arbolado, equipamiento industrial, e incluso partes del propio generador.

Tabla: Efecto de las sombras sobre las celdas fotovoltaicas.

Porcentaje de sombra de una célula	Pérdida porcentual de potencia en el módulo
0%	0%
25%	25%
50%	50%
75%	66%
100%	75%
3 celdas sombreadas	93%

Anexos

De conversión.

Las pérdidas del inversor por no trabajar en el Punto de Máxima Potencia están comprendidas entre un 4 y un 10%. [26] Las pérdidas de conversión tienen en cuenta el efecto de la eficiencia instantánea de conversión del inversor fotovoltaico. La eficiencia de un inversor fotovoltaico depende de la tensión y potencia de trabajo de la temperatura interna de funcionamiento. Estas pérdidas se dividen en:

- K0. Pérdidas de autoconsumo del propio inversor e independiente de su potencia de salida. Estas incluyen las pérdidas del transformador, si lo hubiera, y las pérdidas en dispositivos de medida, control y seguridad incorporados al equipo.
- K1. Pérdidas que dependen linealmente de la potencia de salida: pérdidas en diodos y dispositivos de conmutación.
- K2. Pérdidas que dependen cuadráticamente de la potencia de salida: pérdidas en cables, resistencias y bobinas.

La conversión de CC a CA se lleva a cabo con una eficiencia que oscila entre el 75 y el 91 %. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25 y el 9% de la potencia suministrada a la entrada. Los valores porcentuales más elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar.

Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 a 200 W pierden entre 20 y 25 %. Modelos de más de 400 W pierden entre el 9 y el 15 %. Dentro del rango de trabajo especificado para la unidad, el porcentaje de pérdida varía con la carga.

Disponibilidad.

La disponibilidad de la instalación fotovoltaica es un factor clave, dado que una instalación fuera de servicio da lugar a graves pérdidas, afectando significativamente su rendimiento. El mantenimiento preventivo y correctivo de este tipo de instalaciones es importante para conseguir una alta disponibilidad. El rango de disponibilidad de una instalación bien mantenida tiene que estar por encima del 98% del tiempo total de insolación, o hasta incluso superior, para grandes instalaciones, y algo inferior para las pequeñas.

Anexos

Líneas eléctricas.

También se tiene que tener en cuenta si existen pérdidas por transformación de tensiones y de la línea eléctrica de conexión con la red (no se consideran en sí como pérdidas del sistema fotovoltaico). Utilizando materiales de alta calidad y un diseño correcto se pueden llegar a reducir considerablemente.

Rendimiento de una instalación fotovoltaica.

El objetivo que buscamos con el estudio del rendimiento de una instalación fotovoltaica es que la diferencia entre el rendimiento de entrada y el de salida sea mínima, lo que supondría disponer de un sistema con pocas pérdidas. Debe tenerse en cuenta que el rendimiento total del sistema fotovoltaico depende, principalmente, de otros factores de rendimiento entre los que destacan:

- el rendimiento de las células solares,
- el rendimiento del seguimiento del punto de máxima potencia,
- el rendimiento del inversor.

El rendimiento de las células solares oscila entre el 14% y 15.5%, según el tipo de célula empleada, el rendimiento de los sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia oscila entre el 93% y el 99%, y el de los inversores pueden alcanzar rendimientos entre el 90% y el 95%. A continuación, se estudian cada uno de los factores por separado, obteniendo como resultado final el rendimiento total de un sistema fotovoltaico.

Rendimiento de conversión.

Dado que estamos analizando parámetros eléctricos a la entrada del inversor, se prestará especial interés a los rendimientos proporcionados por la célula solar y por el seguidor del punto de máxima potencia.

El rendimiento de la célula solar (η_{cs}), conocido también como rendimiento de la conversión energética, relaciona la potencia eléctrica que puede entregar la célula (PM) y la potencia de la radiación incidente sobre ella (PR) de la siguiente forma:

$$\eta_{cs} = \frac{PM}{PR} = \frac{I_M * V_M}{PR} = \frac{FF * I_{cc} * V_{ca}}{PR}$$

I_M : Es la corriente máxima.

V_M : Es la tensión máxima.

Anexos

FF: Es el factor de forma.

I_{cc}: Es la corriente de cortocircuito.

V_{ca}: Es la tensión a circuito abierto.

Se puede llegar a la conclusión de que un aumento, tanto en la corriente de cortocircuito como en la tensión a circuito abierto, da como resultado un mayor rendimiento de conversión de la célula solar.

Rendimiento del punto de máxima potencia (MPPT)

Otro parámetro que cobra especial interés es el rendimiento del seguidor del punto de máxima potencia, pues describe la precisión del inversor para trabajar en dicho punto, de acuerdo con las curvas características del generador.

El rendimiento energético del MPPT (η_{MPPT}) se define como el cociente entre el valor instantáneo de la potencia suministrada, en un período de tiempo definido, y el valor instantáneo de potencia entregada en el MPP.

$$\eta_{MPPT} = \frac{P_{DC}}{P_{MPP}}$$

P_{DC}: Es la potencia medida y adoptada por el inversor.

P_{MPP}: Es la potencia establecida en el punto de máxima potencia (MPP).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que el rendimiento del MPPT puede dividirse en otros dos: el rendimiento estático y dinámico.

Rendimiento estático

Describe la precisión con que el inversor es capaz de trabajar en el punto de máxima potencia correspondiente a la curva característica estática del generador FV.

Rendimiento dinámico

Evalúa la transición del inversor al nuevo punto de máxima potencia, teniendo en cuenta las variaciones en la intensidad de irradiación.

Anexos

Rendimiento del inversor

El rendimiento del inversor se define como:

$$\eta_{MPPT} = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ENTRADA}}$$

Rendimiento total

El rendimiento total de un sistema fotovoltaico (η_{sfv}) viene definido como el producto de los rendimientos de la placa fotovoltaica, los seguidores del punto de máxima potencia y el inversor, como muestra la siguiente ecuación:

$$\eta_{sfv} = \eta_{cs} * \eta_{MPPT} * \eta_i$$

η_{sfv} : Es el rendimiento del sistema fotovoltaico, o rendimiento total.

η_{cs} : Es el rendimiento de la célula solar.

η_{MPPT} : Es el rendimiento del seguidor del punto de máxima potencia

η_i : Es el rendimiento proporcionado por el inversor.

Generalidades del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

El dimensionamiento del sistema FV consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía de los usuarios.

El sistema puede ser dimensionado de acuerdo al presupuesto y a las necesidades del propietario, y no tiene que suministrar el 100% de la energía necesaria.

Cuando se dimensiona son importantes las siguientes consideraciones:

- Presupuesto.
- Espacio disponible.
- Porcentaje de energía que se quiere generar con el arreglo fotovoltaico.
- Disponibilidad de créditos fiscales e incentivos.
- Financiamiento.
- Medición neta.

Anexos

- Regulaciones de la red del servicio público.

