



**Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”**  
**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (FCEE)**  
**Departamento de Ingeniería Industrial**

## **Trabajo De Diploma**

**Título:**

**Incorporación de las potencialidades energéticas municipales en el desarrollo local al municipio de Cienfuegos. Caso estudio energía solar en el sector residencial.**

**Autoras:**

**-Iliani Yamila Bereau Sarria**  
**-Denise López Martínez**

**Tutores:**

**-MSc. Jenny Correa Soto**  
**-Ing. Sandra Rodríguez Figueredo**  
**-Ing. Rafael Alejandro Fundora Díaz**

**Cienfuegos, 2018**



*Pensamiento*

*“Toda obra grande, en arte como en la ciencia,  
es el resultado de una gran pasión puesta  
al servicio de una gran idea”*

*S. Ramón y Cajal.*



*Dedicatoria*

## *Dedicatoria*

*Este maravilloso sueño que por fin hoy se convierte en realidad, resulta indispensable dedicárselo a todas aquellas personas q me han brindado su ayuda y apoyo incondicional durante esta etapa, las cuales son:*

- *Mis padres por haber estado siempre presentes desde que nací, pendientes de lo que me hacía falta, dedicándome todo su amor, comprensión, atenciones, cuidados, desvelos y porque sé que están muy orgullosos de su niña.*
- *Mi hermano por ser un gran ejemplo para mí y estar siempre a mi lado apoyándome en las buenas y en las malas.*
- *Mi tío David por el cual hoy estoy aquí cumpliendo uno de los sueños más grandes de mi vida pues me motivó a ello y ha estado siempre pendiente de cada uno de mis pasos para convertirme en la persona que soy, además porque este ha sido su sueño también.*
- *Mis tías por haber ser mis segundas madres y por darme ánimos constantemente.*
- *Mis primos y primas por todo su cariño.*
- *Mi esposo por llegar a mi vida en el momento ideal y ser un pilar fundamental durante esta última etapa.*
- *Mis amigos más cercanos por estar siempre a mi lado cuando los he necesitado.*

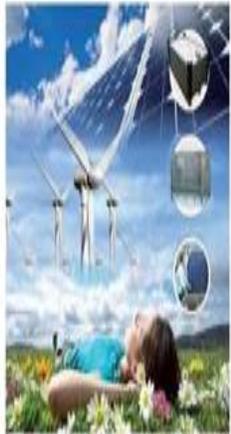
*A todas estas personas les dedico mi sueño materializado porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, los quiero mucho.*

*Yamila*

*Dedico esta tesis a toda mi familia y amigos que siempre me acompañan en las buenas y en las malas, en especial:*

- *A mis padres por estar siempre para mí, ser mis guías y darme todos mis gustos a pesar de mis caprichos de niña pequeña.*
- *A mi hermana por ser mi referente para enfrentarme a la vida, siempre darme buenos consejos y sobre todo, darme todo el amor del mundo.*
- *A mi novio por ser además de mi novio mi amigo, por brindarme su amor y apoyo y saber estar para mí en todo momento.*
- *Al resto de mi familia que aunque no la mencione toda, saben que son parte importante de mí porque gracias a todos soy una mejor persona el día de hoy.*

*Denise*



*Agradecimientos*

## *Agradecimientos*

*La realización de este hermoso sueño fue posible gracias a:*

- *Mis padres y mi hermano por ser los mejores del mundo, por educarme de la mejor manera, por su amor y dedicación, también por algún que otro regaño para enseñarme a ser alguien mejor, por creer en mí, por complacerme en todo lo que les fue posible, por su ayuda y apoyo incondicional durante estos cinco años de carrera y a lo largo de toda mi vida, por todo eso y más los amo, gracias por existir.*
- *Mi tío David por siempre creer en mí y darme su apoyo incondicional en los momentos que más lo necesité, además de ser el mejor tío del mundo y más que mi tío, mi segundo papá.*
- *Mis tías, mis primos y primas por ser un gran apoyo y estar siempre dispuestos a ayudarme con todo lo que he necesitado, además por todo el cariño que me han brindado.*
- *Mi esposo por ser parte de esta etapa tan bonita e importante de mi vida, por todo el amor, dedicación, paciencia y comprensión que me ha entregado durante la realización de este sueño y por haberme escuchado y apoyado siempre que lo necesité, te amo lindo.*
- *Mi compañera de tesis, que ya era una amiga súper especial y ahora que compartimos muchos momentos juntas en la realización de un sueño común para ambas, el lazo se volvió aún más fuerte.*
- *Mis amigos por ser únicos, niños no los cambiaría por nada en este mundo, son los mejores y gran parte de este logro se lo debo a ustedes.*
- *Mis tutoras Jenny y Sandra por toda su entrega y dedicación, por confiar en mí, por ayudarme tanto y ser indispensables para que este trabajo saliera de la mejor manera, gracias a ustedes esto ha sido posible, en especial a Jenny, de verdad eres lo máximo, si me dijeran que debo empezar todo de nuevo, te volvería a tener como tutora.*
- *Todos los profesores que directa e indirectamente tuvieron que ver con mi formación como ingeniera industrial en estos 5 años, estoy muy agradecida con ustedes.*
- *Mis inseparables amigos en el aula por todos los momentos buenos que pasamos juntos y por todos los apuros también, gracias por permitirme conocerlos y brindarme una experiencia hermosa en la universidad, ellos son Denise, Hany, Jj y una personita especial*

*que a pesar de que no se graduó hoy junto con nosotros, pues la vida le dio el mejor regalo del mundo: su bebé, fue partícipe de esos bellos momentos, Betsy. Niños los quiero mucho, fueron los mejores amigos que pude tener en estos 5 años.*

- *Mis compañeros de aula por permitirme vivir momentos únicos que nunca podré olvidar, en especial a Jorgito, Juampy, Frank, Dudurko y Carlitos.*
- *Los otros diplomantes de mi tutora pues fuimos cómplices de un mismo sueño.*
- *Amaury Ojeda Fernández que fue de gran ayuda en la realización de la tesis.*
- *Diosito porque todo lo que fui, lo que soy y lo que seré se lo debo a él; y lo que hoy estoy logrando es porque siempre estuvo presente.*

*También a todos los que no mencioné pero de una forma u otra hicieron posible este sueño.*

*Muchas Gracias  
Yamila*

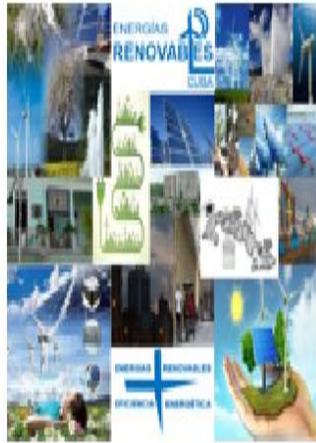
*Hoy mi sueño se hace realidad después de muchos años de esfuerzo. Una vez más la vida me demuestra que no hay nada imposible y que si de verdad se quiere, todo se puede lograr. Por eso quiero agradecerle a todas aquellas personas que forman parte de mi vida, por estar siempre para mí y por darme su apoyo incondicional, especialmente ha:*

- *A mis padres por enseñarme que existen varios caminos en la vida y que no siempre el más fácil es el mejor.*
- *A mi hermana porque ella es para mí el ejemplo de la mujer perfecta y quien además me demuestra las buenas acciones siempre tienen su recompensa.*
- *A mi familia, abuelas (os), tías (os), primas (os), que aunque es muy numerosa todos me han dado un cariño inmenso y han estado siempre pendientes de mí para brindarme su apoyo y su amor incondicional.*
- *A mi novio por contenerme siempre y saberme escuchar, por compartir buenos y malos ratos y porque a su forma me demuestra que me quiere y que soy importante para él; y sobre todo por ser mi mejor historia.*
- *A mis amigas Yamilita, Hany, Ketty y Ketticca porque más que amigas son mis confidentes y hermanas, porque pase lo que pase siempre puedo contar con ellas.*
- *A mis amigos Richard, Odelvis y Lisandro porque son lo máximo, porque todas nuestras penas y alegrías las afrontamos como si fuéramos uno solo.*
- *A mis tutores por toda su dedicación y esfuerzo, en especial a Jenny por ayudarnos a formarnos como personas de bien y prepararnos para un mundo nuevo lleno de retos y decisiones y a Rafael porque fue nuestro amuleto de la suerte para la realización de nuestra tesis.*
- *A mis amigos inseparables desde 1er año Hany, Jj, Yamilita y Betsy que a pesar de que no se gradúa con nosotros estamos orgullosos de ella, pues tiene la bendición de un ángel llamado Brian Alejandro.*
- *A mis compañeros de aula por hacer siempre más amena y divertidas las clases. En especial a Jorge Andón, Frank y Juampy que se volvieron nuestros compañeros de guerra de guerrilla en las fiestas y en la propia aula.*

- *A los profes que tuvieron la gentileza de impartirnos clases y enseñarnos que hay momentos de risas, de empeño, de sacrificio y dedicación.*
- *Al resto de mi grupo científico estudiantil que tengo el placer de compartir con ellos el tema maravilloso de la eficiencia energética.*
- *A dios y la virgen porque siempre me guían por el camino correcto, porque gracias a ellos tengo la oportunidad de empezar a escribir una nueva historia.*

*En fin, a todos, mil gracias por ser como son, porque forman una parte importante de mí y porque juntos construimos la historia de la vida.*

*Denise*



*Resumen*

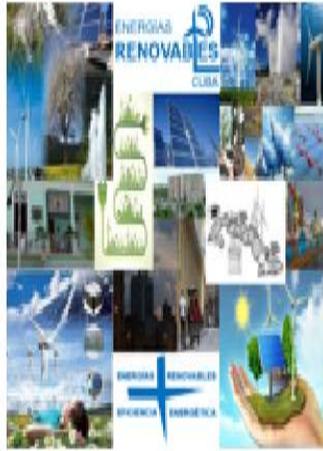
## **Resumen**

La presente investigación titulada " Incorporación de las potencialidades energéticas municipales en el desarrollo local al municipio de Cienfuegos. Caso estudio energía solar en el sector residencial" tiene como objetivo general integrar la potencialidad energética local relacionada con la energía solar fotovoltaica en la gestión del gobierno; 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 y gestión energética tanto del mundo como de Cuba y propiamente de los municipios, se aborda acerca de la agenda 2030 y cómo se encuentra inmerso el país en ella.

Se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, diagrama causa-efecto, análisis de variabilidad, gráficos de control, tendencia, tabulación de datos, así como la utilización del software Statgraphics para el análisis estadístico y herramientas aportadas por la Empresa Eléctrica Provincial de Cienfuegos.

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



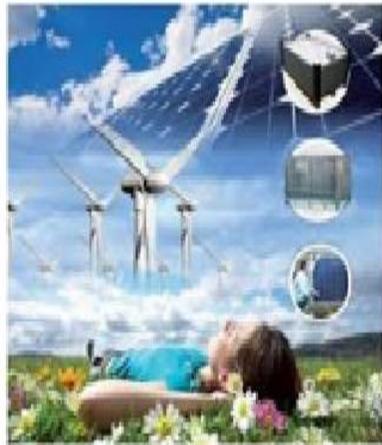
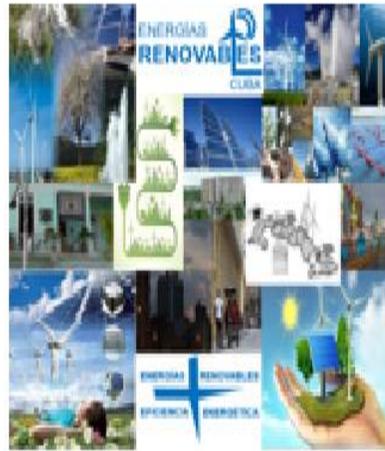
*Abstract*

## **Abstract**

The present titled investigation " Incorporation of the energy municipal potentialities in the local development to the municipality of Cienfuegos: Study case solar energy in the residential sector " has as general objective, to integrate the energy local potentiality related with the solar photovoltaic energy in the government's management; 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 it's carried out the revision of impact literature that approaches the thematic of the efficiency and energy management of the world and of Cuba and properly of the municipalities, it treats about the calendar 2030 and how is our country submerged in her. They are used techniques and tools such as: interviews, document revision, work with experts, storm of ideas, diagram cause-effect, analysis of variability, control graphics, tendency, tabulation of data, as well as the use of the software Statgraphics for the statistical analysis and tools contributed by the Electric Provincial Company of Cienfuegos.

**Key words:** renewable sources of energy, energy local management and local government.

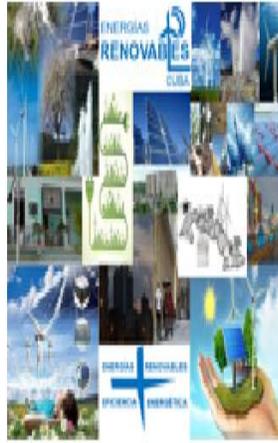


# Índice

## Índice

Resumen.....	.....
Abstract .....	.....
Índice.....	.....
Introducción.....	1
Capítulo I: Fuentes renovables de energía para la gestión energética local.....	5
1.1 Introducción .....	5
1.2 Fuentes de energía .....	5
1.3 Fuentes renovables de energía.....	7
1.3.1 Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo .....	7
1.4 Agenda 2030.....	10
1.5 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo .....	12
1.6 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo.....	13
1.7 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía .....	14
1.8 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba .....	16
1.9 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba .....	19
1.10 Uso de energía solar en Cuba.....	20
1.11 Gestión de proyectos para el desarrollo .....	22
1.11.1 Tipos de proyectos .....	22
1.11.2 Proyectos de desarrollo local.....	27
1.12 Conclusiones parciales del capítulo .....	27
Capitulo II: Caracterización energética del municipio de Cienfuegos.....	28
2.1 Introducción .....	28
2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos.....	28
2.3 Caracterización energética del municipio de Cienfuegos.....	30
2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica.....	31
2.4 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos .....	37
2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio .....	39
2.4.2 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio.....	40
2.4.3 Indicadores para el sector residencial municipal.....	43
2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal .....	48
2.5 Análisis situacional actual de la Gestión Energética Local en Cienfuegos .....	48
2.6 Conclusiones Parciales: .....	53
Capítulo III: Propuesta de la tecnología de energía solar fotovoltaica a utilizar en el sector residencial en el municipio de Cienfuegos .....	55
3.1 Introducción .....	55
3.2 Metodología para la solución de problemas.....	55
3.2.1 Definición y análisis del problema.....	55

3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución .....	57
3.2.3 Implementación.....	57
3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas .....	57
3.3.1 Definición y análisis del problema.....	57
3.3.2 Análisis, selección y diseño.....	61
3.3.3 Aplicación de la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red (EFCR) .....	67
3.4 Incorporación en la EDESM de la línea estratégica Gestión energética y medioambiental. ....	80
3.5 Conclusiones parciales: .....	83
Conclusiones generales .....	85
Recomendaciones .....	86
Anexos .....	96



# Introducción

## Introducción

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. Ejemplos de la utilización de las energías renovables lo constituyen la navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol. (González, 2016). Sin embargo, con el invento de la máquina de vapor en 1769 estas formas de aprovechamiento de energía son abandonadas y comienzan a utilizarse las fuentes convencionales, caracterizada esta época por un consumo de energía escaso y por consiguiente no hacía prever un agotamiento de las fuentes convencionales de energía, ni otros problemas ambientales que posteriormente a finales del siglo XX fueron perceptibles (González, 2016).

Hacia la década del 70 del siglo XX las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, a través de las tecnologías energéticas renovables (González, 2016; Nfumu, 2017).

La integración de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en un 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para poner en explotación las diversas fuentes renovables de energía (FRE), por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, también se aprecian avances importantes en los biocombustibles y en el empleo de residuos sólidos urbanos (Rodríguez, 2016).