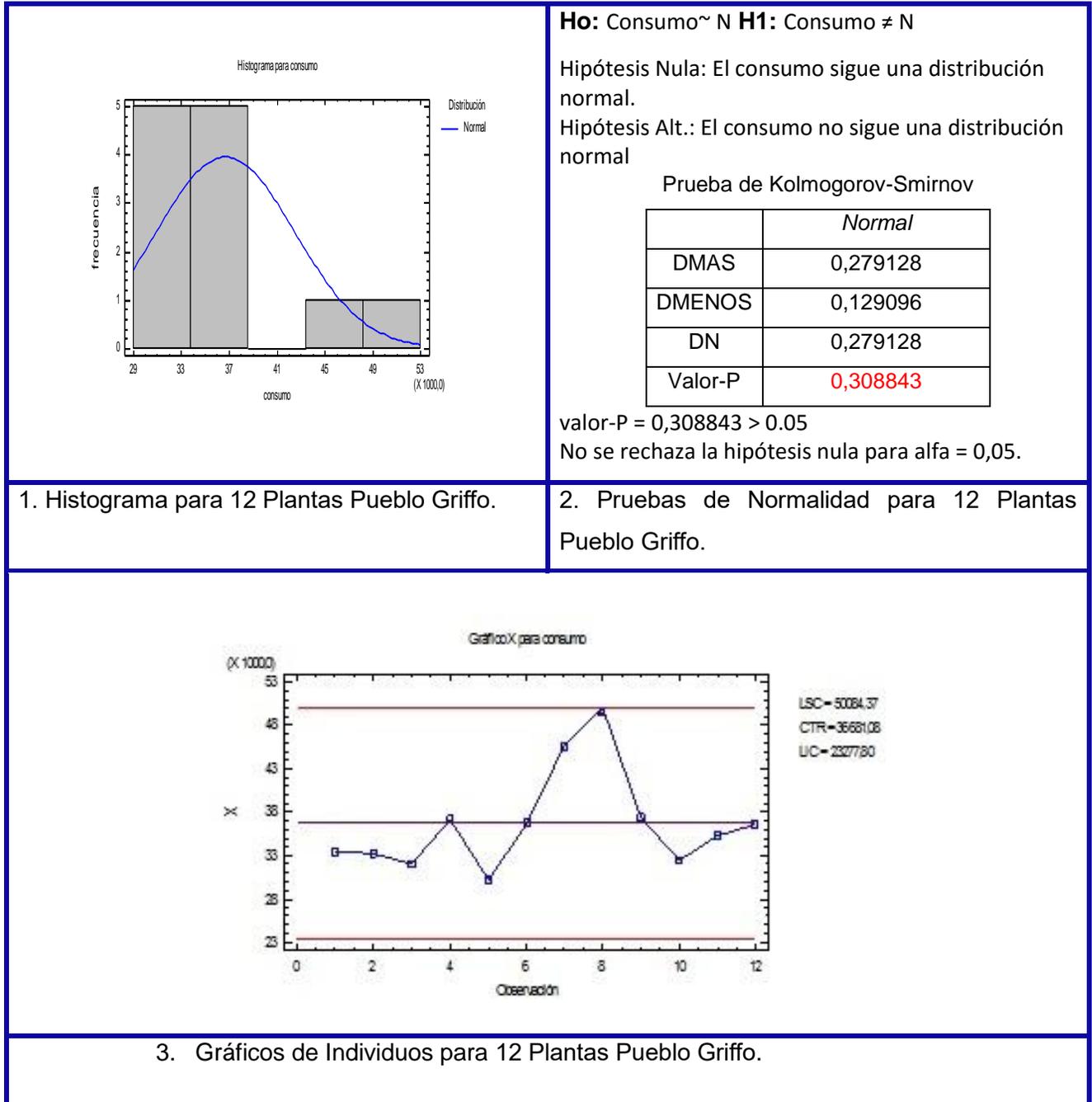
Debido a que un sistema es un conjunto de componentes, cada uno de ellos debe ser tan confiable, que no ponga en peligro al sistema. El método de dimensionamiento se fundamenta en el balance de energía:

Energía generada = Energía consumida + Pérdidas propias del sistema FV

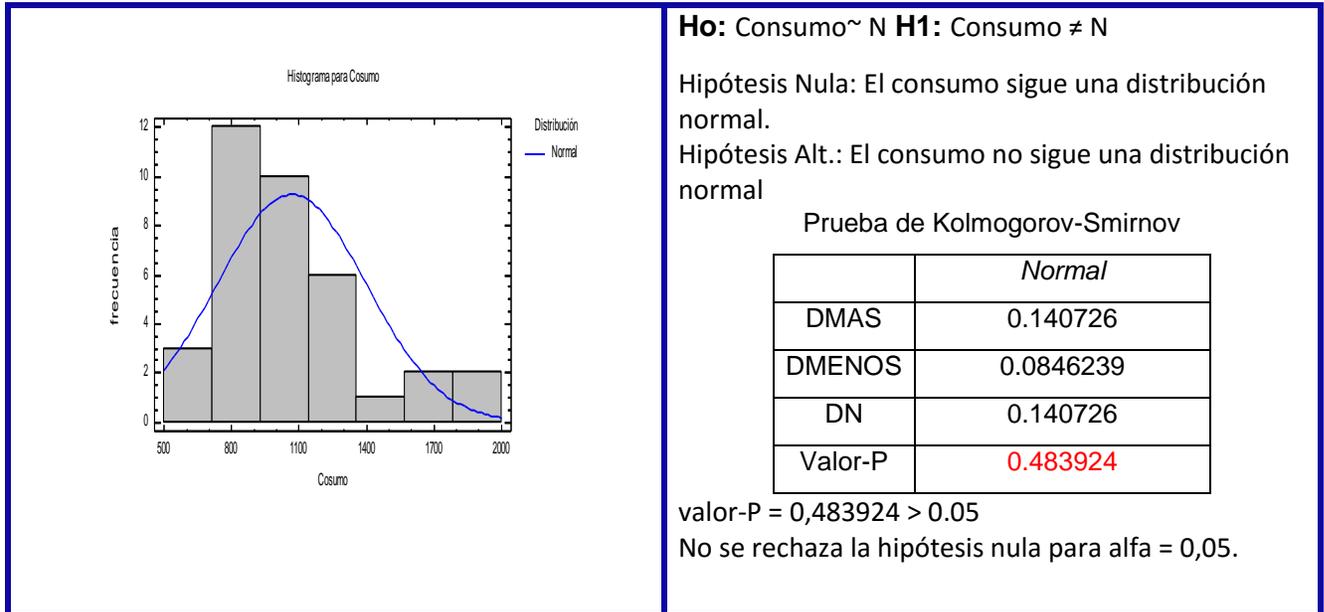
Anexo 15: Gráficos de salidas de normalidad, estabilidad y tendencia para los lugares objetos de estudio seleccionados en la investigación en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración Propia.

a) Edificio 12 Plantas Pueblo Griffó.