Por otra parte cuando se habla de energía se consideran los términos eficiencia energética y gestión de la energía (Borroto, 2002), términos generalmente relacionados con las organizaciones industriales y de servicios, sin embargo abarca a toda la sociedad (Correa *et al.*, 2017), donde se reconoce a las zonas urbanas como consumidores significativos de energía y grandes emisores de CO<sub>2</sub> al medioambiente; por lo que GE es una necesidad a escala urbana o municipal (Elnakat & Gómez, 2015, Correa *et al.* 2017), y que los gobiernos locales lo integren a su gestión pública. La importancia de esta integración es que los gobiernos locales fomenten la eficiencia energética y el uso de las FRE, debido a su influencia sobre los sectores de la sociedad, y la promoción de políticas y programas para el uso de la energía (Erario, 2010; Correa *et al.*, 2017). Existen diferentes experiencias en el mundo donde se gestiona la energía considerando las FRE en la matriz de generación y consumo de un municipio, propiciando que algunos municipios se comiencen a certificar por la norma internacional ISO 50 001 referente a los Sistemas de Gestión de la energía, ejemplos lo constituyen los municipios de Bad Eisenkappel

en Austria, Soto de Real en España, Atlacomulco de Fabela en México y Abu Dhabi en Emiratos Árabes Unidos (BSI, 2015, Correa et al, 2016).

Cuba, a pesar de ser un país en vía de desarrollado, no está de espalda ante esta realidad; pobre en recursos convencionales de energía, pero rico en sus potencialidades por las FRE, el país apuesta en 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 a 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 (PCC) los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, a la eficiencia energética en los lineamientos 135, 251, 245, 252, 254 y al desarrollo de las fuentes renovables de energía contenidos en los lineamientos 113, 131, 247 y 267 (Rodríguez, 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 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 que la convierten en electricidad. Como línea estratégica para el desarrollo de estas fuentes de energías, se han sometido a prueba diversas tecnologías (Camacho, 2016). Cuba tiene un potencial para la utilización de la energía proveniente del sol por las condiciones excepcionales por su ubicación geográfica de altos niveles de radiación solar donde por cada metro cuadrado cae cada día como promedio anual 5kWh que es el contenido energético de 0,45 litros de petróleo, equivalente a 50 millones de toneladas de petróleo anual (Camacho, 2016).

A partir del 2013 se comenzó en el país con una 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 de 25 MWp. Esta penetración de la energía solar fotovoltaica en el territorio nacional tiene unas perspectivas de desarrollo hasta el 203 con la construcción y puesta en marcha de parques solares en Pinar del Rio, La Habana, Matanzas, Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, La Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo (Camacho, 2016).

Cienfuegos en la actualidad cuenta con cuatro parques fotovoltaicos ubicados en los municipios de Cienfuegos, Palmira, Cruces y Rodas; previéndose hacia el 2030 alcanzar 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 & R. Digital, 2015; Molina, 2016, Nfumu, 2017).

Aunque la provincia de Cienfuegos es la tercera más pequeña del país se caracteriza como una provincia industrial y de alto consumo energético. Solo en el año 2014 el consumo de energía eléctrica supero los 3 000 000 MWatt, de ellos 55,5 % corresponde al sector estatal y el 44,5 % al sector privado, siendo de este 42,9 % al sector residencial (Correa et al., 2016). 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 consumo del municipio con alcance al diagnóstico sector residencial; (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016) 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 representan un subsidio del país equivalente a 13 Millones de pesos (Correa et al., 2016). 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); evidenciando la necesidad el empleo de FRE en la matriz energética de generación y consumo municipal, y que de ser considerada gestión de la energía por el gobierno local.

Sin embargo el uso de la energía solar en el territorio responde a programas nacionales para la penetración de ese tipo de energía renovable en la matriz energética y no se ha considerado su inclusión a través del gobierno local como elementos a integrar el desarrollo local a través de la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDES).

Todo lo anteriormente mencionado constituye la situación problemática de la investigación, declarándose como **Problema de Investigación** el siguiente: **¿Cómo incorporar las potencialidades energéticas municipales en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos?**

En correspondencia al problema declarado se plantea el **Objetivo General** de la investigación que consiste en: Integrar la potencialidad energética local relacionada con la energía solar fotovoltaica en la gestión del gobierno.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

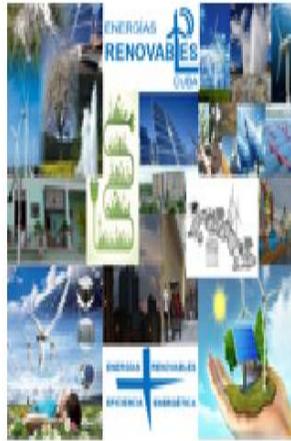
1. Realizar un análisis documental referente eficiencia energética, la gestión energética, las fuentes renovables de energía su uso en el mundo y Cuba, con énfasis en la energía solar fotovoltaica.
2. Realizar la caracterización energética del municipio de Cienfuegos.
3. Proponer la incorporación de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial a la gestión energética del gobierno local.

La investigación se estructura de la siguiente forma:

Capítulo I: En este se realiza un estudio documental sobre generalidades sobre la eficiencia energética, la gestión energética, caracterización y utilización de las fuentes renovables de energía, su desarrollo a nivel internacional y en Cuba, que manifiesten la actualidad y pertinencia de la investigación. Con un énfasis en el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y su proyección para Cuba hasta el 2030.

Capítulo II: Se realiza la caracterización energética del municipio de Cienfuegos, se hace un análisis de la gestión energética local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, determinándose las causas que la afectan, estableciéndose un plan de mejora el respecto.

Capítulo III: Se realiza la selección de los CP objetos de estudio a partir de análisis estadísticos de normalidad, estabilidad y tendencia, además de analizar el consumo, calidad y cantidad de viviendas en los CP del municipio. Luego se procesan los datos aportados por la Empresa Eléctrica Provincial de Cienfuegos y, por último, se desarrolla la propuesta de incorporación de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial a la gestión del gobierno local.



# Capítulo 1

# Capítulo I: Fuentes renovables de energía para la gestión energética local.

## 1.1 Introducción

En este capítulo se presenta un amplio estudio conceptual donde se hace imprescindible la revisión bibliográfica de la temática objeto de estudio, por lo que se realiza una revisión de documentos relacionados con la eficiencia y gestión energética, las fuentes renovables de energía (FRE), el desarrollo local (DL), la gestión energética local (GEL), entre otros aspectos. Para su mejor comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor de la investigación para la elaboración del capítulo.

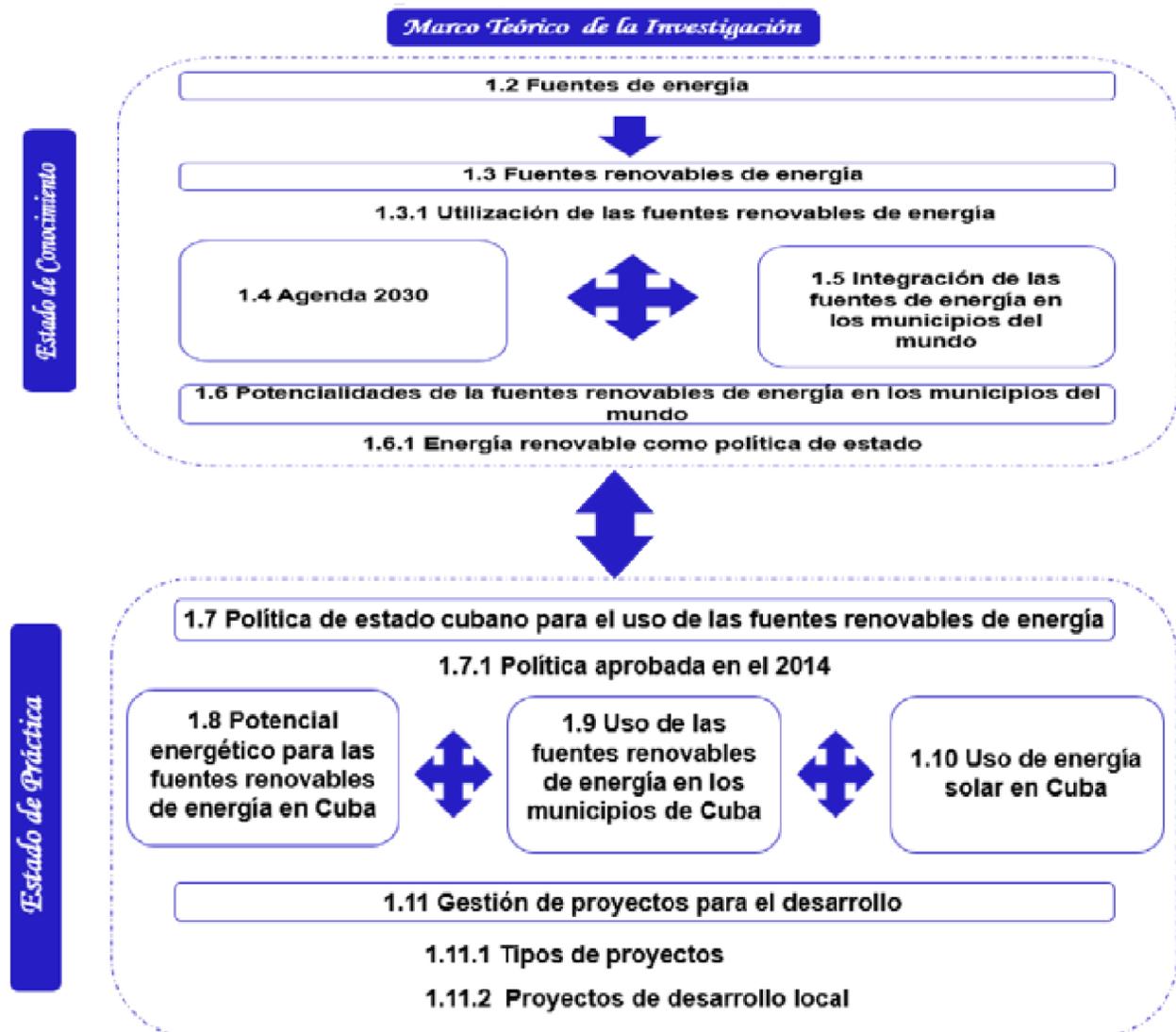


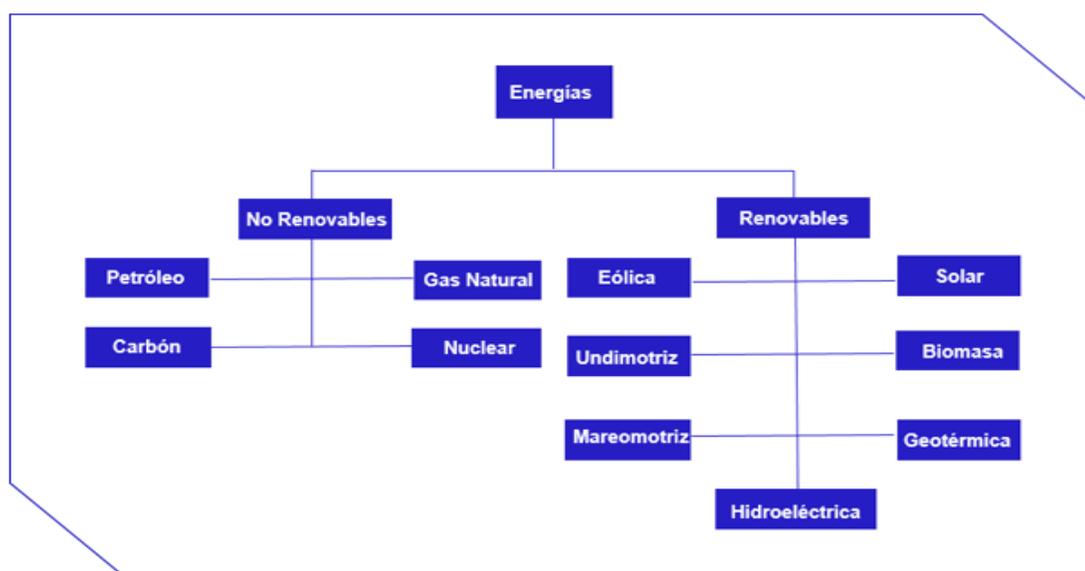
Figura 1.1 Hilo conductor. Fuente: Elaboración Propia.

## 1.2 Fuentes de energía

La demanda y consumo de energía están estrechamente relacionados con el desarrollo sustentable y la calidad de vida. La energía es esencial para la satisfacción de muchas

necesidades, sin ella sería imposible la producción de bienes y servicios, así como la realización de labores cotidianas como cocinar, viajar de un lugar a otro, comunicarse o iluminar una casa u oficina. El flujo de materiales necesarios para mantener estas actividades depende de la existencia y disponibilidad de fuentes de energía. La energía es la capacidad de los cuerpos, o de un conjunto de ellos, para efectuar un trabajo; es lo que permite que un cuerpo se mueva o se desplace, o bien que cambie sus propiedades (Santana, 2013).

Las fuentes energéticas son aquellos recursos o medios capaces de producir algún tipo de energía para luego consumirla, de ahí que puedan clasificarse, atendiendo a su disponibilidad, en renovables y no renovables (Schallenberg, et al., 2008). En la Figura 1.2 se muestra de forma resumida estas fuentes y como pueden clasificarse.



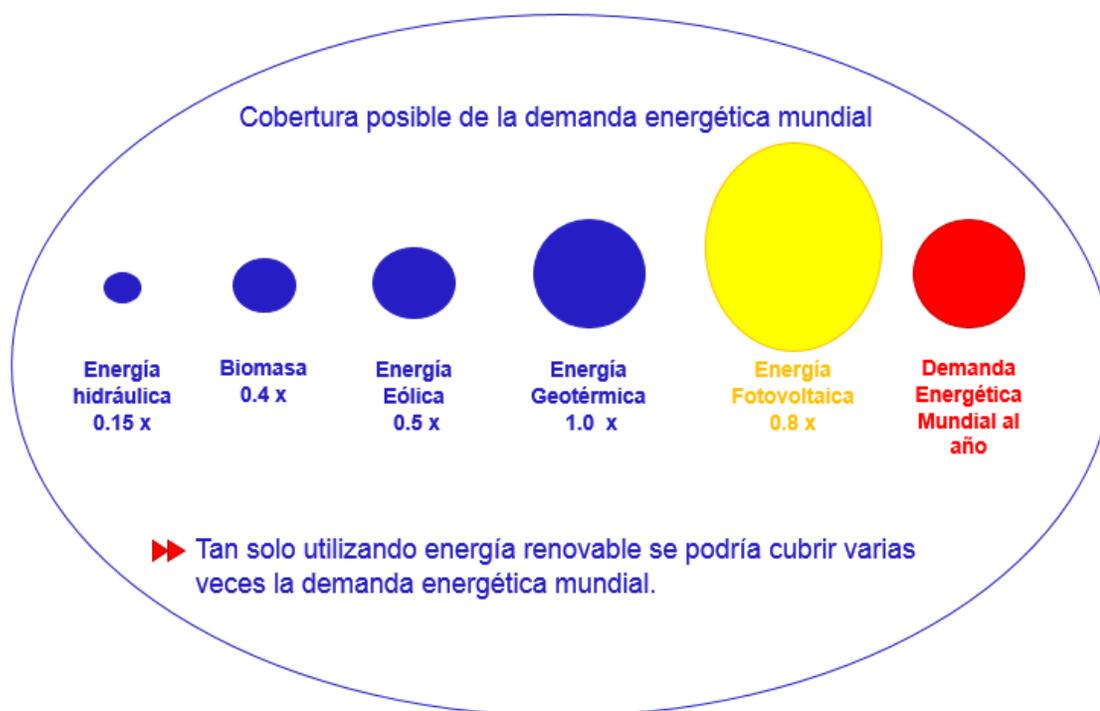
**Figura 1.2:** Clasificación de las fuentes de energías. **Fuente:** Elaboración propia.

Según Santana, (2013) se clasifican como energías renovables aquellas que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Las energías renovables son ilimitadas y permiten reducir las emisiones nocivas para el medio ambiente. Pueden regenerarse, lo que permite prever su disponibilidad futura. Es el caso de ríos, olas, sol, viento, mareas, biomasa (leña y residuos), calor de la tierra. Por otra parte, las energías no renovables existen en cantidad limitada en la naturaleza, lo que supone su eventual agotamiento. Por ejemplo, el carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear.

### 1.3 Fuentes renovables de energía

Las energías renovables 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 energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar (térmica y fotovoltaica), undimotriz, la biomasa y los biocombustibles. Solo con energía fotovoltaica se podría cubrir 3,8 veces la demanda energética mundial (Santana, 2013; González, 2016) tal como se muestra en la Figura 1.3 a continuación.



**Figura 1.3:** Cobertura posible de la demanda energética mundial. **Fuente:** Elaboración Propia adaptado de Nfumu, 2017.

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).

#### 1.3.1 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).

Según las estadísticas aportadas en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el crecimiento de las energías limpias es imparable, 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 (AIE, 2015).

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, 2015).

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 nos enfrentamos como 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 que nos 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 resultantes. 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. En 2014, el 85.3% de la población mundial tenía acceso a la energía eléctrica; un aumento con respecto al 77.6% del año 2000. Sin embargo, 1.06 mil millones de personas vivían sin poder contar con este servicio básico. Aunque el 96% de los habitantes de zonas urbanas pudieron acceder a la energía eléctrica en 2014, el porcentaje

era sólo el 73% en las zonas rurales. El acceso a combustibles y tecnologías poco contaminantes para cocinar aumentó a un 57% en 2014, a partir del 50% en 2000 (IODS, 2017).

Aun así, más de 3 mil millones de personas, la mayoría en Asia y África subsahariana, no tienen acceso a combustibles y tecnologías para cocinar poco contaminantes y están expuestas a altos niveles de contaminación del aire en sus hogares. El porcentaje de energía renovable en el consumo de energía final creció modestamente entre los años 2010 a 2014—de 17.5% a 18.3%. La energía solar, eólica e hidroeléctrica representó la mayor parte de este aumento. A nivel mundial, la intensidad energética primaria mejoró en un 2.1% anual entre 2012 a 2014. Sin embargo, este ritmo es insuficiente para duplicar la tasa mundial de mejoras en eficiencia energética, según lo requiere el objetivo (IODS, 2017).

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 Agenda 2030**

En septiembre de 2015, más de 150 jefes de Estado y de Gobierno se reunieron en la histórica Cumbre del Desarrollo Sostenible en la que aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Los Estados miembros de la Naciones Unidas aprobaron una resolución en la que reconocen que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no puede haber desarrollo sostenible (ONU, 2015).

Entre las metas propuestas para alcanzar este objetivo está aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía para el año 2030; de igual modo, se prevé incrementar la cooperación internacional, a fin de facilitar el acceso a la investigación y las inversiones en tecnologías energéticas no contaminantes, incluidas las fuentes de energía renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos dañinas de combustibles fósiles (Revé, 2016).

Por su parte Nfumu, (2017) considera que la promoción del uso de FRE constituye un imperativo a nivel mundial, no solo para contribuir al ahorro de combustibles, sino para desarrollar estilos de vida que, a la vez que nos benefician, contribuyan al cuidado del medio ambiente.

Cuba fue uno de los 193 países que respaldó la aprobación de estos objetivos mundiales, y las labores que en este sentido ha desarrollado el país, desde el triunfo de la Revolución, evidencian el interés político que existe para fomentar el uso de este tipo de energías (Revé, 2016).

En noviembre de 1994 se funda la Sociedad Cubana para la promoción de las Fuentes Renovables de Energías y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), gestado por la Academia de Ciencias de Cuba y la Comisión Nacional de Energía, su órgano de referencia es el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente. Esta sociedad se crea con el objetivo fundamental de contribuir al desarrollo de las actividades encaminadas al conocimiento y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en la solución de los problemas económicos y sociales del país. Su principal función es la elevación de la cultura energética y de respeto ambiental (Nfumu, 2017).

En el año 2016 fueron aprobadas las bases del programa de desarrollo económico y social del país a largo plazo que, a decir del presidente cubano Raúl Castro, tiene como principios: "...mantener la propiedad social sobre los medios fundamentales de producción y forjar un modelo de desarrollo con eficiencia en todas las esferas, encaminado a asegurar bienestar, equidad y justicia social para los cubanos" (Revé, 2016).

Cuba como país en vía 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. En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar la energía alternativa, principalmente la eólica y la energía solar mediante paneles de celdas fotovoltaicas que la convierten en electricidad (UPC, 2002).

Para Cuba, que alcanza el 99,2 % de electrificación, la soberanía energética, como la alimentaria, es un asunto medular; cambiar la matriz energética y avanzar en el uso de FRE es un objetivo declarado del Estado cubano. Por eso, la "Política para el Desarrollo Perspectivo de las FRE y el Uso Eficiente de la Energía" y su programa, aprobados el 21 de junio de 2014 por el Consejo de Ministros, se propuso para el 2030 aumentar a un 24% la utilización de las FRE para producir electricidad, no incrementar la dependencia de importaciones de combustibles, reducir el costo de 21.1 centavos USD de la energía entregada por el Sistema Eléctrico Nacional a 17.7 centavos USD, y reducir la contaminación medioambiental de 1 127g por cada KiloWatts (KW) servido a 993g (Domínguez, 2017).

## 1.5 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo

Las primeras acciones relacionadas a la gestión energética local (GEL o GEM) 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 & Rydén, 1988; Rodríguez, 2016) 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; Correa et al, 2016).

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 o 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).

Estudios hechos por varios actores 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 (Correa et al, 2016).

Dardesheim es una pequeña ciudad alemana de menos de 1 000 habitantes conocida como «La Ciudad de la Energía Renovable». La misma comenzó en 1994 con cuatro instalaciones eólicas, una de 80 kW y tres aerogeneradores de 350 kW que producen un millón de KWh, que es la energía anual necesaria para abastecer las viviendas privadas de la ciudad. La potencialidad eólica se incrementó con un parque 62 MW que produce 135 000 MWh, 45 veces más que la electricidad que consume la ciudad (3 millones de KWh) y 15 veces más que las demandas energéticas (alrededor de 8 millones de KWh de electricidad, incluyendo el calentamiento, la climatización, la refrigeración y el combustible de los vehículos). El pueblo alemán de Dardesheim se ha convertido en el primero del mundo en alimentarse al cien por cien de energía renovable basada en turbinas eólicas instaladas cerca de la localidad y en paneles solares fotovoltaicos que estarán instalados en los tejados de las casas, en lugar de en granjas como ocurre en otros lugares o ciudades, como el caso de Ontario, en Canadá (Europa Press, 2007).

En este caso, según recoge la web 'Energías renovables', en este pueblo hay unas 4.000 casas que necesitan de energía con un gasto de entre 120 y 130 millones de kilovatios/hora (kWh). Existen nueve instalaciones fotovoltaicas que trabajan desde el 2005, produciendo la tercera parte de la electricidad residencial. Alrededor de diez colectores solares proporcionan agua caliente y variados sistemas térmicos sobre la base de biomasa. El objetivo general de la ciudad es que las energías técnicas de los casi 1 000 habitantes (electricidad, calor, frío y combustible para el transporte) sean proporcionadas por FRE producidas regionalmente (potencia eólica, biomasa, energía solar e hidroacumuladoras), (Europa Press, 2007).

La Universidad de Dardesheim está vinculada a un proyecto que convierte la calefacción convencional en calefacción a partir de la biomasa. El 100 % de energías renovables en Dardesheim no es una visión futura, sino una realidad. Si después de reducir la demanda, la zona o ciudad es capaz de autoabastecerse con FRE, nos encontramos ante lo que hoy se denomina como «ciudad neutra o de cero energías» (Europa Press, 2007).

Esta proyección no está lejos de la realidad y, por el contrario, cada día son más las ciudades o regiones, que han establecido este objetivo energético a mediano y largo plazos (Moreno, 2016).

## **1.6 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, 4 de Colombia incluyendo a Medellín, Temuco en Chile, León de los Aldamas, Quito y Chorrera en México, Ecuador y Panamá, respectivamente, (ecoosfera, 2018).

### **1.6.1 Energía renovable como política de estado**

La utilización de FRE en un mundo cada vez más consumidor constituye sin lugar a dudas una alternativa prioritaria. De ahí que muchos países ya han comenzado a implementar nuevas

fuentes de energía; tal es el caso de Alemania con sus plantas de energía eólica, solar, hidráulica y de biomasa, Francia que ha establecido una normativa con la que pretende que en 2030 las energías renovables generen el 32% del total y Holanda, que trabaja fuertemente para lograr reducir la producción de gases efecto invernadero y por ello cuenta también con fuentes de energía solar, eólica y biomasa siendo estos últimos algunos de los ejemplos más destacados (Mallorca, 2017).

Por su parte el continente de América Latina y el Caribe es consciente de los beneficios que trae la puesta en práctica de dichas FRE de ahí que el gobierno argentino ha comenzado a apostar a la energía solar, instalando primeramente un termotanque solar en la quinta de Olivos y proponiéndose instalar paneles solares en la terraza de la Casa Rosada. De ahí que la implementación de estas tecnologías a nivel nacional significaría un gran avance en cuanto a ahorro de energía y cuidado del medioambiente. Desde Energe (la empresa comercializadora de los termotanques solares), aseguran que esta tecnología permite un ahorro de hasta el 80% en el consumo de gas anual de una familia. Por su parte, el gobierno pretende lanzar a fin de año un plan que impulse al acceso masivo a estos artefactos, para así disminuir el consumo eléctrico (Mallorca, 2017).

### **1.7 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía**

El actual impulso a las FRE permitirá acelerar la obtención de los niveles de generación de electricidad «limpia» previstos a alcanzar inicialmente en 2030. La convocatoria del General de Ejército Raúl Castro Ruz, Primer Secretario del Comité Central del Partido, en la clausura del período ordinario de sesiones de la Asamblea Nacional en diciembre de 2017, parece marchar sin pausa y con prisa. El Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros recordaba que las FRE solo aportan hoy el 4,65 por ciento de la generación de electricidad, y que para 2030 la aspiración era llegar al 24 por ciento. No obstante, ante la dependencia de la importación de combustibles fósiles, cuyo costo pende como espada de Damocles sobre nuestra economía, llamó a acelerar el desarrollo de estas energías (Tamayo, 2017).

La implementación de la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía fue el tema que inauguró el trabajo de la Comisión de Industria, Construcciones y Energía previo a la novena sesión ordinaria de la Octava Legislatura del Poder Popular, a la cual asistió el Comandante de la Revolución Ramiro Valdés Menéndez. Alfredo López, titular del Ministerio de Energía y Minas (Minem), informó a los legisladores que en estos

momentos están en proceso de negociación 11 de las 25 bioeléctricas previstas a construir hasta el 2030 (Tamayo, 2017).

El Ministro del Ministerio de Energía y Minas (Minem) señala que esta estrategia tiene como pilar la disponibilidad de caña, por eso con las contrapartes se negocia en algunos de los casos, además de las bioeléctricas, recursos para la caña y para el central azucarero. Como se conoce, para el 2030 las bioeléctricas deben producir el 14 por ciento de la electricidad total del país, para eso se prevé la instalación de 872 megawatt (MW) de potencia, la generación de 4 300 gigawatt hora al año (GWh/a), lo que derivará en la sustitución de 960 000 toneladas de combustible. Con respecto a la energía solar o fotovoltaica, la estrategia es desarrollar 191 de estos parques, con una potencia de 700 MW, una generación de 1 050 GWh/a, y la sustitución de 240 000 toneladas de combustible. Aproximadamente la mitad de los 700 MW planificados con los parques fotovoltaicos se hará a través de créditos, y la otra mitad con inversión extranjera directa, explica el Ministro Alfredo López (Tamayo, 2017).

En septiembre de 2016, el director de Energía Renovable del Minem, Rosell Guerra Campaña, en una Cumbre internacional recién efectuada en La Habana, se refirió a la política aprobada para el desarrollo de las FRE y la eficiencia energética, como una de las prioridades en el proceso de actualización del modelo económico cubano, y cuya meta para 2030 es lograr un 24 % de participación de dichas fuentes en la producción de electricidad del país (Nfumu, 2017).

### **1.7.1 Política aprobada en el 2014**

Los problemas energéticos fundamentales en Cuba son; la alta dependencia de combustibles importados, el elevado costo promedio de la energía entregada, la fuerte contaminación ambiental y la baja utilización de las FRE a ello se le adiciona el aumento del consumo eléctrico promedio de los hogares de 140,2 KWh en 2005 a 172,2 KWh en el 2014, para un incremento del 22,8%. A pesar de las medidas adoptadas fue necesario crear en 2012 una comisión multidisciplinaria encargada de diseñar la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía que permitiera una transformación a fondo de la matriz energética. Los análisis realizados se dirigieron a continuar desarrollando la producción petrolera nacional y a incrementar la seguridad energética disminuyendo la dependencia externa en los portadores energéticos (Rodríguez, 2014).

En diciembre de 2012 se crea por decreto presidencial una comisión gubernamental para elaborar la política de desarrollo de las FRE en el periodo 2014-2030. El ambicioso programa proyecto la construcción de 13 parques eólicos con una capacidad de generación de 633 megavatios, 19

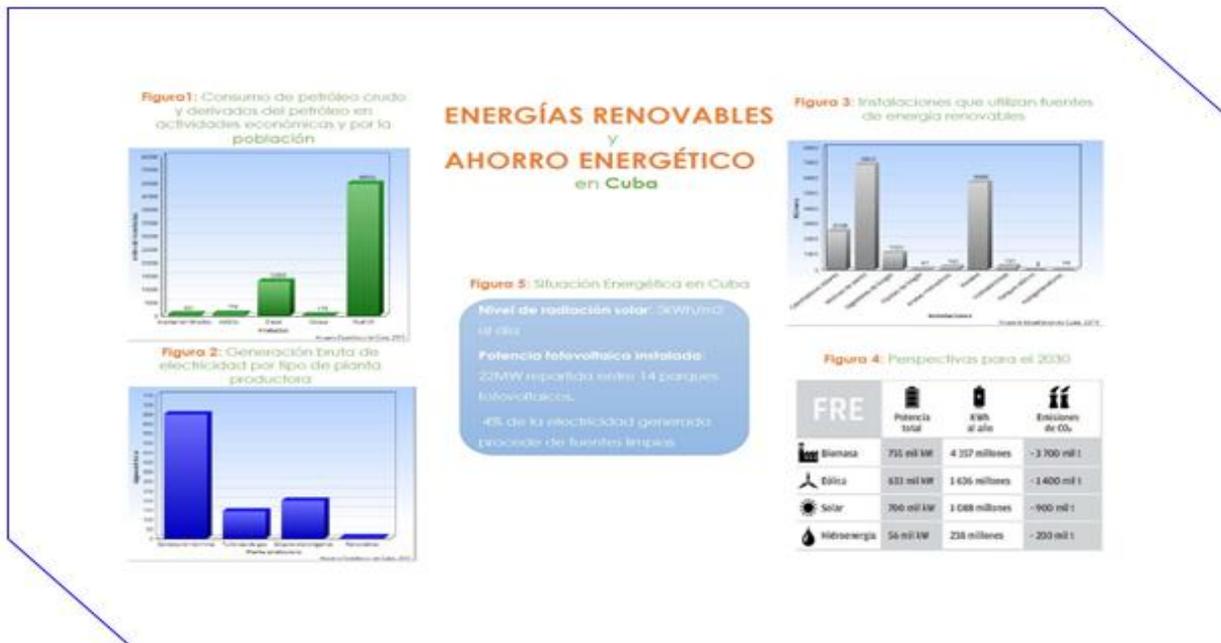
plantas bioeléctricas con capacidad de 755 megavatios y la generación de 700 megavatios a partir de paneles solares fotovoltaicos, de las cuales ya hay instalados más de 20 megavatios (Rodríguez, 2014).

Cuba multiplicara por seis su producción actual de energía, acción impostergable dado que la generación del país depende altamente de la quema de combustibles fósiles, preocupa el alto costo que demanda y simultáneamente el elevado costo de energía que se entrega a los consumidores. El programa de desarrollo de las FRE en Cuba está proyectado en su totalidad para que produzca 2100 megavatios, y para ello se requiere una inversión de tres 3700 millones de dólares (Rodríguez, 2014).

En Cuba existen 22 pequeñas centrales hidroeléctricas y se construirán otras 74. Igualmente, en el país se explotan en la actualidad 1818 digestores de biogás, pero se estima la instalación de 8700 nuevas plantas de ese tipo. Sobre el sector residencial cubano, se señaló que en el 2015 existían 74 478 viviendas que no reciben servicio eléctrico, todas ubicadas en zonas montañosas de difícil acceso, lo que representa el 1,9 por ciento de las residencias del país. Entre los planes dirigidos al sector residencial se encuentra la sustitución de 13 millones lámparas fluorescentes en los hogares y 250 000 luminarias fluorescentes para el alumbrado público por lámparas de tecnología LED; así como la introducción de las cocinas de inducción (Rodríguez, 2014). La Figura 1.4 presenta una comparación de las energías renovables y el ahorro energético en Cuba en cuanto a la generación bruta de electricidad por tipo de planta productora desde una situación energética actual y las perspectivas para el año 2030 donde se muestra dicho comportamiento para todas las FRE que se utilizan en Cuba, como se muestra en la figura.