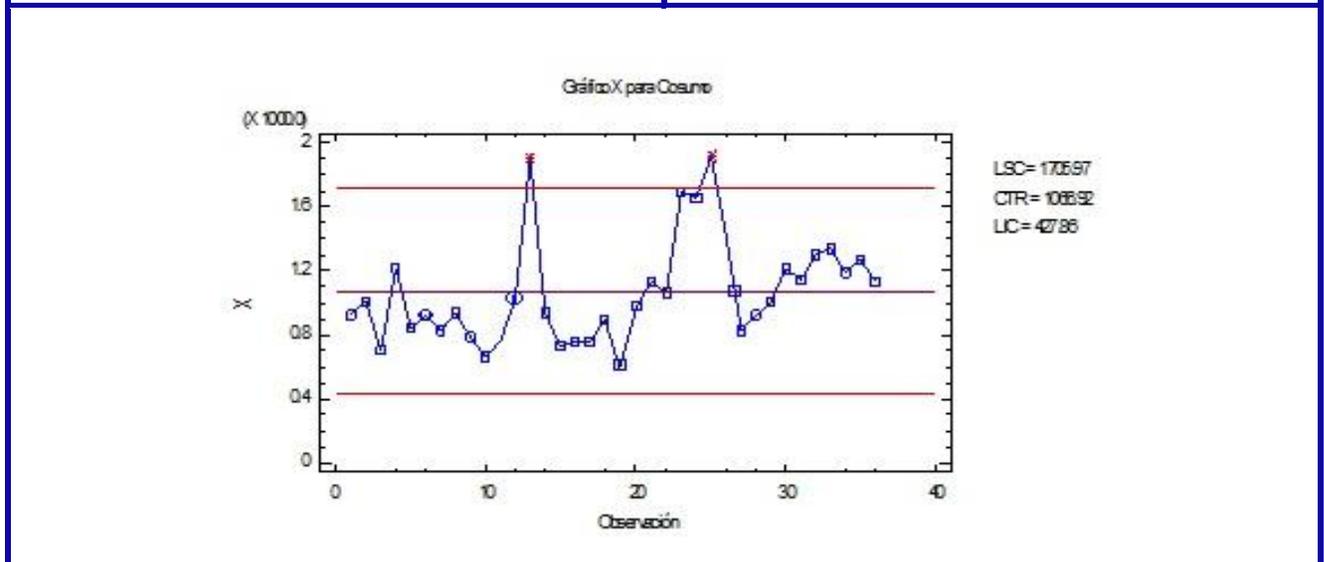


b) Hostal Ángel e Isabel



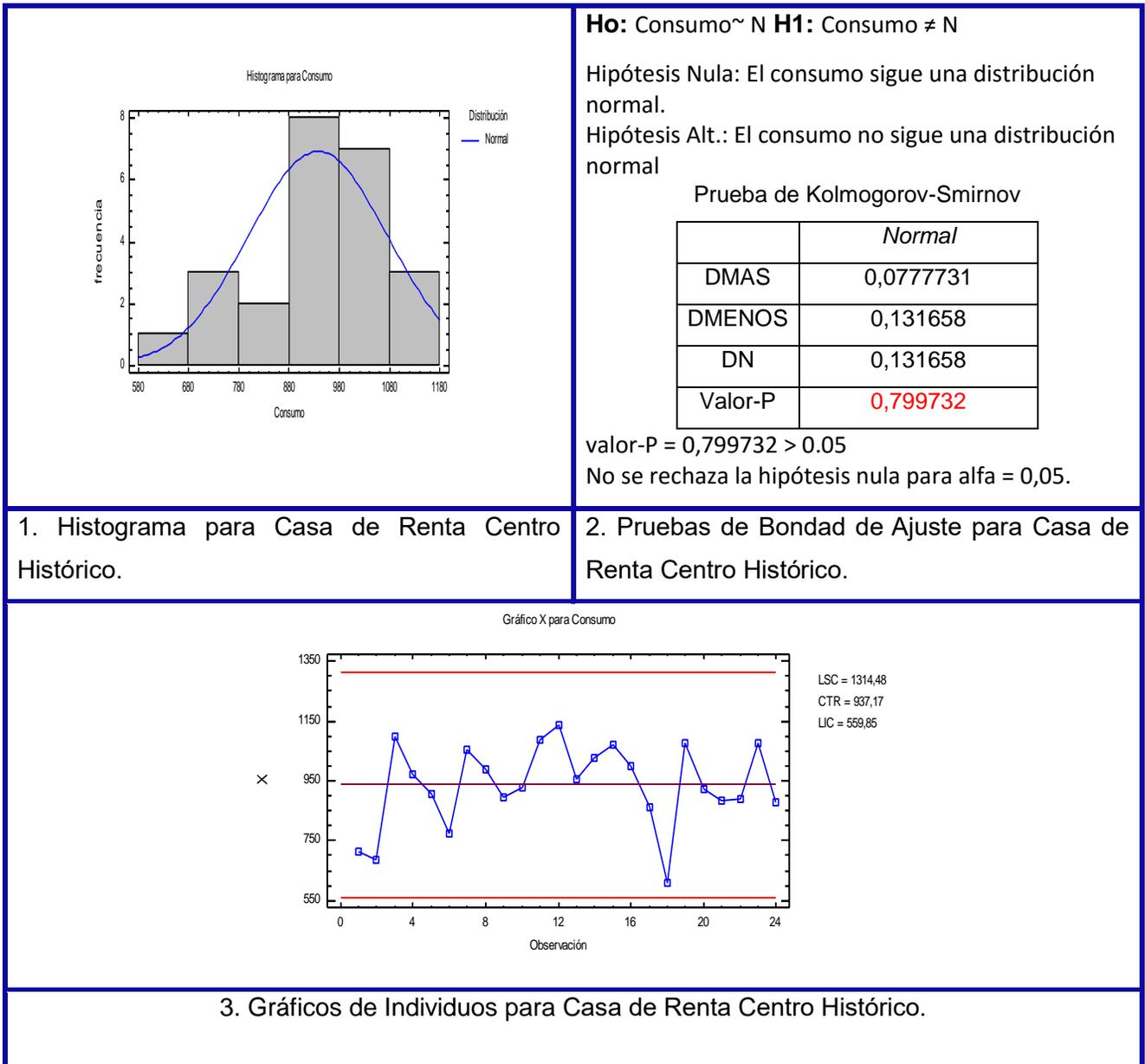
1. Histograma para Casa de Renta Punta Gorda.

2. Pruebas de Bondad de Ajuste para Casa de Renta Punta Gorda.



3. Gráficos de Individuos para Casa de Renta Punta Gorda.

c) Hostal La Lolita.



Anexo 16: Relación consumo de energía eléctrica e Irradiación solar para el año 2017.**Fuente:** Elaboración Propia.

a) 12 Planta CP Pueblo Grifo.