### **1.8 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba**

En Cuba el nivel de electrificación es de 99,2 %, cerca del 98 % lo suministra el Sistema Electro Energético Nacional y el resto responde a las FRE, sobre todo en zonas apartadas o montañosas donde se emplean paneles solares fotovoltaicos. Cuba cuenta con un abundante potencial en FRE , la energía solar (pues la Isla tiene una elevada radiación durante todo el año, que le permite la aplicación de tecnologías fotovoltaicas y térmicas), una producción cañera en crecimiento que posibilita al país el uso más eficiente del bagazo residual como combustible complementado con el desarrollo de la biomasa forestal y los residuos de cosechas agrícolas, un potencial eólico significativo (sobre todo en la zona oriental del país) , uso creciente de las tecnologías para obtener biogás a partir de las excretas de animales y otras para la valoración de los residuos sólidos urbanos (Nfumu, 2017).



**Figura 1.4:** Plan de ahorro energético y uso de energías renovables en cuba. Perspectiva 2030. **Fuente:** Moreno (2016).

El potencial hidroenergético en presas y embalses que se ubican en 232 sitios, con una potencia energética estimada de 97,43 MW, no está en explotación. El país debe trabajar para comenzar la producción de pico turbinas hidráulicas (menos de 1 kW), dirigidas a suministrar electricidad a viviendas aisladas, así como al desarrollo y asimilación de turbinas hidráulicas de flujo variable y alta eficiencia, dirigidas al aprovechamiento de presas con baja carga, como son las destinadas al riego agrícola. Existe otro potencial hidroenergético disponible para la generación de energía no empleado aún en ríos, canales y trasvases, así como en las conductoras de agua que existen en el país (Revé, 2016).

Entre el 2005 y 2010 se realizaron mediciones del viento en prácticamente todo el país, lo que constituyó una prospección intensiva del recurso. Se pudo caracterizar con mayor precisión el potencial eólico técnicamente instalable. Esto permitió precisar que existen 21 zonas en la costa norte de la isla, en la zona oriental, que son las más ventajosas para la instalación de parques eólicos. Si se suman las potencialidades de esas 21 zonas, el total arroja que el potencial técnicamente instalable es de 1100 MW hasta el día de hoy. Si se instalaran estos 1 100 MW la generación de electricidad alcanzaría 2 500 GW.h (Moreno, 2016).

Camacho, (2016) afirma que se espera que en el país se multiplique por seis el uso de las FRE para 2030 cuando prevé lograr un 24 % de la participación de las mismas en su esquema para

producir electricidad. Hasta el segundo semestre de 2016, Cuba ya contaba con una capacidad total instalada de unos once millones de Watt en sistemas de energía eólica.

Según Moreno, (2016) en Cuba, la radiación solar fotovoltaica alcanza unos 5 kWh/m<sup>2</sup> diarios (1 825 kWh/m<sup>2</sup> al año), distribuida en todo el territorio nacional, por lo que se califica de buena comparada con otras regiones como europea en las que esta fuente tiene un alto nivel de aplicación. Hasta el momento se han instalado unos 3 MW, básicamente en sistemas aislados, resolviendo necesidades sociales en zonas remotas, donde más de 9 000 instalaciones prestan estos servicios con una alta repercusión social.

Moreno, (2016) afirma además que estas tecnologías se prevén para un ciclo de vida útil de 25 años, generando electricidad de forma eficiente, con capacidad para aprovechar el potencial solar disponible en todo el territorio, pudiendo aportar durante el ciclo de vida útil por cada MW de potencia un total de 38 750 MWh, que representa un ahorro de más de 2,5 millones de USD solo por concepto de combustible, dejando de emitir 127 875 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Se ha demostrado que el costo del kWh fotovoltaico es menor que el kWh producido con combustibles fósiles, de acuerdo con los precios actuales de estos últimos.

Por otra parte, Revé (2016) comenta que según estimados de especialistas cubanos en el tema, con 100 km<sup>2</sup> se pudieran generar 15 000 GW.h/año, lo que se iguala con la generación actual a base de combustibles convencionales. Estas instalaciones pudieran ubicarse en terrenos, techos, cubiertas, bordes de autopistas, etcétera. En la actualidad, solo el 4 por ciento de la energía que se emplea en Cuba es renovable, y de esa cifra un 0,2% procede de la energía solar fotovoltaica, de acuerdo con datos ofrecidos en la Primera Reunión Cumbre para la Inversión Energética en Cubasolar.

Igualmente, Moreno, (2016) asegura que en cuanto a la energía solar térmica inciden sobre cada metro cuadrado de suelo cubano 5 kWh diarios. El consumo de agua caliente de una vivienda cubana es de 80-100 L a 45 °C diarios, para lo que se requiere una energía eléctrica que es menor de 3 kWh, por lo que la energía solar incidente por metro cuadrado es superior a este valor. Por tanto, este gasto de electricidad se puede satisfacer con un metro cuadrado de colector solar. Por otra parte, el empleo del agua caliente solar en instalaciones industriales y turísticas traería ahorros apreciables de electricidad y otros portadores no renovables de energía. Un gran potencial en el empleo de las FRE es la Biomasa, la introducción de la caña energética y el marabú como fuente de energía, además de un correcto uso de la biomasa forestal disponible

como combustible para la generación y calor en la industria representaría una disminución considerable del uso de los combustibles fósiles en la generación de electricidad.

La gasificación en pequeñas y medianas centrales de generación de electricidad a partir de los desechos forestales, residuales de aserríos e industrias de beneficio de las cosechas del arroz, coco y café representan otro potencial aún no explotado totalmente en el país. El gas metano que emiten los vertederos existentes en el territorio nacional y su aprovechamiento en la generación de electricidad, es un portador energético aún no aprovechado en su totalidad. Los vertederos de las grandes ciudades como Santiago de Cuba, Matanzas, Camagüey, Cienfuegos, Holguín y Guanabacoa, necesitan de inversiones que los pongan en explotación (Moreno, 2016).

### 1.9 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 1600 kW y una potencia de trabajo promedio de 96 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 (Correa et al, 2016). 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

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 que (ECO-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, moneda total, 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 1.1. (Correa *et al*, 2016).

**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).

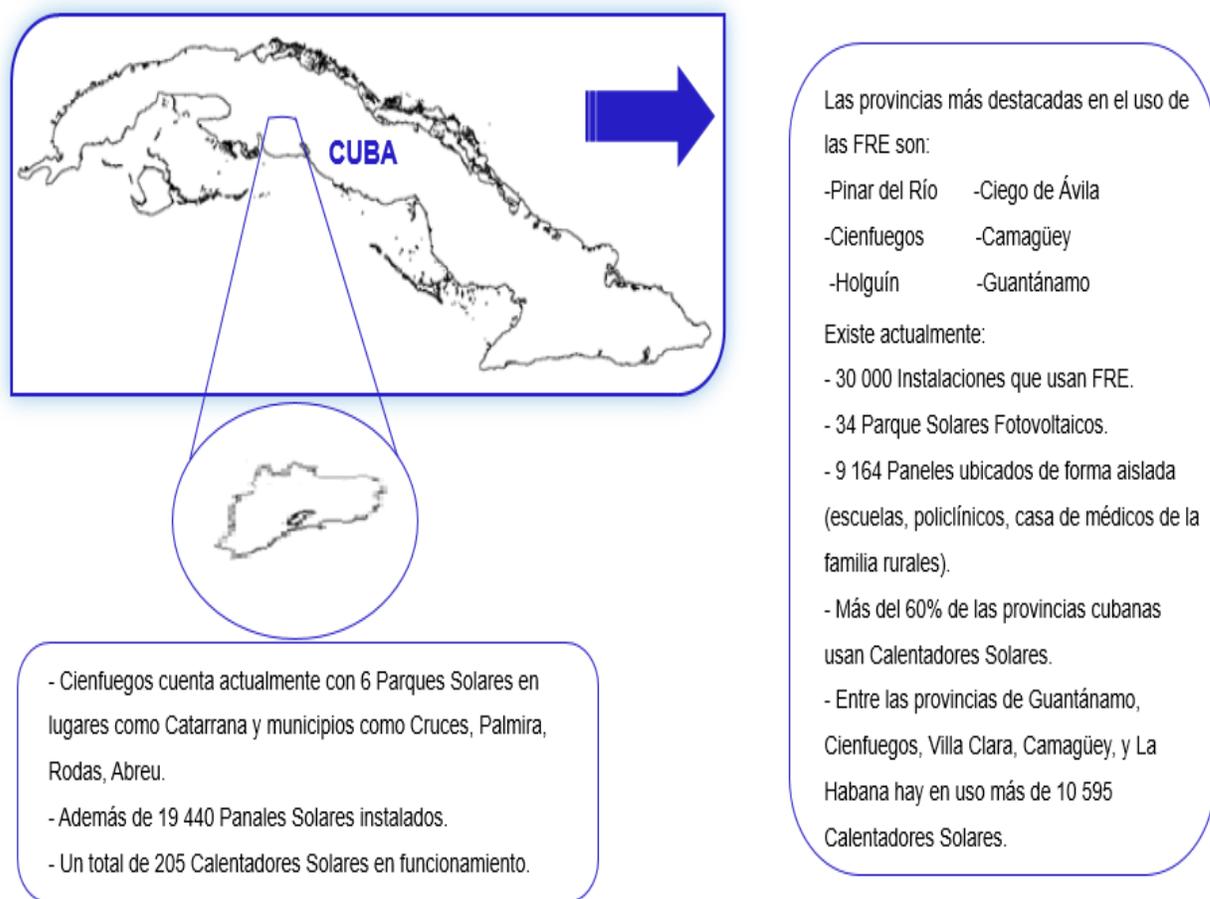
### 1.10 Uso de energía solar en Cuba

Cuba como país en vías de desarrollado, 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 significa 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.

## **1.11 Gestión de proyectos para el desarrollo**

Los proyectos constituyen la célula básica para la organización, ejecución, financiamiento y control de las actividades y tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, dirigidas a materializar objetivos concretos, obtener resultados de impacto y contribuir a la solución de los problemas que determinaron su puesta en ejecución (CITMA, 2014).

Dichos proyectos abarcan un sin número de ámbitos y circunstancias desde industriales, empresariales e institucionales hasta particulares o privados cambiando de esa forma, varias de las técnicas, procedimientos y herramientas que se utilicen para hacerlo realidad. (CITMA, 2014).

### **1.11.1 Tipos de proyectos**

Los tipos de proyectos se pueden clasificar dependiendo del ámbito en el cual se desarrolle el proyecto y la especificidad del mismo, dentro de los siguientes grupos se tienen los siguientes:

- **Proyectos Asociados a Programas (PAP):** Proyectos que se interrelacionan entre sí en el contexto de un programa determinado, para dar una solución integral a un problema complejo que responde a prioridades nacionales. La ejecución y los resultados de estos proyectos no pueden verse únicamente de forma independiente, sino tomando en consideración el carácter integrador del programa (CITMA, 2014).
- **Proyectos No Asociados a Programas (PNAP):** Proyectos que responden a prioridades nacionales u otras prioridades debidamente demostradas, cuya solución no requiere de la implementación de un programa. Estos proyectos reciben el mismo tratamiento organizativo, financiero y de control que los proyectos asociados a Programas (CITMA, 2014).
- **Proyectos Institucionales (PI):** Proyectos que responden a demandas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación identificadas por las entidades no empresariales de cualquier actividad económica, dirigidos a la obtención de un nuevo conocimiento o la solución de un problema concreto. Son controlados por las propias entidades, que para ello se auxilian de los órganos y dispositivos de Ciencia, Tecnología e Innovación que existan en las mismas, en base a lo establecido en el país (CITMA, 2014).
- **Proyectos Empresariales (PE):** Proyectos que responden a las demandas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación identificadas por las empresas o grupos empresariales dirigidos a la solución de un problema específico. Son controlados por las propias empresas o grupos empresariales a los que pertenecen éstas, auxiliados por los órganos y dispositivos de Ciencia, Tecnología e Innovación que existan en los mismos, en base a lo establecido en el país (CITMA, 2014).

- Proyecto en ejecución normal (PEN): Proyecto que marcha según cronograma y ha obtenido los resultados previstos en el tiempo planificado (CITMA, 2014).
- Proyecto atrasado (PA): Proyecto que no marcha según cronograma y no ha obtenido los resultados previstos en el tiempo planificado, pero continúa su ejecución (CITMA, 2014).
- Proyecto detenido (PD): Proyecto que, por presentar dificultades en los recursos materiales, humanos, financieros, técnicos u otros, se ha visto en la necesidad de detener su ejecución por un período no mayor de 6 meses. Transcurrido ese plazo, de no resolverse las dificultades, se cancela (CITMA, 2014).
- Proyecto cancelado (PCAN): Proyecto que ha presentado incumplimientos del cronograma o problemas de recursos materiales, humanos, financieros, técnicos u otros, imposibles de resolver en un plazo de 6 meses, o que las condiciones existentes (necesidad, factibilidad, interés del usuario u otros) o los resultados alcanzados, hacen recomendable no continuar su ejecución (CITMA, 2014).
- Proyecto concluido (PC): Proyecto que ha concluido su ejecución y cuyo informe final ha obtenido el dictamen aprobatorio según corresponda por su categoría (CITMA, 2014).
- Proyecto con prórroga (PP): Proyecto que ha tenido dificultad para cumplir las etapas de investigación según lo planificado, ya sea por falta de aseguramiento técnico-material, por condiciones climáticas, por dificultades del jefe de proyecto y que, excepcionalmente sea importante su continuación (CITMA, 2014).
- Proyectos internacionales (PINTER): son aquellos que se ejecutan, total o parcialmente, fuera del país de la organización encargada de este. Esto puede ocurrir porque la organización está ampliando su actividad a otros países, o porque el proyecto se ejecuta conjuntamente con filiales de otros países. Trabajar en un proyecto internacional significa hacerlo en un entorno diferente, el cual habitualmente incluirá diferentes culturas y formas de trabajar. Esto genera una dificultad adicional sobre su gestión. De forma general la planificación de un proyecto internacional sigue los mismos pasos que uno nacional, los cuales se detallan en los artículos de planificación de proyectos (IEP, 2016).
- Proyectos locales (PL): su alcance se limita a ciertas comunidades, localidades, pueblos o comarcas. La acción es mucho más específica (OBS, 2016).

También existen otros tipos de proyectos según su clasificación los cuales se muestran a continuación:

- Según el grado de dificultad que entraña su consecución:
  1. Proyectos simples: aquellos cuyas tareas no tienen demasiada complejidad y que se pueden realizar en un tiempo relativamente corto.
  2. Proyectos complejos: son los que demandan mayor planificación o cuyas tareas son numerosas y requieren de una organización distinta a la de un proyecto simple. El tren de alta velocidad en La Meca es un buen ejemplo.
  
- Según la procedencia del capital:
  1. Proyectos públicos: se financian en su totalidad con fondos públicos o que provengan de instituciones gubernamentales.
  2. Proyectos privados: sus aportes provienen exclusivamente de la iniciativa privada o de empresas con capital particular.
  3. Proyectos mixtos: combinan las dos formas de financiación: la pública o de entidades estatales y la privada.
  
- Según el grado de experimentación del proyecto y sus objetivos:
  1. Proyectos experimentales: son los que exploran áreas o campos en los que hasta el momento nadie ha realizado aportes o cuya consecución supone una apuesta por algo inédito o novedoso.
  2. Proyectos normalizados: tienen una serie de normas o parámetros que van marcando las fases de ejecución y monitorización.
  
- Según el sector:
  1. Proyectos de construcción: suponen la puesta en marcha de una obra de tipo civil o arquitectónico. Por ejemplo, cuando se construyen edificios, puentes, vías ferroviarias, presas, carreteras, entre otros.
  2. Proyectos de energía: se basan en el aprovechamiento y el uso de la energía o en el hallazgo de nuevas formas de producirla.
  3. Proyectos de minería: consisten en la extracción de minerales, productos o materias primas que se hallan en la naturaleza.
  4. Proyectos de transformación: se ejecutan en un escenario con el objetivo de generar una transformación de sus condiciones y características.

5. Proyectos de medioambiente: van orientados al fomento de prácticas para el cuidado y la preservación de los recursos naturales y el equilibrio del planeta. Por ejemplo, iniciativas de reciclaje o de conservación de bosques.
  6. Proyectos industriales: aquellos que pretendan impulsar la industria en cualquiera de sus sectores a través de la elaboración de un producto o servicio.
  7. Proyectos de servicios: a diferencia de los proyectos de productos, en este caso se trata de proporcionar bienes inmateriales a un tercero.
  8. Proyectos de banca o finanzas: se orientan a la gestión en el campo de la banca o a las inversiones de capital. Por ejemplo, cuando una empresa compra las acciones en busca de un aumento de sus beneficios.
- Según el ámbito:
    1. Proyectos de ingeniería: son aquellos dirigidos al diseño y elaboración de herramientas técnicas y tecnológicas, maquinaria de uso industrial, y otra serie de elementos, en función de la especialidad.
    2. Proyectos económicos: se enfocan en temas monetarios o en actividades que reporten alguna oportunidad de negocio para las empresas.
    3. Proyectos fiscales: son aquellos que se relacionan con temas como las leyes, los procedimientos y reglamentos propios de la Hacienda pública. Son propios del sector público y de entidades con facultades regulatorias.
    4. Proyectos legales: apuntan a la redacción y puesta en marcha de leyes en un determinado contexto, país, región o localidad.
    5. Proyectos médicos: están orientados al refuerzo de la salud y la sanidad y a la atención de pacientes en un lugar específico. Muchas ONG realizan proyectos de este tipo en países con necesidades de cobertura médica.
    6. Proyectos matemáticos: impulsa las ideas para la publicación de teoremas académicos en este campo o que puedan tener una aplicación en la realidad.
    7. Proyectos artísticos: buscan el impulso de iniciativas relacionadas con las artes plásticas, la arquitectura, el cine, la literatura, la escultura, etc.
    8. Proyectos literarios: se especializan en la producción, redacción, revisión y publicación de una obra expresada en lengua escrita.
    9. Proyectos tecnológicos: llevan a cabo iniciativas que tienen como principal objeto la producción de un bien tecnológico que suponga una mejora en áreas o regiones específicas. El acceso a internet en países con escaso desarrollo es un buen ejemplo de este tipo de proyectos.

10. Proyectos informáticos: se relacionan con la instalación y puesta en marcha de sistemas informáticos con determinados fines. Las empresas requieren cada cierto tiempo una actualización de dichos sistemas.

- Según su orientación:

1. Proyectos productivos: son proyectos orientados a promover la producción de bienes, servicios o productos con un determinado objetivo.
2. Proyectos educativos: se focalizan en el área de la educación, cualquiera que sea el nivel de enseñanza. En España, por ejemplo, uno de los proyectos que se desarrollan en este momento es la implementación de escuelas bilingües en varias comunidades autónomas.
3. Proyectos sociales: apuntan a la mejora de la calidad de vida de una región, país o localidad. Las personas son sus principales beneficiarios.
4. Proyectos comunitarios: son similares a los proyectos sociales, con la única diferencia de que las personas beneficiadas tienen un papel activo durante la ejecución de las labores previstas.
5. Proyectos de investigación: todo aquel que disponga de medios a grupos de trabajo focalizados en la indagación y análisis de áreas o campos específicos.

- Según su área de influencia:

1. Proyectos supranacionales: se implementan en grandes regiones, que por lo general superan las fronteras nacionales y continentales. Un claro ejemplo son las iniciativas que surgen al interior de la Unión Europea.
2. Proyectos internacionales: en este caso, son proyectos que comparten dos o más países, como por ejemplo cualquier iniciativa bilateral.
3. Proyectos locales: su alcance se limita a ciertas comunidades, localidades, pueblos o comarcas. La acción es mucho más específica.
4. Proyectos nacionales: se implementan a lo largo y ancho de un territorio o país. Son propios de sistemas de gobierno centralistas en los que se marcan unas directrices desde la administración y el resto de territorios las adoptan.
5. Proyectos regionales: su nivel de incidencia es mayor que la de un proyecto local, pero a la vez menor que la de uno nacional. En España, las diputaciones provinciales promueven iniciativas de este tipo.

### **1.11.2 Proyectos de desarrollo local**

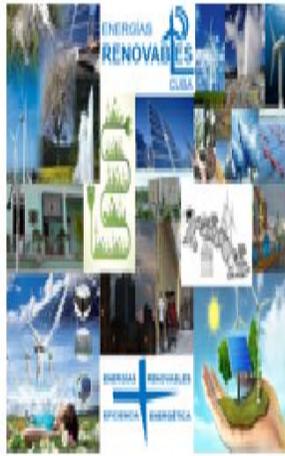
El desarrollo local en Cuba, ha sido y es, una acción política de enorme trascendencia para el progreso nacional. Hoy está enmarcado en el sistema de gestión económica cubana y propone como elemento base las potencialidades locales para el desarrollo mediante la activación del potencial local existente (Steyners *et al*, 2017).

Espina, (2017) define como: “Proceso que persigue el fortalecimiento a largo plazo de la capacidad productiva de una región, adoptando enfoques de fomento integrados y de amplio espectro, que consideren en igual medida los aspectos económicos, ecológicos, socioculturales y político-institucionales y la participación de todos los implicados”.

Los proyectos de desarrollo local son aquellos dedicados a contribuir al desarrollo de territorio/s y comunidad/es donde actúa, e impactar en la calidad de vida de la población bajo el criterio fundamental de potenciar las capacidades y la autogestión de los grupos y actores participantes y aprovechar los propios recursos y potencialidades en la solución de las problemáticas planteadas. Deben ser partes o subsistemas de la estrategia de desarrollo local, los proyectos de desarrollo local que se planifiquen y realicen sin corresponderse con una clara estrategia de desarrollo local que le sirva de marco corren el riesgo de quedar aislados, inconclusos, circunscritos a la solución de un problema puntual sin generar un impacto real. Estos proyectos deben ejecutarse mediante un conjunto de tareas relacionadas en forma lógica para obtener un resultado deseado, esto es, como proceso (Steyners *et al*, 2017).

### **1.12 Conclusiones parciales del capítulo**

1. Las energías renovables constituyen hoy en día la alternativa más viable y segura para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más desastrosos, donde muchos países del mundo han ido tomando conciencia acerca de la necesidad de apostar por el uso de las fuentes renovables de energía.
2. El uso de las FRE 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.



# Capítulo 2

## **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; 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 Km<sup>2</sup>. 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, 2016).

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, 2016).

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).

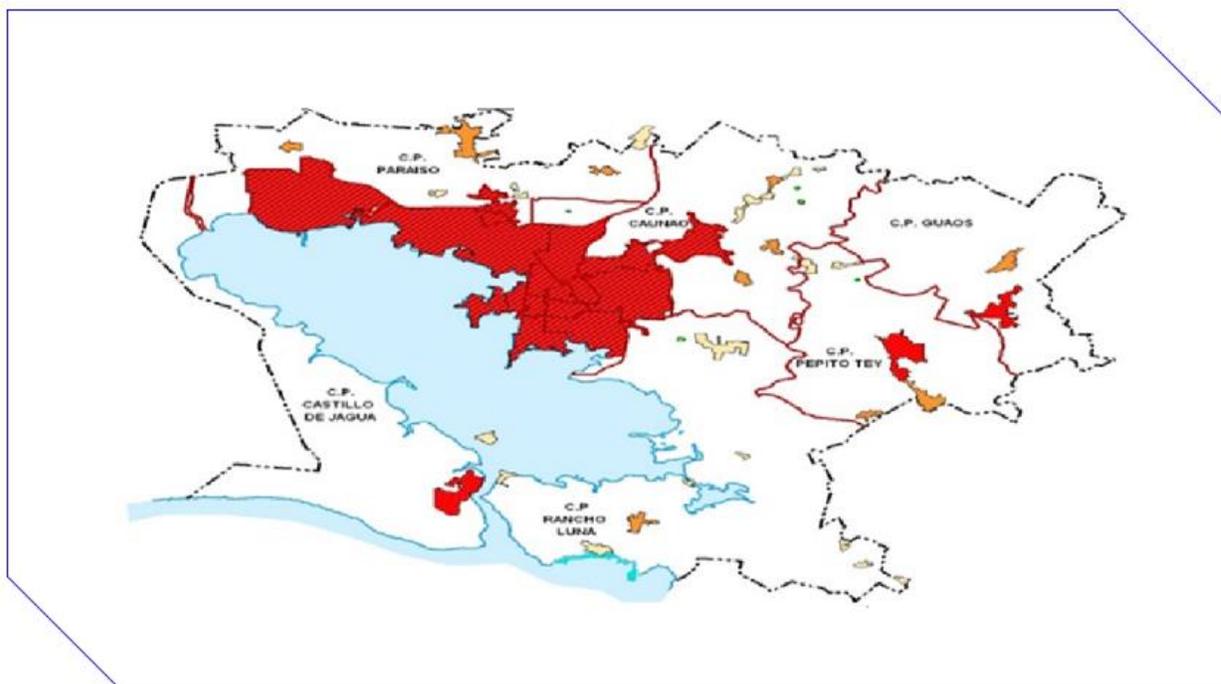
Los principales ríos del municipio son el Caonao, Arimao con vertiente Sur y una extensión de 84 y 82 km respectivamente, no obstante, los ríos el Damují, y Salado atraviesan o recorren parte del territorio y desembocan en la bahía Cienfuegos la cual tiene una extensión de largo de 18,5 km y 6,4 km de ancho, con profundidad máxima de 13,1m en el canal de entrada 12,8 m en los fondeadores y 9,1m en 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*, 2016.

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 Consejos Populares Municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Dirección Provincial de Planificación Física.

El municipio tiene una población residente de 174478 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

poblacion cienfueguera, el Índice de Rocet es de 17.5% por lo que se clasifica como una poblacion 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).

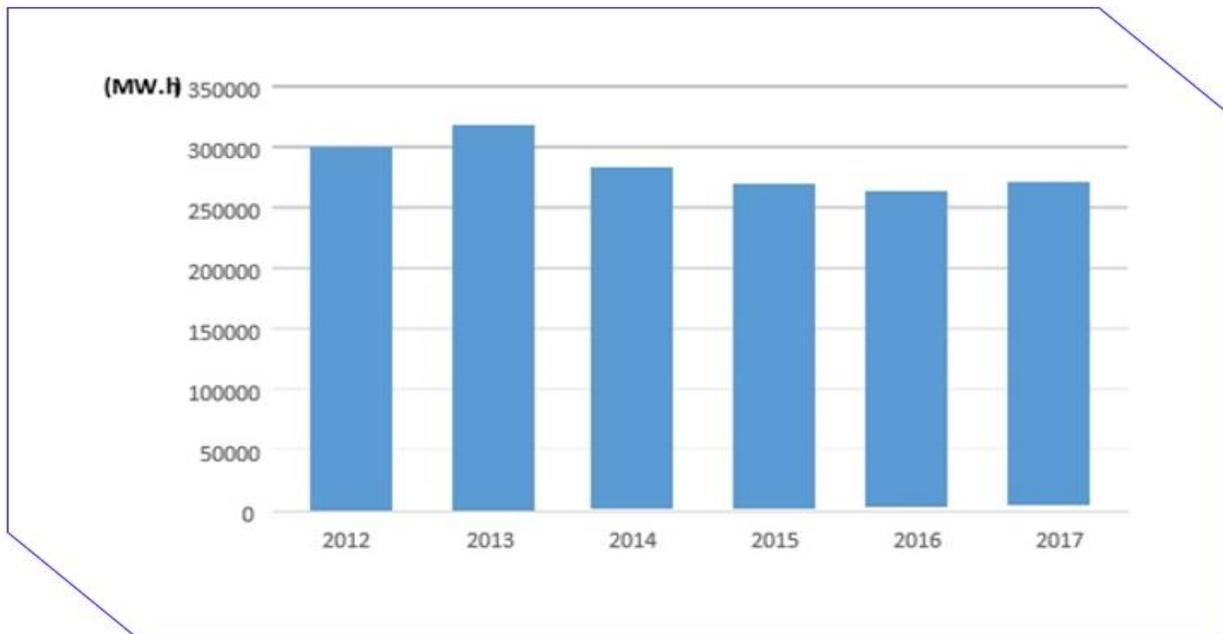
La base económica del municipio es fundamentalmente industrial y de servicios. El territorio cuenta con 3 zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, 3 zonas portuarias, una red de almacenes, talleres y pequeñas industrias dispersas dentro 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 9 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 genero 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 3 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 y lubricantes, petróleo crudo, petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2016; Correa *et.al*, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56946 viviendas consume energía eléctrica, gas, queroseno, alcohol, donde el portador de mayor significancia es la energía eléctrica siendo el Consejo Popular 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 parque fotovoltaico (Cantarrana), biodigestores, calentadores solares, paneles solares, arietes hidráulicos. (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

### **2.3 Caracterización energética del 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 denota 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**

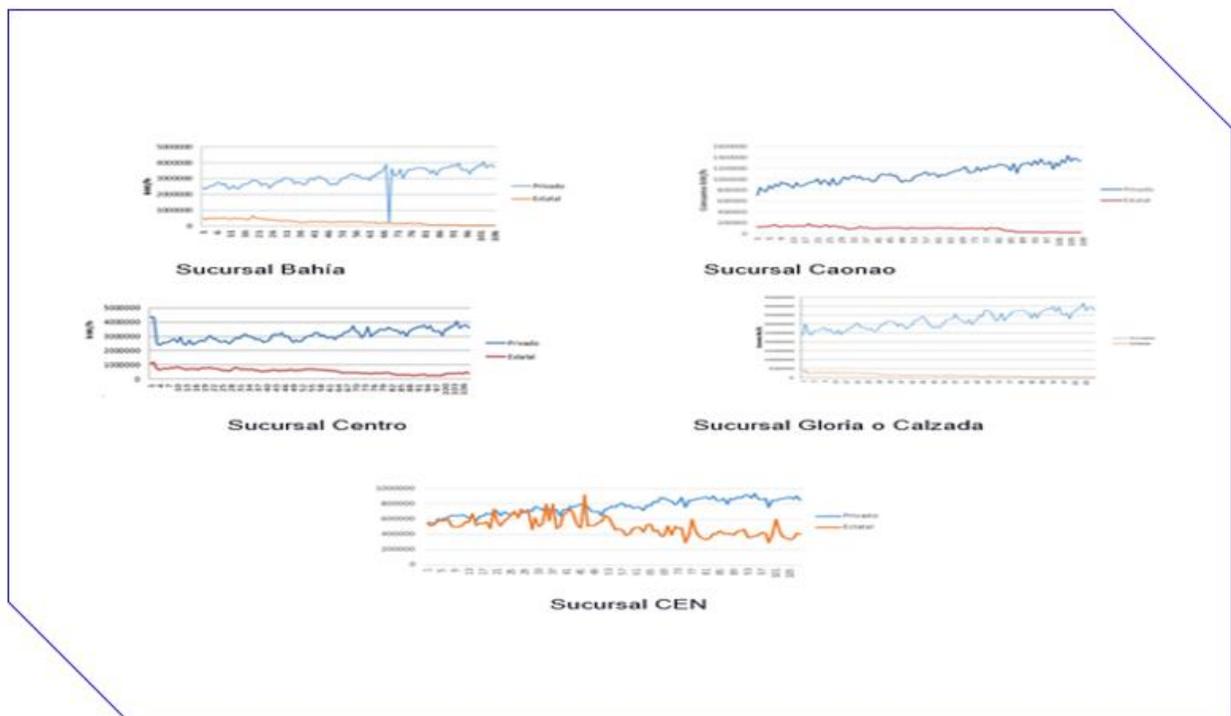
Con las investigaciones de Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016) se obtuvieron que los consumos de energía eléctrica a nivel municipio se llevaban sin tener en cuenta las características de los CP, que permitan tomar decisiones 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 (9) 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 la Figura 2.3.