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m ² , día)	Consumo/Irradiación (m ²)
ene-17	33437	31	1078,612903	4,04	266,983392
feb-17	33211	28	1186,107143	5,06	234,408526
mar-17	31982	31	1031,677419	5,56	185,553493
abr-17	37201	30	1240,033333	6,12	202,619826
may-17	30136	31	972,1290323	5,97	162,835684
jun-17	36680	30	1222,666667	6,25	195,626667
jul-17	45646	31	1472,451613	6,64	221,754761
ago-17	50100	31	1616,129032	6,6	244,868035
sep-17	37470	30	1249	5,97	209,21273
oct-17	32432	31	1046,193548	5	209,23871
nov-17	35381	30	1179,366667	4,37	269,877956
dic-17	36497	31	1177,322581	3,63	324,331289
Total	440173	365			

b) Hostal Ángel e Isabel CP Punta Gorda

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m ² , día)	Consumo/Irradiación (m ²)
ene-17	1924	31	62,06451613	4,04	15,362504
feb-17	1419	28	50,67857143	5,06	10,015528
mar-17	830	31	26,77419355	5,56	4,81550244
abr-17	923	30	30,76666667	6,12	5,02723312
may-17	1007	31	32,48387097	5,97	5,44118442
jun-17	1219	30	40,63333333	6,25	6,50133333
jul-17	1140	31	36,77419355	6,64	5,53828216
ago-17	1297	31	41,83870968	6,6	6,33919844
sep-17	1334	30	44,46666667	5,97	7,44835288
oct-17	1190	31	38,38709677	5	7,67741935
nov-17	1273	30	42,43333333	4,37	9,71014493
dic-17	1136	31	36,64516129	3,63	10,0950858
Total	14692	365			

Anexos

c) Hostal La Lolita CP Centro Hostórico

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m ² , día)	Consumo/Irradiación (m ²)
ene-17	953	31	30,74193548	4,04	7,60938997
feb-17	1029	28	36,75	5,06	7,26284585
mar-17	1073	31	34,61290323	5,56	6,22534231
abr-17	1000	30	33,33333333	6,12	5,44662309
may-17	864	31	27,87096774	5,97	4,66850381
jun-17	610	30	20,33333333	6,25	3,25333333
jul-17	1079	31	34,80645161	6,64	5,24193548
ago-17	923	31	29,77419355	6,6	4,51124145
sep-17	882	30	29,4	5,97	4,92462312
oct-17	890	31	28,70967742	5	5,74193548
nov-17	1075	30	35,83333333	4,37	8,19984744
dic-17	877	31	28,29032258	3,63	7,79347729
Total	11255	365			

Anexo 17: Valores de Radiación Solar sobre Superficies con varias inclinaciones (kWh/m²).

Fuente: Empresa Eléctrica Provincial del Municipio de Cienfuegos.

Latitud:	21,30
Longitud:	-80,20

Valores de Radiación Solar sobre Superficies con varias inclinaciones (Kwh/m2)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Global Horiz.	4,11	5,06	5,56	6,56	6,39	6,36	6,54	6,37	5,85	5,13	4,16	3,88	5,49
Latitud	5,37	5,90	5,95	6,46	5,95	5,77	6,00	6,14	6,05	5,78	5,05	4,90	5,74
Global Norm.	6,77	7,29	7,30	8,09	7,64	7,44	7,74	7,69	7,36	7,03	6,24	6,16	7,19
Directa Norm.	5,70	6,03	5,86	6,44	5,88	5,63	5,95	6,00	5,84	5,71	5,13	5,14	5,73
45° Sur	5,81	6,03	5,67	5,63	4,87	4,59	4,82	5,22	5,56	5,76	5,36	5,37	5,34
15° Sur	5,00	5,66	5,90	6,57	6,16	6,03	6,24	6,28	6,05	5,62	4,82	4,63	5,72
Temperatura	26,7	27,3	28,2	29,2	30,8	30,8	31,6	31,7	31,1	30,0	28,9	28,0	29,4

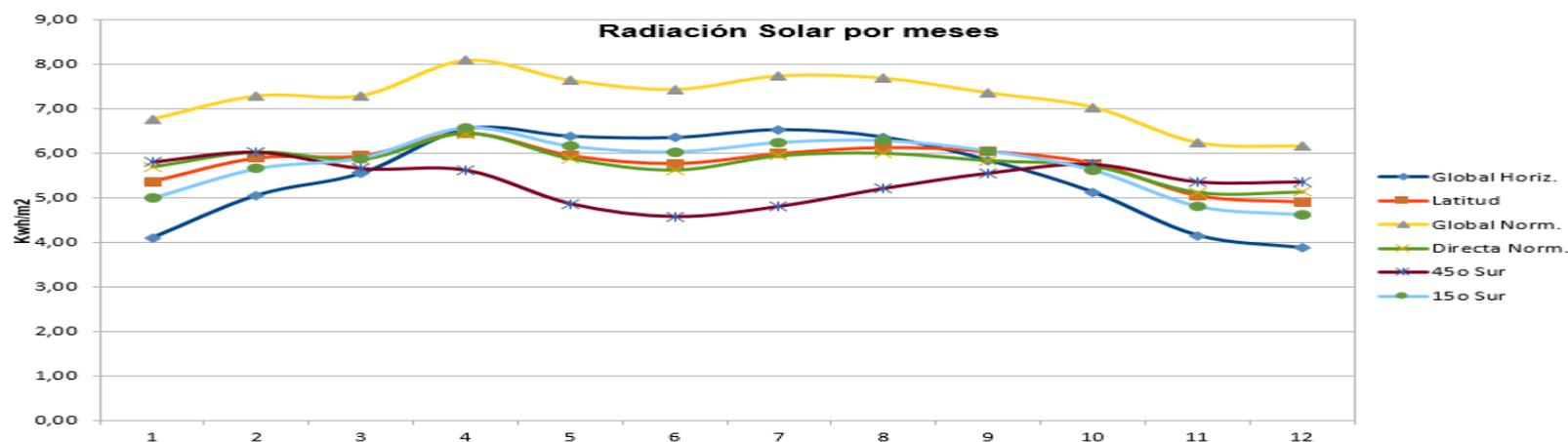


Figura: Radiación Solar por meses en el Municipio de Cienfuegos.

Anexo 18: Empresas que venden celdas fotovoltaicas.**Fuente:** Elaboración Propia.

Nombre de las Empresas	Tecnología de paneles	Series	Precio/Wp
Jiangsun Runda PV	Policristalino	RS250P(B)-60	€0.392/Wp
Luxen Solar Energy	Monocristalino	LNSF-335M-35	€0.384/WP
Dokio Solar	Monocristalino	DPS100-300M	€0.357/Wp
Resun Solar	Policristalino	RS6C-P	€0.269/Wp
Anhui Daheng Energy Technology	Monocristalino	DHM72	€0.381/Wp
Changzhou GS Energy and Tech	Monocristalino	GSM60	€0.473/Wp
Propsolar	Policristalino	PS-P660	€0.269/Wp
ECSOLAR	Policristalino	ECS-250-280P	€0.344/Wp
Sungold Solar	Monocristalino	SGSF-T-135W	€0.979/Wp
Hanover Solar	Monocristalino	HS320-345M-3	€0.357/WP
Eco Delta	Policristalino	ED95-100-105	€0.357/Wp
SunLink PV	Monocristalino	SL280-24M-32	€0.382/Wp
Sunrise	Monocristalino	M660 265-300	€0.318/Wp
Sunlife Solar	Monocristalino	SLS190-210M	€0.318/Wp
Leapton Solar	Policristalino	LP156*156-P	€0.286/Wp
Einnova Solarline	Policristalino	ESP255-270 4	€0.261/Wp
Evolve Energy Group	Policristalino	PD05 250-265	€0.435/Wp
Resun Solar	Policristalino	RS6C-P	€0.269/Wp
Einnova Solarline	Monocristalino	ESP265-280 4	€0.277/Wp
Eco Delta	Policristalino	ED95-100-105	€0.357/Wp