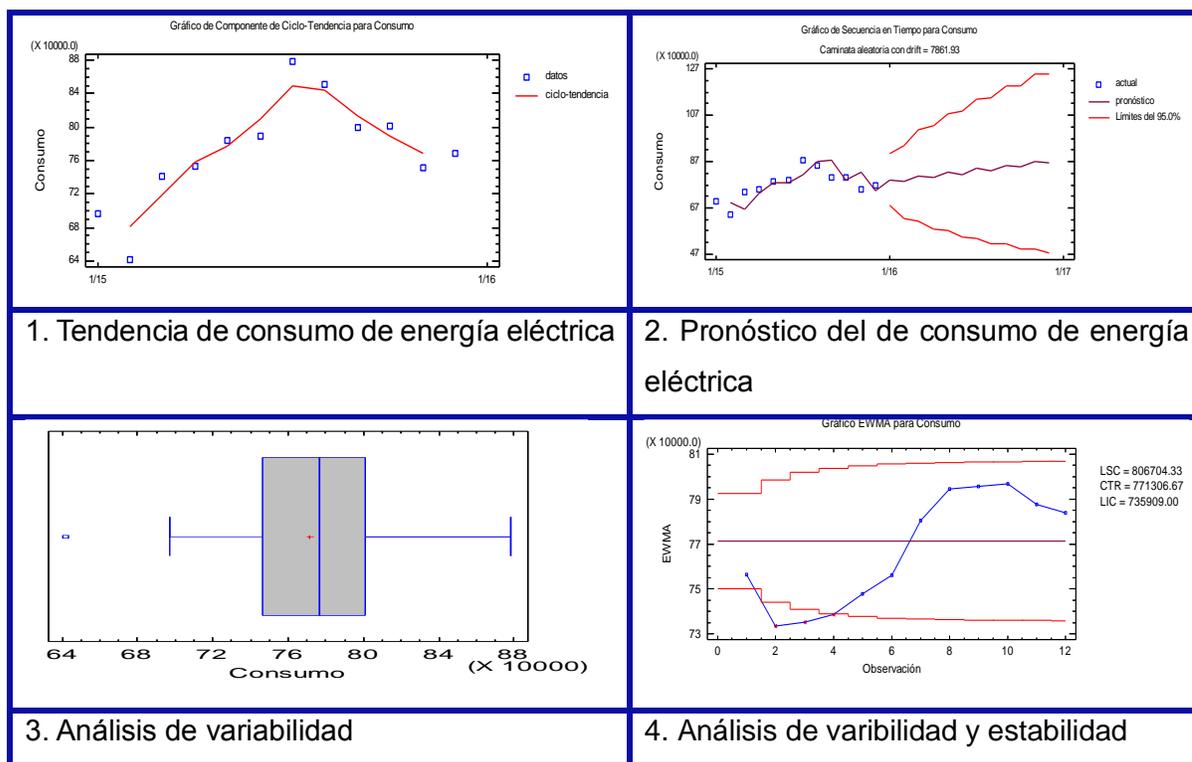
**Figura 2.3:** Análisis del consumo de energía eléctrica de las cinco sucursales del municipio.

**Fuente:** (Correa *et.al*, 2016)

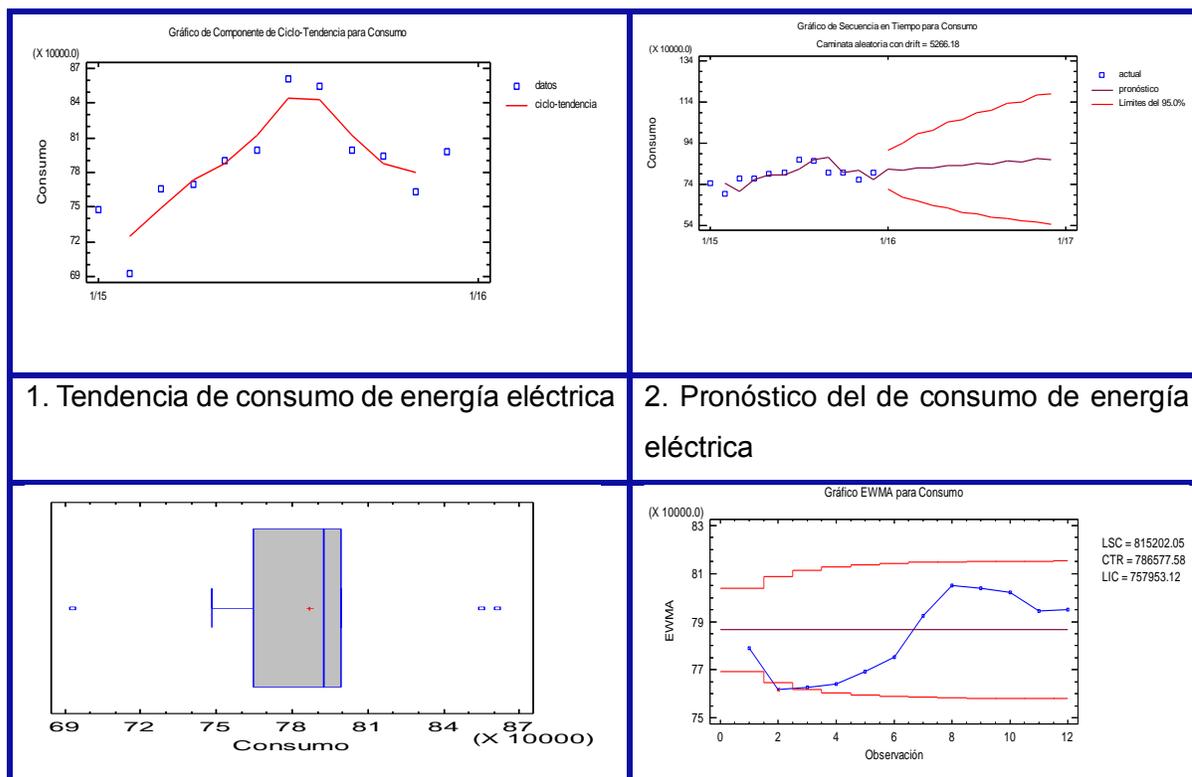
De forma general el del sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular tiene una tendencia creciente en este período. A modo de conclusión se puede afirmar que el sector privado para todas las sucursales tiene una tendencia a aumentar 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 que demandan energía eléctrica.

Por tanto, un análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado es de vital importancia, para ello utilizaron datos del 2015 con sus rutas correspondientes a cada Consejo Popular (CP), solo se utilizan datos del 2015 porque a partir de ese año la OBE comienza a registrarlo como información. Haciéndose necesario determinar los CP por cada Sucursal, para esto se realizó el análisis de las 243 rutas (trayectoria por la que se hacen las lecturas de los metrocontadores de los consumidores residenciales). El análisis del consumo de energía eléctrica por CP se realizaron análisis de variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo para el periodo siguiente (año), una representación de estos se muestra en las Figuras 2.4, 2.5 y 2.6 con una

representación de los CP Punta Gorda, Junco Sur y Guaos ya que estos responden a las clasificaciones, urbano, rural-urbano y rural respectivamente.

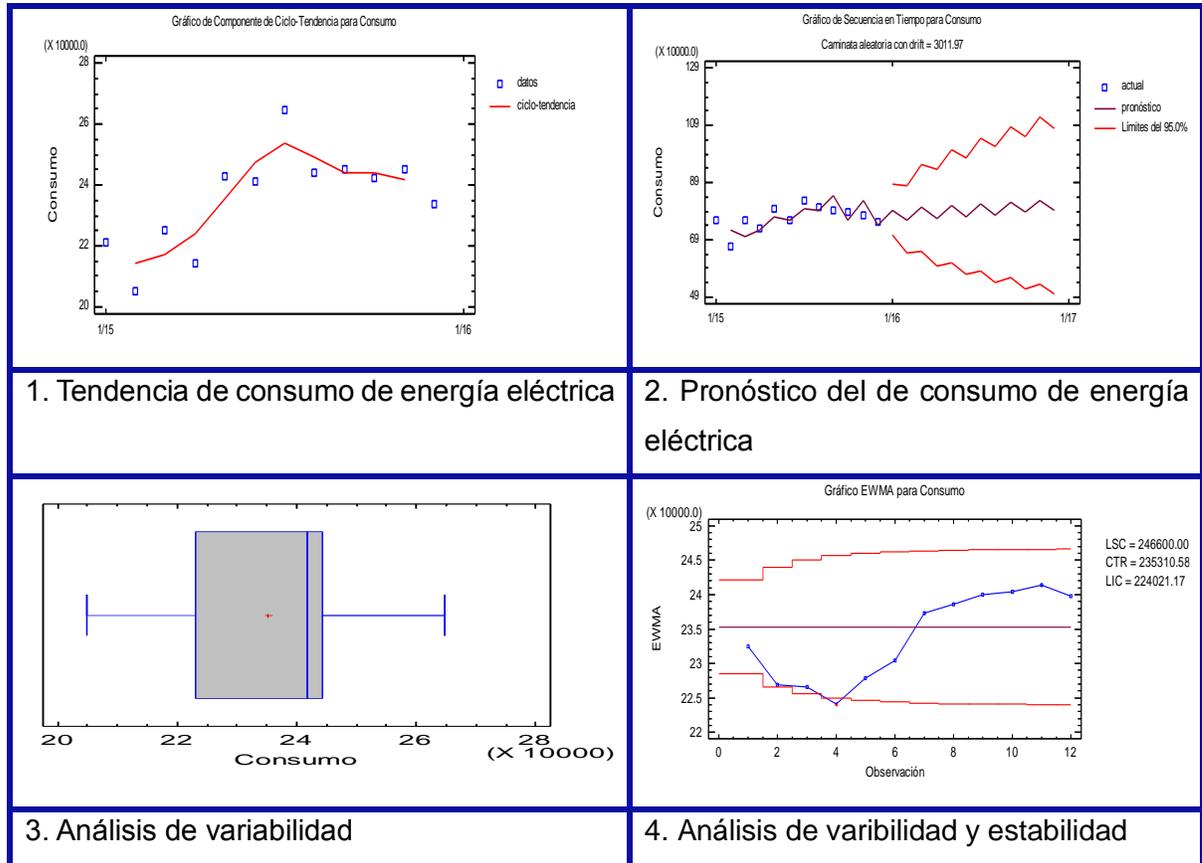


**Figura 2.4:** Análisis del consumo de energía eléctrica Consejo Popular Punta Gorda. **Fuente:** (Correa et.al, 2016)



3. Análisis de variabilidad	4. Análisis de variabilidad y estabilidad
-----------------------------	---

**Figura 2.5:** Análisis del consumo de energía eléctrica Consejo Popular Junco Sur. **Fuente:** (Correa et.al, 2016)



**Figura 2.6:** Análisis del consumo de energía eléctrica Consejo Popular Guaos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016)

Los resultados se describen a continuación:

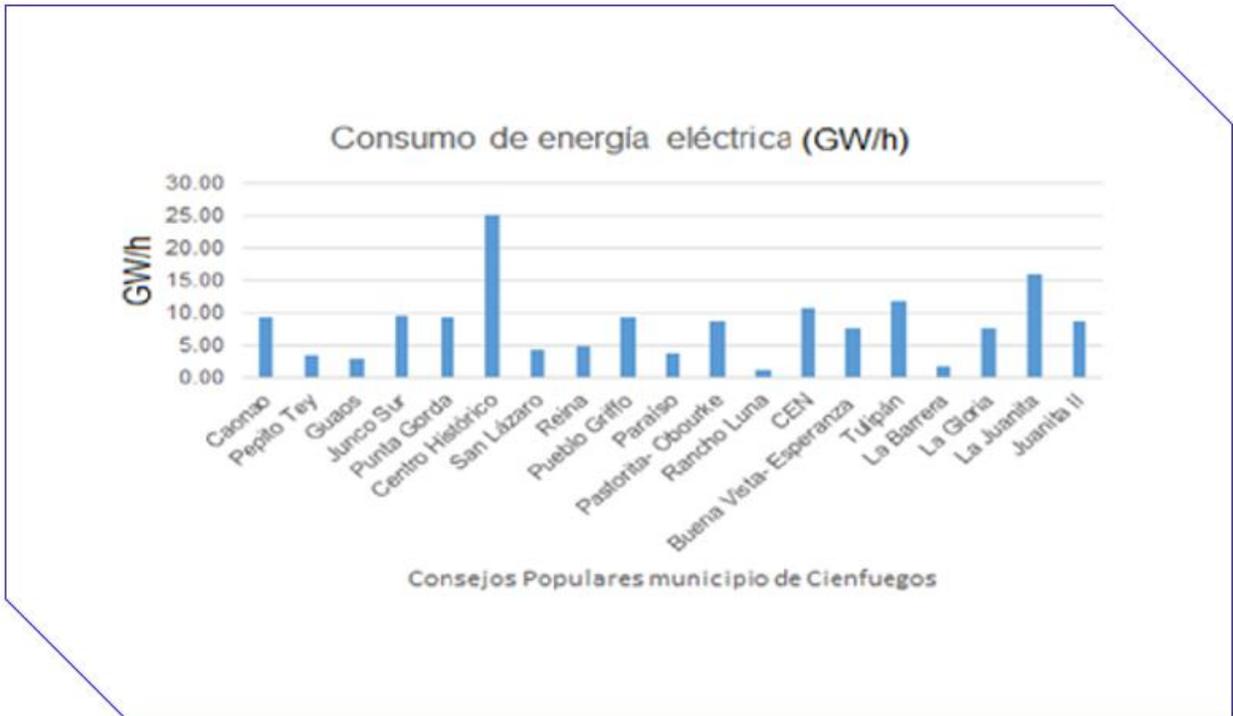
- Variabilidad: describe el comportamiento del consumo de energía eléctrica (kW/h) por CP, según los meses, en este análisis los CP como Juanita II, Punta Gorda, La Barrera y Centro Histórico tienen una variabilidad baja, es decir sus consumos se concentran en altos, medios o bajos consumos según las características de cada CP; para los CP Reina, Buena Vista-Esperanza, 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 Griffó, 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-Esperanza y La Barrera

se evidencia una buena estabilidad, no siendo así para los 15 restantes CP del municipio de Cienfuegos.

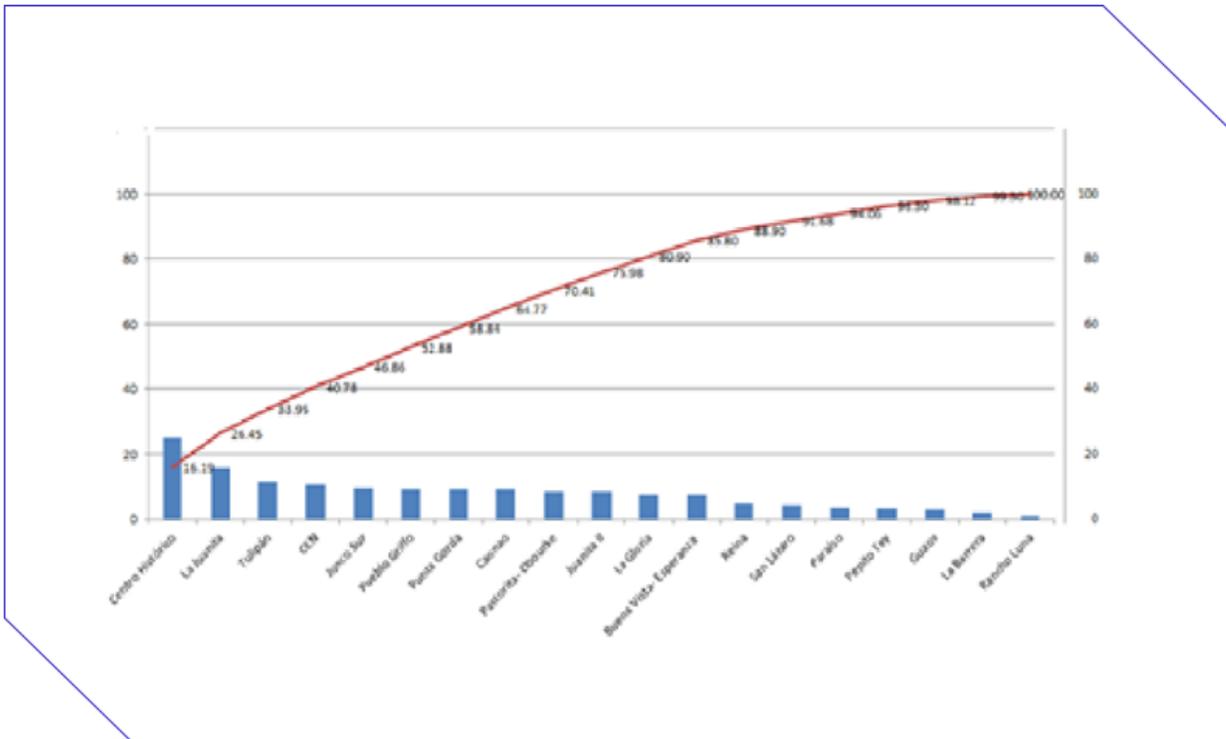
- **Tendencia:** describe el comportamiento a crecer, mantenerse o decrecer en el consumo de energía eléctrica, donde se pueden evidenciar ciclos (crecer y decrecer y viceversa en el tiempo), en el análisis se obtuvo que los CP Pueblo Griffo, Guaos, Buena Vista-Esperanza, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumentado el consumo de febrero a julio y disminuyendo de agosto a enero, los CP Centro Histórico y San Lázaro tiene 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, para los CP Pueblo Griffo, Buena Vista – Esperanza 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 2.7 y 2.8 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 kilowatt/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 2.7:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).