Anexos

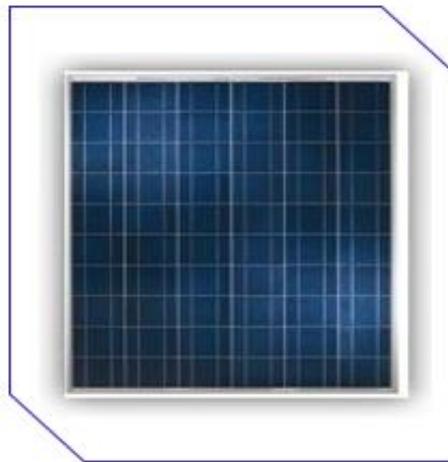
Luxen Solar Energy	Policristalino	LNSE-265P-28	€0.322/Wp
Changzhou GS Energy and Tech	Policristalino	GSP60-P	€0.343/Wp
Sunlife Solar	Policristalino	SLS140-160P	€0.286/Wp
Evolve Energy Group	Monocristalino	LG325-335N1C	€0.435/Wp
Anhui Daheng Energy Technology	Policristalino	DHP72	€0.392/Wp
Leapton Solar	Monocristalino	LP156*156-M	€0.294/Wp
ECSOLAR	Monocristalino	ECS-260-290M	€0.357/Wp

Anexo 19: Datos técnicos del módulo fotovoltaico DMS 240P-CS.

Fuente: Elaboración Propia a partir de González, (2016).

- Módulo formado por 48 células solares policristalinas con muy alta eficiencia.
- Dimensiones: 1324 mm x 982 mm x 40 mm. Peso: 16 kg

Potencia pico	240 Wp
Eficiencia	14,7 %
Tensión a Pmax (Vmpp)	23,7Vcd
Tensión a circuito abierto (Voc)	29,4Vcd
Corriente a Pmax (Impp)	7,82 A
Corriente de cortocircuito (Icc)	8,39 A
Tensión máxima por cadena (10 °C)	792 Vcd
Tensión máxima soportada por el sistema	1 000Vcd
Cantidad de módulos por cadena	20 unidades



El arreglo de celdas solares se encuentra encapsulado en el interior de dos láminas de EVA (Etilen Vinil Acetato), insertado a la vez entre un vidrio templado de un espesor de 3,2mm por la parte frontal y por el dorso una lámina multicapas con excelentes propiedades eléctricas químicas y mecánicas, la cual garantiza la protección del módulo y una adherencia perfecta con el EVA.

Las pérdidas de potencia de salida de los módulos fotovoltaicos se mantendrán en:

Anexos

5. 10% a lo largo de 10 años
6. 20% a lo largo de 25 años

La empresa ofrece 10 años de garantía contra defectos de fabricación.

Los módulos DSM cumplen con todos los requerimientos establecidos en las normas internacionales:

- IEC 61215-Edición 2: "Calificación de diseño y aprobación de tipo para módulos fotovoltaicos de Silicio cristalino para aplicaciones terrestres"
- Clase de protección II

Descripción del equipamiento tecnológico

- Módulos fotovoltaicos de silicio (policristalino) con potencia de 240Wp y tolerancia no mayor de 3%.
- Conexiones entre módulos – Mediante cables del tipo Multi-contact para garantizar rápida instalación con máxima fiabilidad y durabilidad de las conexiones.
- Inversores Sunny Tripower 17 000TL, de potencia 17kW, fabricante SMA.

Anexo 20: Aplicación de la metodología para edificios conectados en los CP de Punta Gorda y Centro Histórico. **Fuente:** Elaboración propia.

Anexo 20a Punta Gorda

El Hostal Ángel e Isabel se encuentra ubicado en la calle 35 No. 24 entre litoral y 0, Punta Gorda, Cienfuegos y cuenta con 3 habitaciones.

Análisis del consumo de energía eléctrica: período 2015-2017 (ver Anexo 15b).

- Normalidad

Al comparar los resultados obtenidos en el análisis de normalidad que se muestran en Anexo 15b se determina que el consumo del Hostal Ángel e Isabel posee una distribución normal para un 95% de confianza al no poder rechazar la hipótesis nula debido que el valor-p es mayor que 0.05.

- Estabilidad

$$St = \frac{2}{36} * 100 = 5.55556 \%$$

De aquí se concluye que los datos del consumo de energía eléctrica para el hostal tienen una estabilidad mala pues el valor es superior al 5%, por lo que se infiere además que el consumo energético de los tres períodos presenta variaciones notables debido a que como es una casa de renta existen meses donde la casa acoge mayor número de extranjeros (temporada alta) y otros donde disminuye este número (temporada baja) por lo que el consumo de energía eléctrica fluctúa.

- Tendencia

El gráfico de individuos muestra que existen 2 puntos fuera de los límites de control debido a la fluctuación de la cual se hace alusión con anterioridad. Además, el histograma evidencia que el consumo del hostal tiende a estar en su mayoría entre los 800 y 1100 kWh.

1. Cálculo del consumo de energía

En el Hostal Ángel e Isabel el mes de enero presenta los valores máximos de consumo/irradiación como se puede evidenciar en el Anexo 16b.

2. Cálculos empleados en el diseño de la propuesta

$$\eta = 0,85 \times 0,15 = 0,128 \times 100 = 12,8\%$$

Luego se puede obtener la energía útil que puede ser convertida o aprovechada (E):

$$E = \eta \times \text{Irradiación} = 0.128 \times 4.04 = 0.51712$$

$$\text{Superficie} = (\text{Consumo/día}) / E = 62.06451613 \text{ kW/h} / 0.51712 = 120 \text{ m}^2$$

Según los cálculos para una demanda de 62.06451613 kW/h son necesarios 120 m², sin embargo, la terraza (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 60 m² y propuesto por el propietario solo se utilizará 20 m², por lo que para calcular la cantidad de módulos a emplear será sobre esta base.

Para realizar el proyecto se utiliza una parte de la terraza del hostel, cuyas dimensiones son de 5m de largo (L_T) x 4m de ancho (A_T) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L_M) x 982 mm (A_M) x 40 mm, de ahí se obtiene que:

$$\text{Propuesta 1: } L_T/A_M = 5/0,982 = 5,09 \sim 5 \quad A_T/L_M = 4/1,324 = 3,02 \sim 3$$

$$\text{Módulo} = 5 \times 3 = 15 \text{ módulos}$$

$$\text{Propuesta 2: } L_T/L_M = 5/1,324 = 3,78 \sim 3 \quad A_T/A_M = 4/0,982 = 4,07 \sim 4$$

$$\text{Módulo} = 3 \times 4 = 12 \text{ módulos}$$

Se decide apostar por la propuesta número 1 pues el área se aprovecha de manera más eficiente debido a que se puede instalar un mayor número de módulos. Por tanto, la potencia fotovoltaica total del arreglo debe ser de $15 \times 240W = 3600 \text{ Wp} = 3,6 \text{ kWp}$. El Anexo 21 muestra la vista superior de la propuesta del proyecto del hostel Ángel e Isabel.

3. Análisis económico preliminar de la propuesta

- Propuesta preliminar de los costos

Por concepto de costo se tiene que un módulo de 240Wp tiene un precio de 206,4 cuc/u por lo que el costo de los 15 módulos necesarios para la propuesta es de 3096 cuc. Cabe resaltar que aún falta el costo de los restantes elementos a tener en cuenta en la instalación de paneles fotovoltaicos.

$$Ge = 3,6 \text{ kWp} \times 365 \text{ días} \times 5,43416667 \times 0,95 \times 0,78 = 5291 \text{ kWh.}$$

La energía total promedio consumida en el año 2017 por el Hostal Ángel e Isabel es de 14692 kWh.

$$\% \text{ de ahorro} = \frac{5291}{14692} * 100 = 36 \%$$

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 36% de la energía consumida al año lo que equivale en petróleo una reserva de 2,31 toneladas, lo que monetariamente se traduce a 1 077, 94 pesos por generación de energía eléctrica cada año y un ahorro por petróleo no consumido de 1 150,77 USD.

Anexo 20b Centro Histórico

El Hostal La Lolita se encuentra ubicado en la avenida 52 No. 3711 entre 37 y 39, Centro Histórico, Cienfuegos y cuenta con 4 habitaciones.

Análisis del consumo de energía eléctrica: período 2016 - 2017 (ver Anexo 15c).

- Normalidad

Al comparar los resultados obtenidos en el análisis de normalidad se determina que La Lolita tiene un comportamiento muy similar al Hostal Ángel e Isabel según se evidencia en el Anexo 15c.

- Estabilidad

$$St = \frac{0}{36} * 100 = 0\%$$

Los datos del consumo de energía eléctrica para el hostal tienen buena estabilidad pues el valor de esta es 0 y se encuentra dentro del rango de 0 – 2%, por lo que se infiere además que el consumo energético en los períodos analizados no ha presentado variaciones notables.

- Tendencia

El gráfico de individuos muestra que no existen puntos fuera de los límites de control y no hay presencia de patrones por lo que se determina que los períodos de temporada baja y alta para este hostel no se evidencian de forma tan marcada como para el analizado con anterioridad, pero aun así el consumo de energía eléctrica no se comporta de manera constante. El histograma evidencia que el consumo del hostel tiende a estar en su mayoría entre los 800 y 1080 kWh.

1. Cálculo del consumo de energía

El Hostel La Lolita presenta los valores máximos de consumo/irradiación en el mes de noviembre como se puede ver en el Anexo 16c.

2. Cálculos empleados en el diseño de la propuesta

$$\eta = 0,85 \times 0,15 = 0,128 \times 100 = 12,8\%$$

Siendo la energía útil que puede ser convertida o aprovechada (E):

$$E = \eta \times \text{Irradiación} = 0.128 * 4.37 = 0,55936$$

$$\text{Superficie} = (\text{Consumo/día}) / E = 35,83333333 \text{ kW/h} / 0,55936 = 64,06 \text{ m}^2 \sim 65 \text{ m}^2$$

Según los cálculos para una demanda de 35,83333333 kW/h son necesarios aproximadamente 65 m², la azotea (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 182 m² y propuesto por el propietario solo se utilizará 30 m², por lo que para calcular la cantidad de módulos a emplear será sobre esta base.

Para realizar el proyecto se utiliza una parte de la azotea del hostel, cuyas dimensiones son de 10m de largo (L_A) x 3m de ancho (A_A) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L_M) x 982 mm (A_M) x 40 mm, de ahí se obtiene que:

$$\text{Propuesta 1: } L_A/A_M = 10/0,982 = 10,183 \sim 10 \quad A_A/L_M = 3/1,324 = 2,266 \sim 2$$

$$\text{Módulo} = 10 * 2 = 20 \text{ módulos}$$

$$\text{Propuesta 2: } L_A/L_M = 10/1,324 = 7,553 \sim 7 \quad A_A/A_M = 3/0,982 = 3,055 \sim 3$$

$$\text{Módulo} = 7 * 3 = 21 \text{ módulos}$$

Se decide apostar por la propuesta número 2 pues el área se aprovecha de manera más eficiente ya que permite la instalación de un mayor número de módulos con respecto a la propuesta número 1. Por tanto, la potencia fotovoltaica total del arreglo debe ser de $21 \times 240\text{W} = 5040 \text{ Wp} = 5,04 \text{ kWp}$. El Anexo 20 muestra la vista superior de la propuesta del proyecto en el Hostal La Lolita.

La conexión de los paneles que componen el generador fotovoltaico será la siguiente: 3 ramales conectados en paralelo compuestos por 7 paneles cada uno conectados en serie.

3. Análisis económico preliminar de la propuesta

- Propuesta preliminar de los costos

Por concepto de costo se tiene que un módulo de 240Wp tiene un precio de 206,4 cuc/u por lo que el costo de los 21 módulos necesarios para la propuesta es de 4334,4 cuc. Cabe resaltar que aún falta el costo de los restantes elementos a tener en cuenta en la instalación de paneles fotovoltaicos.

$$G_e = 5,04 \text{ kWp} \times 365 \text{ días} \times 5,43416667 \times 0,95 \times 0,78 = 7408 \text{ kWh.}$$

La energía total promedio consumida en el año 2017 por el Hostal La Lolita es de 11255 kWh.

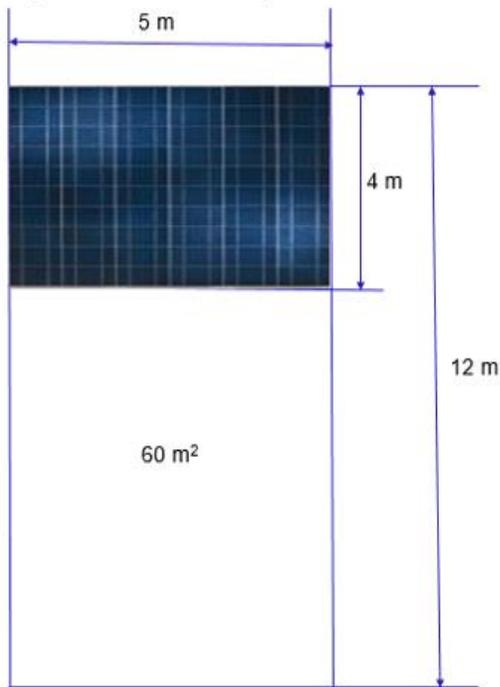
$$\% \text{ de ahorro} = \frac{7408}{11255} * 100 = 65,82\%$$

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 65,82% de la energía consumida al año siendo esto equivale a una reserva de 3,24 toneladas de petróleo al año ahorrándole al país 1 509,21 pesos anualmente por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 1 614,07 USD.