**Figura 2.8:** Estratificación del consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).

## 2.4 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos

En el año 2016 se detectaron 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.

En el año 2017 se detectaron las causas principales y se proponen acciones de mejoras al respecto (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.

	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 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 y 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 se identifican los actores que gestionan la energía en el municipio.

**Tabla 2.3:** Actores que gestionan la información referente a las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017.

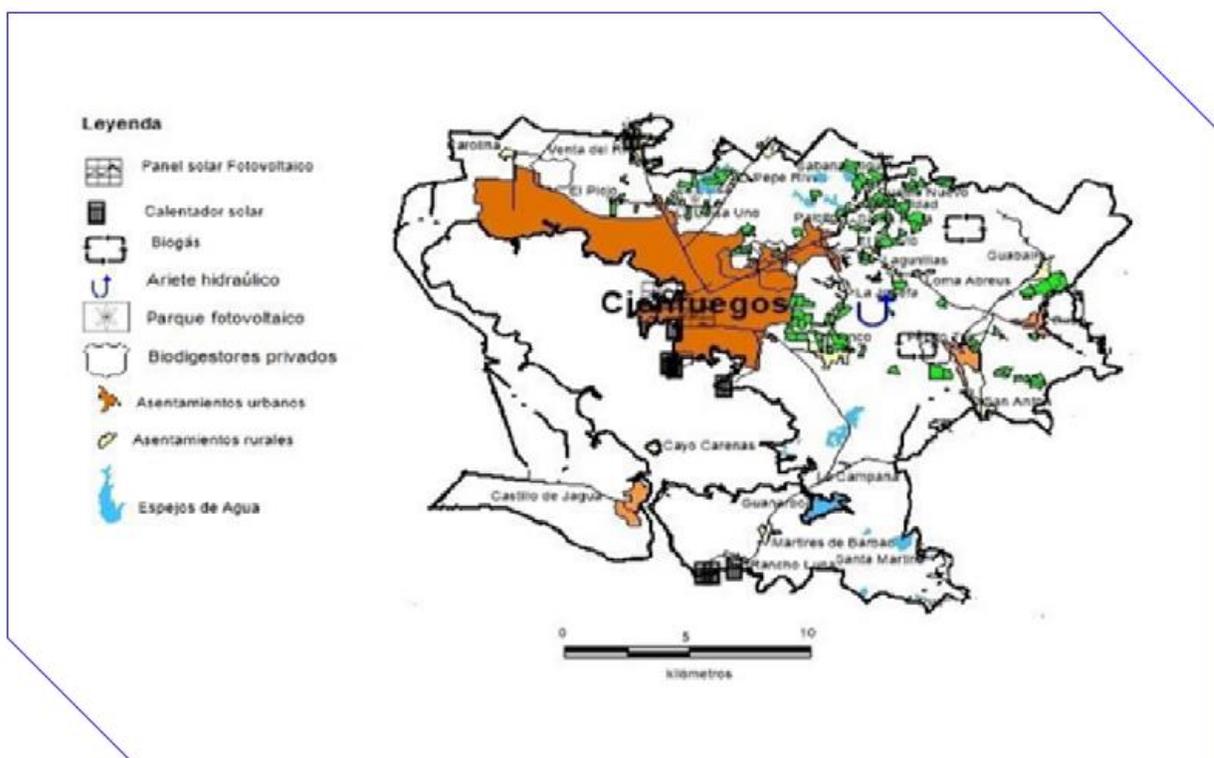
No.	Actor	Información
1	Organización Básica Eléctrica (OBE)	Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos), donde aparecen todos los parques fotovoltaicos de la provincia en el período 2013-2017. Consumo de energía eléctrica sector estatal y privado.
2	Cubasolar	Estado de las FRE 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 FRE (Nfumu, 2017) y potencialidades de desarrollo de las FRE en el municipio (Kimbutu, 2017) se muestran a continuación:

La Figura 2.9 muestra la Matriz 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 2.9:** Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Nfumu, 2017.

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:** Nfumu, 2017.

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
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 está dado por las características de la Matriz 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.

La Tabla 2.5 muestra el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal, la clasificación de edad de la población porcina, el total de biogás al año, el total de energía eléctrica por día y por año respectivamente.

**Tabla 2.5:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal. **Fuente:** Elaboración Propia.

Población Porcina municipal (cabezas de ganado)	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica año (kWh)
198442	7540935.84	12593362.86

En cuanto a la masa porcina existen te en el municipio en el sector estatal se puede obtener 7540935.84m<sup>3</sup> de biogás al año, lo cual representa en energía eléctrica un total de 12593362.86 kWh/año, dejando de emitir al medio ambiente 8500.52 ton de CO<sub>2</sub> al año.

En el sector residencial según la Matriz FRE existen 29 biodigestores en determinados CP. La Tabla 2.6 muestra la potencialidad de generación anual de biogás y de energía eléctrica a partir de los diferentes CP.

**Tabla 2.6:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde biodigestores. **Fuente:** Elaboración Propia.

Consejo Popular	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica año (kWh)
Buena Vista	839.50	1401.97
Caonao	5134.31	8574.30

Guaos	365.00	609.55
Pueblo Griffo	4818.00	8046.06
Paraíso	9752.07	16285.96
Pepito Tey	620.50	1036.24
Punta Gorda	109.50	182.87
Tulipán	5584.50	9326.12
<b>Total municipio</b>	<b>27223.38</b>	<b>45463.04</b>

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.

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.

No	Variables relevantes	Tipo de variables	Descripción
----	----------------------	-------------------	-------------

1	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE.</li> </ul> <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"> <li>• Clasificación por rango de consumo definido por la UNE.</li> <li>• Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo.</li> </ul> <p>Clasificación por Consejo Popular (19)</p>
2	Temperatura seca del aire	Independiente	<p>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.</p>
3	Humedad relativa	Independiente	<p>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.</p>
4	Temperatura de bochorno	Independiente	<p>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.</p>

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, & Butala, 2012; Cabello & <u>et.al.</u> , 2015). Según Krese, Prek, & Butala (2012) y Cabello & <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 & <u>et.al.</u> , 2011; Cabello & <u>et.al.</u> , 2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller & <u>et.al.</u> , 2013; Cabello & <u>et.al.</u> , 2015), para la construcción del año climático según Yang & <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 & Reisel, (2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utilizó la leyenda que se muestra a continuación.

**Tabla 2.8:** Leyenda para el procesamiento de las variables. **Fuente:** Blanco y Santana, 2017.

Variables	Leyenda
Temperatura seca del aire	X <sub>1</sub>
Humedad	X <sub>2</sub>
Temperatura de bochorno	X <sub>3</sub>
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.

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	$Y_{11} = 101010. - 1556.32*X_2 + 7358.93*X_3 + 28.4635*P_{11}$
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

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

Donde:

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

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

$Consumo \text{ LB}_{CPI \text{ período } j}$ : consumo planificado para el período  $j$  determinado por la  $LB_{CPI}$  (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

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

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:** Santana y Blanco, 2017.

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

#### 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. Además, 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 link, que hacen referencia a las páginas relacionadas con la gestión de la energía en Cuba; así como los propios de ella. Contiene tres apartados relacionados con la temática: (1) Educación, (2) Socialización y (3) Operacional, Accediendo a cada apartado se obtiene mucha información sobre el tema que se trata de comunicar.

#### 2.5 Análisis situacional actual de la Gestión Energética Local en Cienfuegos

Para el análisis situacional actual de la GEL en el municipio de Cienfuegos 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.

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

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

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b>k</b>
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 Ingeniería Informática (DIF), Contabilidad y Finanzas (DCF) Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), y representantes 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)
- DrC. Eduardo René Concepción Morales (FIUCF)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

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 1.

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	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
7	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
8	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Medio
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

El análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos a través del diagrama Causa- Efecto que se muestra en el Anexo 2. Se procede a listar las causas potenciales que inciden en la deficiente GEL en Cuba tomando como caso de estudio en municipio de Cienfuegos, en el consenso se obtuvo índice de concordancia igual a 0.89 (W de Kendall).

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

1. Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.
2. Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.
3. Existen pocos proyectos de Desarrollo Local (DL) que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.
4. Indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal ( $EnPI_m$ ) sin validar.
5. Medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.

6. Necesidad de definir en la Estrategia de Desarrollo Económica Social Municipal (EDES) de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.
7. No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por residuos sólidos urbanos (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
Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.	Se determinaron las LBE de los 19 CP el municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial. (Santana y Blanco, 2017)	Realizar la aplicación de las restantes etapas de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba
Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.	La planificación de la energía eléctrica municipal no se realiza sobre bases matemáticas de pronóstico donde se consideren las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial	Validación de las LBEM e indicadores energéticos en el municipio para el sector residencial
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)	Incorporación de las potencialidades energéticas municipales ( Kimbutu, 2017) en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos

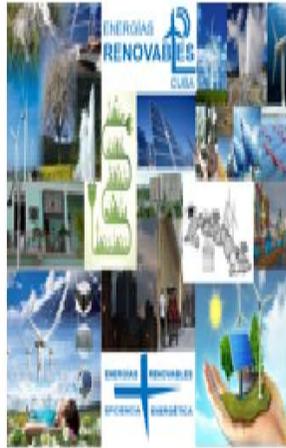
	ninguna tiene en consideración esta temática	
Indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal ( <i>EnPI<sub>m</sub></i> ) sin validar.	Se determinaron los indicadores energéticos por Consejo Popular de y del municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial. (Santana y Blanco, 2017)	Validación de los <i>EnPI<sub>CP</sub></i> y <i>EnPI<sub>m</sub></i> para el sector residencial municipal
Medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.	Se desarrolló el producto informático GEM ( Hurtado, 2017) sin embargo este no ha propiciado la interacción entre las partes e incidir en la planeación energética del municipio	Mejora de la Planificación energética municipal a través del rediseño del producto informático GEM.
Necesidad de definir en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.	La EDESM se encuentra en diseño por el Gobierno Local	Incidir en la incorporación en la EDESM de una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética local
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 una potencialidad energética municipal en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos

Todas las acciones de mejora poseen la misma prioridad es por ello que, conjuntamente a esta investigación, se realicen otras paralelas. En el caso del presente estudio se desarrolla la acción de mejora: Incorporación de las potencialidades energéticas municipales (Kimbutu, 2017) 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: la línea base energética municipal (LBEM) está sin validar, el consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real, existen pocos proyectos de Desarrollo Local (DL) que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local, el indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal está sin validar, los medios de socialización y comunicación no tienen retroalimentación entre las partes, existe la necesidad de definir en la Estrategia de Desarrollo Económica Social Municipal (EDESM) de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética 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 3

## Capítulo III: Propuesta de la tecnología de energía solar fotovoltaica a utilizar en el sector residencial en el municipio de Cienfuegos

### 3.1 Introducción

En este capítulo se realiza la propuesta de la tecnología de energía solar fotovoltaica a utilizar en el sector residencial en el municipio de Cienfuegos a través de la selección del CP, ya sea por calidad o cantidad de vivienda, o su consumo. Para ello se utilizan datos e información ofrecidos por la Empresa Eléctrica Provincial propiciando la propuesta de dicha tecnología.

### 3.2 Metodología para la solución de problemas

En el desarrollo de la investigación se utiliza para el análisis la metodología para la solución de problemas como se muestra en la Figura 3.1.

Para la aplicación de la metodología para la solución de problemas en las etapas generales de las mismas se realizan las siguientes tareas.



**Figura 3.1:** Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial

**Fuente:** Elaboración Propia adaptado de Rodríguez, 2016.

#### 3.2.1 Definición y análisis del problema

En esta etapa se procede a describir el problema de la organización objeto de estudio, se realiza el análisis del proceso, para ello se proponen la utilización de técnicas y herramientas tales como:

- Mapa de procesos.
  1. Mapa general de procesos.
  2. SIPOC.

### 3. Flujogramas.

- Aplicación de listas de chequeo.
- Cuestionarios.
- Priorización de causas.
- Análisis estadísticos.
  1. Análisis de distribuciones.
  2. Capacidad de cumplir las especificaciones.
- Observación directa.
- Revisión de documentos.
- Métodos de expertos.

Se utilizará el método de expertos, el trabajo con expertos permite conocer las opiniones de los especialistas que tienen mayor dominio del tema y así poder realizar una investigación con mayor profundidad. Se realizará el cálculo del número de expertos a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

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

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

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b>k</b>
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.

Se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005) para el cálculo del coeficiente de competencia, 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.

### **3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución**

Se une el paso de análisis y selección de la alternativa de solución con el paso de diseño de la solución, debido a que en la etapa anterior se realiza el análisis del problema, las causas y su priorización. En esta etapa se utilizará la metodología de la 5 Ws y 2 Hs o 5 Ws y 1 H que tiene como finalidad establecer el plan de mejora para lograr el objetivo de la investigación.

### **3.2.3 Implementación**

En esta etapa se implementan las acciones de mejoras dándole seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de los indicadores establecidos en el proceso.

## **3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas**

Se utiliza la metodología para la solución de problemas para dar respuesta a las causas potenciales que inciden en la GEL determinadas en esta investigación.

### **3.3.1 Definición y análisis del problema**

En la investigación realizada por Kimbutu, (2017) se determina como potencialidades del municipio la utilización de energía solar fotovoltaica pero no se realiza por las razones expuestas en el epígrafe 2.4.2. Para ello se propone un nuevo grupo de trabajo determinado por:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- DraC. Margarita Lapido Rodríguez (CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Amaury Ojeda Fernández (OBE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005), del cual se muestra en el epígrafe 2.5.

### 3.3.1.1 Análisis de experticidad

A continuación, se les realiza un análisis de experticidad a dichos expertos según se muestra en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1:** 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	0.90	$0.2+0.3+3(0.03)+0.04=0.63$	0.77	Medio
7	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
8	0.70	$0.2+0.3+0.04+4(0.02)=0.62$	0.66	Medio
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

### 3.3.1.2 Análisis y antecedente de este problema

La provincia de Cienfuegos se ha enfocado en la implementación de nuevas tecnologías, principalmente en la utilización 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 3.2.

**Tabla 3.2** 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 la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3** Ubicación de los paneles solares instalados en viviendas aisladas en la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

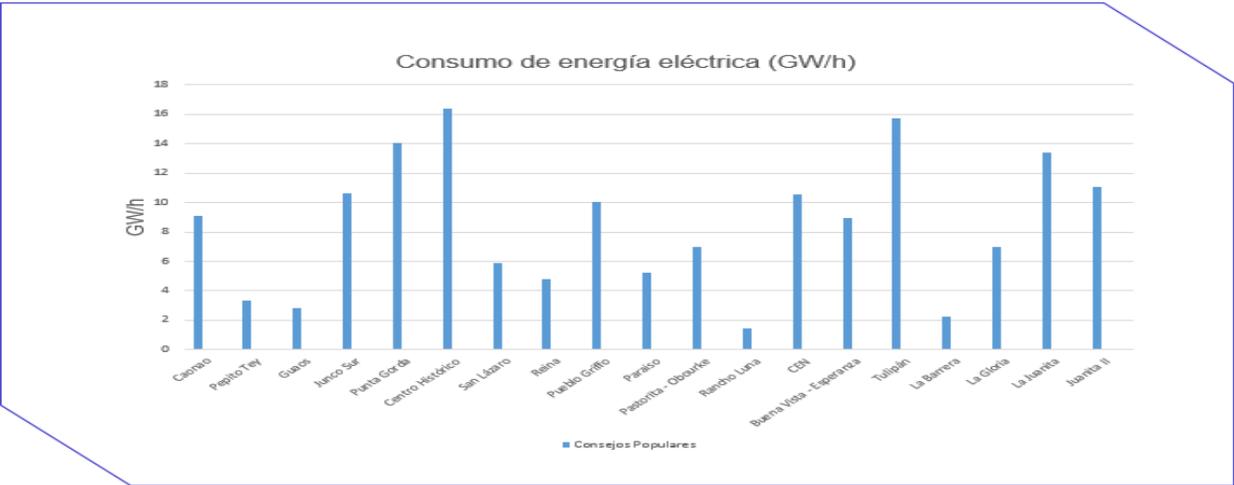
Paneles Solares (Ubicación)	Cantidad
Municipio de Cienfuegos	5
Municipios Restantes	703

Cabe resaltar que estos paneles están instalados en viviendas ubicadas en zonas intrincadas donde se le dificulta el acceso al sistema electroenergético nacional 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 CO<sub>2</sub> 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, sin embargo, 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.