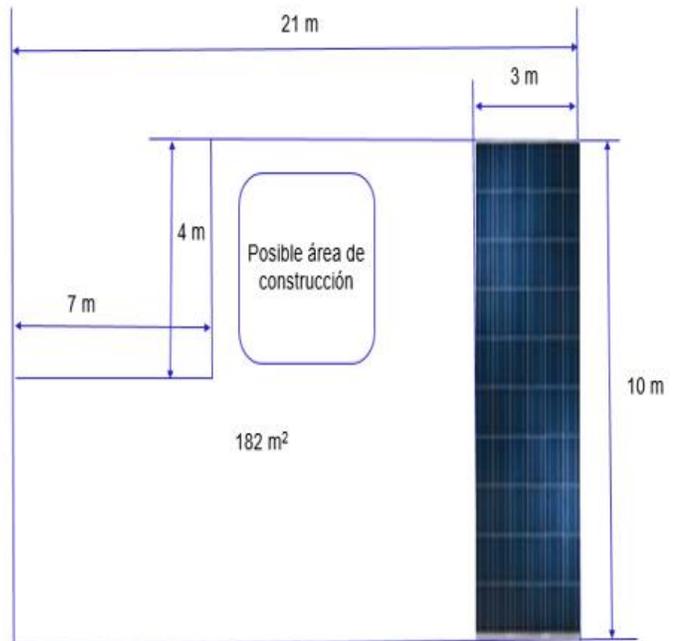
Anexo 21: Vista superior de la azotea y techos del Hostal Ángel e Isabel, La Lolita y el Edificio 12 Plantas, respectivamente.

Fuente: Elaboración Propia.

Propuesta 1 Hostal Ángel e Isabel



Propuesta 2 Hostal La Lolita



Anexo 22: Definiciones metodológicas de los principales indicadores para el manejo de los RSU.

Fuente: Elaboración propia

Indicador	Descripción
Área total de calles existentes	Constituye el área total de calles que existen, con condiciones o sin condiciones para ser barridas.
Área de calles aptas para barrer	Constituye el área total de calles que, por sus condiciones (asfaltadas y con contenes), se haya determinado por los organismos competentes que están aptas para barrer, independientemente que se les preste el servicio o no.
Área de calles barridas	Comprende el área total de calles a las que se le prestó el servicio de barrido, ya sea manual o mecánico.
Volumen total de desechos sólidos recolectados	Constituye el total de basura recolectada de las viviendas, establecimientos, organismos, escuelas, etc., incluyendo el saneamiento
Total de vertederos	Total de vertederos existentes en el territorio, ya sean a cielo abierto o con relleno sanitario.

Anexo 23: Indicadores para el manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos.**Fuente:** (ONEI, 2016).

Indicadores	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área total de calles existentes	Mm ²	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2
Área total de calles aptas para barrer	Mm ²	620	640	640	620	620	640,0
Área de calles barridas	Mm ²	330 825,0	330 447,4	330 069,8	344 444,7	334630,6	341 671,6
Total de vertederos	U	6	6	6	6	6	6
De ello: Con tratamiento sanitario	U	5	5	5	6	5	5
Volumen total desechos sólidos recolectados	Mm ³	265,9	225,7	233,6	258,0	266,0	270,3

Anexo 24: Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMFE). **Fuente:** Elaboración propia

No	Entradas	Modos de fallos	Efectos de fallo	Sev.	Causas potenciales	OCC	Acciones de mejora	DET.	RPN
1	Equipos de recolección	Recogida ineficiente de los RSU en los CP	Insatisfacción social	5	Insuficientes equipos para la recolección de los RSU	10	Gestionar financiamiento para la adquisición de nuevos equipos para la recogida de RSU en el municipio	7	350
			Contaminación ambiental en los CP	6		10		8	480
2	Volumen de RSU municipal	Aumento de volumen RSU	Contaminación ambiental en los CP	6	Insuficiente tratamiento de los RSU.	10	Propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de las RSU municipales	9	540
			Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8					720
		No se clasifica en el sector residencial los RSU	Mezcla de RSU orgánicos e inorgánicos	10					900
			Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8					720

Anexo 25: Generación de RSU de la provincia de Cienfuegos en 2017.**Fuente:** (ONEI, 2018).**2.47 - Volumen de desechos sólidos recolectados por provincias**
Volume of solid wastes collected in every province

CUBA/PROVINCIAS	Miles de metros cúbicos					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cuba	27 817,4	26 521,0	27 609,4	27 619,8	28 045,4	28 571,9
Matanzas	1 481,8	2 063,0	1 215,8	1 053,8	1 079,0	1 047,7
Villa Clara	1 343,0	1 415,5	1 273,6	1 253,2	1 288,4	1 345,5
Cienfuegos	810,0	752,0	828,4	877,8	877,8	998,0
Sancti Spíritus	1 284,1	1 232,1	1 288,3	1 100,3	1 144,8	1 232,1
Ciego de Ávila	752,5	810,8	915,7	969,4	969,4	1 222,0

Anexo 26: Índice de la relación volumen de RSU/población en el municipio de Cienfuegos.**Fuente:** Elaboración propia.

	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
RSU	Mm ³	265.9	225.7	233,6	258	266	270.3	268	318
Población	U	172 013	170 420	172 055	173 453	174 478	174 769	176 244	177 113
Índice	Mm ³ /hab	0.0015458	0.0013244	0.0013577	0.0014874	0.0015245	0.0015466	0.0015206	0.00179546
Índice	m ³ /hab	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7

Anexo 27: Clasificación detallada de los componentes de los residuos sólidos domiciliarios.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo	Características
1. Materia Orgánica	Restos putrescibles como los restos de animales y vegetales, provenientes generalmente de la cocina tales como cáscara de frutas entre otros
2. Madera, Follaje	Ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas productos del clima y las podas.
3. Papel	Papel blanco tipo bon, papel periódico, otros.
4. Cartón	Cajas gruesas o delgadas
5. Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, vidrio de ventanas.
6. Plástico PET	Botellas de bebidas y gaseosas.
7. Plástico duro	Frascos, bateas, otros recipientes.
8. Bolsas	Envoltura de golosinas y bolsas plásticas
9. Tecno por y similares	Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
10. Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero
11. Telas, Textiles	Se refiere a restos de tela y algodón
12. Caucho, cuero, jebe	
13. Pilas y Baterías	
14. Restos de medicina	Focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares
15. Residuos sanitarios	Papel higiénico, pañales y toallas higiénicas
16. Residuos inertes	Tierra, piedras y similares.
17. Otros (especificar)	Debe procurarse identificar sus componentes.

Anexo 28: Clasificación de los tratamientos de RSU.

Fuente: Elaboración propia.

Algunas clasificaciones de los tratamientos de RSU, con una breve descripción de en qué consiste cada tratamiento se muestra a continuación.

1. Tratamiento Mecánico-Biológico: El Tratamiento Mecánico-Biológico es una tecnología de pre-tratamiento de los residuos sólidos y de manejo especial.
2. Arco de plasma por gasificación: La gasificación por plasma es una tecnología de tratamiento de residuos que utiliza energía eléctrica de alta temperatura, creada por un gasificador de arco eléctrico.
3. Proceso de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente: Es una tecnología que se denomina reactor UASB por sus siglas en inglés (Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket), que es una forma de digestor anaerobio que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales.
4. Fijación química y solidificación de residuos peligrosos: La estabilización y solidificación tienen como objetivo inmovilizar los componentes tóxicos de los residuos peligrosos, para prevenir la lixiviación de los residuos una vez eliminados.
5. Autoclave de residuos sólidos urbanos: Una autoclave de los residuos es una forma de tratamiento de residuos sólidos que utiliza el calor, vapor y la presión de una autoclave industrial en el tratamiento de los residuos.
6. Proceso de oxidación térmica: El proceso, basado en la oxidación térmica y gasificación de residuos, es un método puntero en la reducción de residuos médicos, industriales y municipales, desde su forma original de depósito hasta conseguir un pequeño volumen
7. Operación del sistema TOPS: El proceso comprende una primera etapa de combustión, donde el desecho se quema en una dirección arriba a abajo.
8. Vitrificación: La vitrificación es el proceso de conversión de un material en un sólido amorfo similar al vidrio, carente de toda estructura cristalina.
9. Biodrying: Es el proceso por el cual los residuos biodegradables se calientan rápidamente a través de las etapas iniciales de compostaje para eliminar la humedad de un flujo de residuos y por lo tanto reducir su peso total.
10. Gasificación: La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (residuo orgánico) es transformado en un gas combustible de bajo poder calorífico, mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua).

11. Separación (manual o mecanizada): Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización.
12. Trituración: Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte.
13. Compactación: Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos.
14. Composteo: Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos municipales que, generalmente, representa el 40-60% del volumen total.
15. Digestión Anaerobia: Es el proceso natural por el cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios.
16. Hidrólisis: Proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas.
17. Oxidación: Esta tecnología está basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito de Calcio para oxidar la materia orgánica.
18. Incineración: Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (municipales). La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1,200 [KCal/Kg].
19. Pirólisis: Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etc.
20. Microondas: La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas.
21. Esterilización: Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos.

Anexo 29: Proceso Analítico Jerárquico.

Fuente: Prada (2016).

Este método lo desarrolló el matemático Thomas L. Saaty en 1980. Es una metodología fundamentada matemáticamente que tiene en cuenta elementos cuantitativos y cualitativos en la solución de un problema.

El AHP se ha constituido como una herramienta de soporte para las decisiones, que permite estructurar de forma adecuada procesos de toma de decisiones complejas, incorpora conceptos y técnicas existentes, pero que no han sido asociadas entre sí, como: las estructuras de complejidad jerárquica, las comparaciones por pares, los juicios redundantes y los métodos de valores propios para obtener pesos y medir consistencias (Saaty, 2001).

Se fundamenta en:

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de meta, criterios, subcriterios y alternativas)
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico
- Comparaciones binarias entre los elementos
- Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados
- Síntesis
- Análisis de sensibilidad

Utiliza comparaciones entre pares de elementos, construye matrices a partir de estas comparaciones, y emplea elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a otro del nivel inmediato superior (Osorio y Orjuela, 2008).

Establecimiento de Prioridades con el AHP. El AHP, solicita, a quien toma las decisiones, señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya cada criterio. Según la información sobre la importancia relativa y las preferencias, se utiliza el proceso matemático denominado síntesis, para resumir la información y proporcionar una jerarquización de prioridades de las alternativas, en términos de preferencia global (Toskano, 2005).

Comparación por Pares. Para estas comparaciones se manejan escalas de razón, propuesta por Saaty (1980), en términos de preferencia, importancia o probabilidad, que van desde 1 hasta 9.

Matriz de Comparación por Pares. Se construyen las llamadas matrices de comparación por pares en las que se colocan los elementos en filas y columnas y se evalúan de acuerdo a la escala propuesta. Sea **A** una matriz $n \times n$. Sea a_{ij} el elemento (i, j) de **A**, para $i = 1, 2, \dots, n$, y, $j = 1, 2, \dots, n$. Decimos que **A** es una matriz de comparaciones pareadas de n alternativas, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en el renglón i cuando se le compara con la alternativa de la columna j . Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, pues se compara la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además se cumple que: $a_{ij} * a_{ji} = 1$; es decir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Síntesis. Este paso asume como objetivo la producción de un vector de pesos compuesto. En él se agregan todos los pesos relativos resultado de la matriz anterior, con el fin de determinar un rango de decisión que permite alcanzar el objetivo principal (Guerrero, 2002). El procedimiento para sintetizar los juicios se puede resumir en los siguientes pasos:

- Paso 1. Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones.
- Paso 2. Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna, a la matriz resultante se le denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.

Paso 3. Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos comparados.

Matriz de Prioridades. Se consideran las prioridades de cada criterio en términos de la meta global:

$$\begin{array}{c}
 \text{Meta} \\
 \text{Global} \\
 \text{Criterio 1} \\
 \text{Criterio 2} \\
 \dots \\
 \text{Criterio } m
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{bmatrix}$$

Donde m es el número de criterios y P'_i es la prioridad del criterio i con respecto a la meta global, para $i = 1, 2, \dots, m$.

Se denomina matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para m criterios y n alternativas se tiene:

$$\begin{array}{c}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } n
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{Criterio 1} & \text{Criterio 2} & \dots & \text{Criterio } m \\
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{bmatrix}$$

Donde P_{ij} es la prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j , para $i = 1, 2, \dots, n$; y $j = 1, 2, \dots, m$.

La prioridad global para cada alternativa de decisión se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{bmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 P_{g1} \\
 P_{g2} \\
 \dots \\
 P_{gn}
 \end{bmatrix}$$

Donde P_{gi} es la prioridad global (respecto a la meta global) de la alternativa i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Consistencia lógica. El AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el tomador de decisiones. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y posiblemente modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

La consistencia implica lo siguiente:

Transitividad de las preferencias: Si C1 es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3.

Proporcionalidad de las preferencias: Si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

El AHP calcula la relación de consistencia **RC** como el cociente entre el índice de consistencia y el índice de consistencia aleatorio.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad \text{Donde } IC \text{ es el índice de consistencia y se calcula como sigue:} \quad IC = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

El λ se calcula mediante el siguiente procedimiento:

1. En la matriz de comparación por pares se multiplica cada uno de los valores por la prioridad relativa del primer elemento considerado; se multiplica cada valor de la segunda columna por la prioridad relativa del segundo elemento y así cada columna por el elemento correspondiente. Se suman los valores ubicados a lo largo de los renglones para obtener un vector de valores conocido como suma ponderada.
2. Se dividen los elementos del vector de sumas ponderadas obtenidas en el paso 1, entre el valor de prioridad correspondiente.
- 3- Se calcula la media de los valores encontrados en el paso 2; esta se identificará como λ .

IA es el índice de consistencia aleatoria, el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. Se puede mostrar que el **IA** depende del número de elementos que se comparan y asume los siguientes valores:

Índice aleatorio (Saaty, 2001)

N° de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio de consistencia (IA)	0.00	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Se calcula la relación de consistencia **RC**. Este cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 señalan juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10, o menos, son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

Anexo 30: Criterios de selección. **Fuente:** (Prada, 2016; Bleda, 2017).

1- Criterio medioambiental

Engloba cualquier cambio, tanto positivo como negativo, en la tierra, los ecosistemas y la salud pública como consecuencia de una gestión de residuos deficiente y tiene en cuenta 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 de refiere, es que ella misma es la productora de los mismos, estando la fase de producción 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

Uno de los criterios más relevantes, abarcando 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:

Anexos

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

Anexo 31: Propuesta de potencialidades y barreras del municipio relacionadas con la sostenibilidad energética local.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Grupo de Proyectos del CAM.

Potencialidades	Barreras
Existencia de una bahía de 88 km ² y 115 km de costas.	Deterioro de la tecnología existente en las redes eléctricas y 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 a ser utilizadas.	Existencia de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante los efectos del cambio climático, la 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, así como el 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, abarcando 3 municipios y 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.