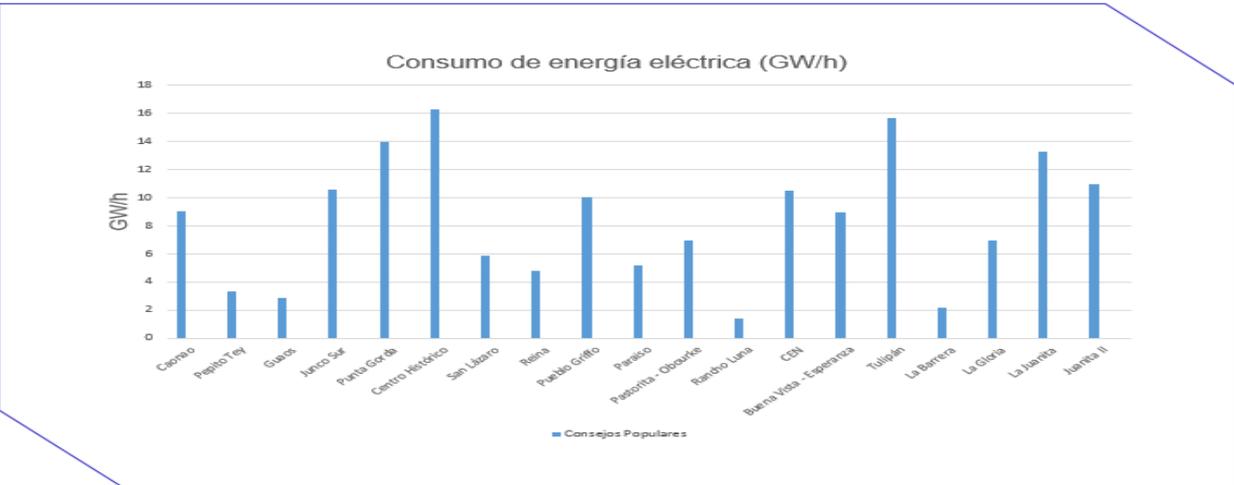
Igualmente, en la Figura 2.4 de dicho capítulo se aprecia el consumo de energía eléctrica en los CP del municipio de Cienfuegos en el año 2015. Donde los CP que más se destacan por ser altos consumidores son: Centro Histórico, La Juanita, Tulipán, La CEN, Junco Sur, Pueblo Griffó, Punta Gorda y Caonao.

Para el año 2016 de manera general en el consumo de energía eléctrica se aprecia un desequilibrio, pues hay CP que disminuyen su consumo tales como Centro Histórico, la Gloria, Pastorita – Obourke, etc. y otros que aumentan como Punta Gorda, Junco Sur, Pueblo Griffo, etc. con respecto al año 2015, donde los CP más consumidores siguen siendo los mismos antes mencionados, exceptuando Caonao, donde en su lugar se tiene a Pastorita – Obourke, tal y como se muestran en la Figura 3.2.



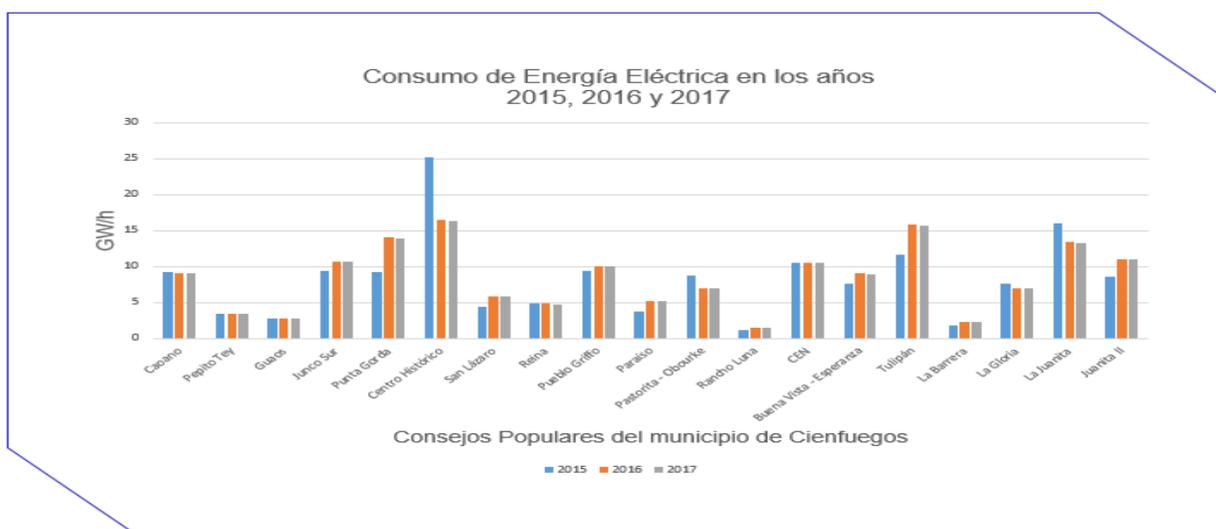
**Figura 3.2:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos para el año 2016. **Fuente:** Elaboración Propia.

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, mostrándose esta información en la Figura 3.3.



**Figura 3.3:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos para el año 2017. **Fuente:** Elaboración Propia.

En la Figura 3.4 se presenta un gráfico resumen que muestra los consumos de energía eléctrica en los años 2015, 2016 y 2017 respectivamente donde se observa que el año de mayor consumo es el 2016, mientras que el de menor es el 2015, mostrándose que no existe uniformidad en el comportamiento de los consumos, pues durante los tres años existen tanto aumentos como disminuciones entre ellos.



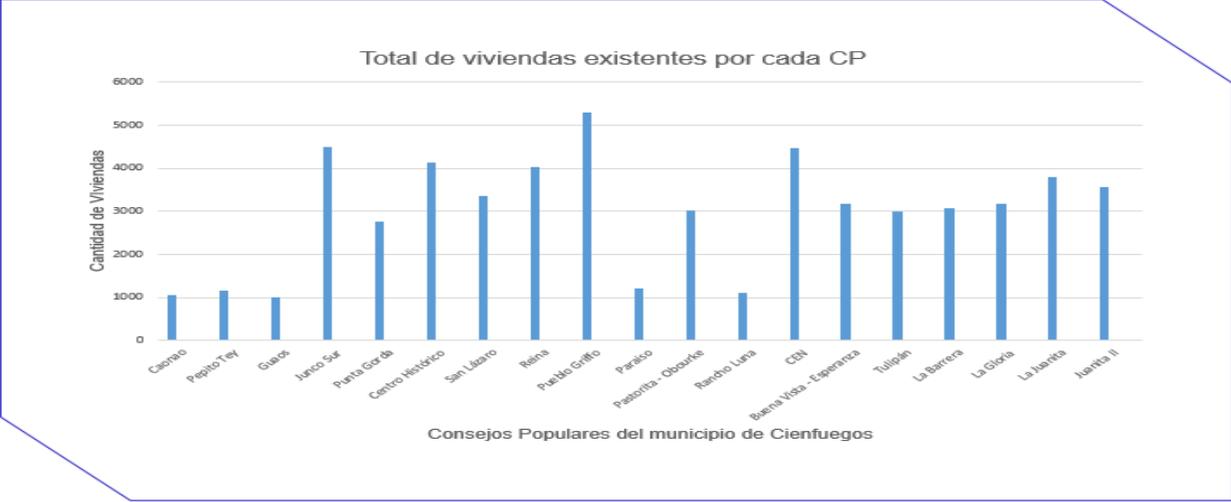
**Figura 3.4:** Consumo de energía eléctrica en los años 2015, 2016 y 2017. **Fuente:** Elaboración Propia.

A partir del análisis de los gráficos correspondientes a los años 2015, 2016 y 2017 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 aumento en su consumo, pero no de forma notable. 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.

### 3.3.2 Análisis, selección y diseño

El fondo habitacional del municipio de Cienfuegos para el año 2016 muestra que existe un total de 56946 viviendas, de ellas 44029 se encuentran en buen estado, 5211 tienen un estado regular

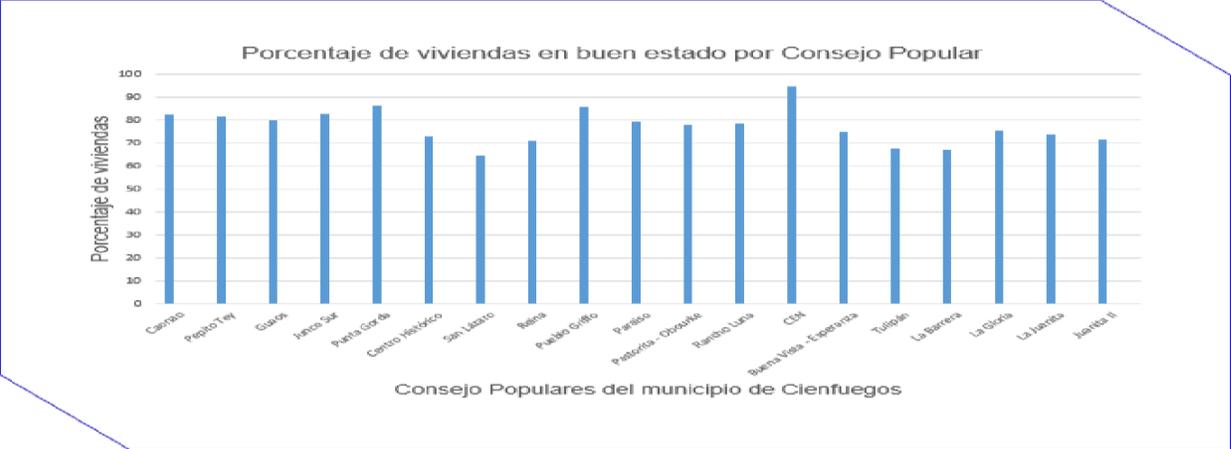
de la vivienda y el mal estado un total de 7706 viviendas, representado un 77%, 9% y 14% respectivamente. La Figura 3.5 muestra el total de viviendas existentes por cada CP.



**Figura 3.5:** Total de viviendas existentes por cada CP. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de Dirección Provincial de Vivienda.

En la Figura 3.5 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.

Otro elemento a tener en cuenta en el análisis, la selección y el diseño, es la calidad de la vivienda, de ahí que se hace necesario un análisis de dicho factor, por lo que la Figura 3.6 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.



**Figura 3.6:** Porcentaje de viviendas en buen estado por CP. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de Dirección Provincial de Vivienda.

En la Figura 3.6 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 tenemos que se pueden clasificar por tipo I, II, III, IV, V, según las características que muestra el Anexo 4, el cual hace referencia a todo lo relacionado con el fondo habitacional inicial para el año 2016 en el municipio de Cienfuegos.

- Selección del CP

Para la selección del CP se muestra la Tabla 3.4 en la que se tienen las variables objeto de estudio por cada CP donde se resaltan aquellos que tienen mayor incidencia en estas variables.

**Tabla 3.4** Resumen de los CP más significativos por cada variable. **Fuente:** Elaboración Propia.

Tipología Cp	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 Griffo	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	

Se debe resaltar que para llevar a cabo la investigación la variable de mayor peso es el alto consumo energía eléctrica, de ahí que la Tabla 3.5 muestre un porcentaje de los CP más consumidores con respecto al consumo total del municipio, así como la cantidad y calidad de las viviendas, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación.

**Tabla 3.5:** 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 (2017)	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 inciden en 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 5). Los resultados se muestran en la Tabla 3.7:

**Tabla 3.7:** Resumen de análisis de normalidad, estabilidad y tendencia. **Fuente:** Elaboración Propia.

Consejo Popular	Normalidad (Valor-P)	Estabilidad S=	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		

- 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 de estos CP proviene de una distribución normal con 95% de confianza. Además, si se observa el gráfico de distribución normal se aprecia que los puntos se encuentran en su mayoría sobre la línea o muy cercanos a ella reafirmando lo anteriormente planteado. 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

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

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

Donde:

St: Índice de inestabilidad

PE: puntos especiales

TP: total de puntos

Rango para la toma de decisiones:

0– 2% Buena Estabilidad

2 – 5% Estabilidad Regular

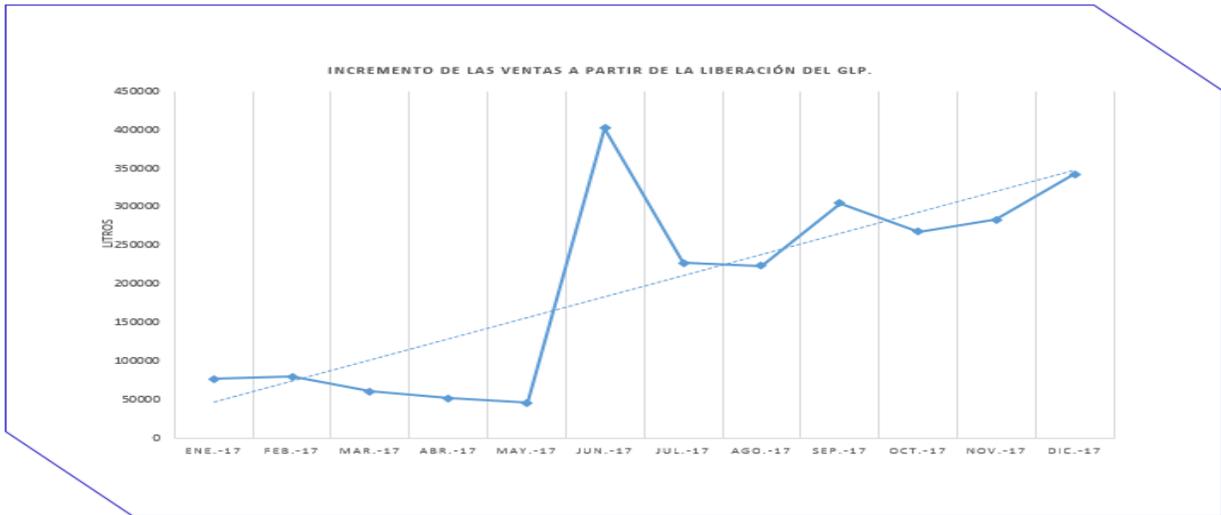
> 5% Mala Estabilidad

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 como es el caso, 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 (ver Figura 3.7).

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 CP de Municipio, cuyos resultados se muestran en el Anexo 6; 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.



**Figura 3.7:** Incremento de las ventas mensuales a partir de la liberación del GLP. **Fuente:** Elaboración propia a partir de CUPET.

### 3.3.3 Aplicación de la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red (EFCR)

La metodología a aplicar para las propuestas de utilización paneles fotovoltaicos en el sector residencial es Aplicación de la metodología para el diseño de edificios fotovoltaicos conectados a la red (EFCR) (González, 2016), la cual se muestra en el Anexo 7.

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 Centro Histórico y Punta Gorda, seleccionándose para el estudio 2 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.

#### 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 de consumo de energía eléctrica: período 2015-2017 (ver Anexo 8, Figura a).

- Normalidad

Según los resultados obtenidos en el análisis de la normalidad 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 hostal proviene

de una distribución normal con 95% de confianza. El gráfico de distribución normal muestra que los puntos se encuentran en su mayoría sobre la línea o muy cercanos a ella reafirmando lo anteriormente planteado.

- Estabilidad

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

De aquí se concluye que los datos del consumo de energía eléctrica para el hostel 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.

- Cálculo del consumo de energía

**Tabla 3.8:** Relación consumo de energía eléctrica e Irradiación solar en el Hostel Ángel e Isabel para el año 2017. **Fuente:** Elaboración Propia.

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> , día)	Consumo/Irradiación (m <sup>2</sup> )
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			

La tabla muestra los consumos de energía eléctrica al mes y al día, a su vez la irradiación solar por meses para el año 2017 que recibe el municipio de Cienfuegos (Ver Anexo 10). El consumo/Irradiación ( $m^2$ ) (sexta columna) se obtiene de la división del consumo en kWh/día (cuarta columna) entre la irradiación (quinta columna). Los números destacados en azul son los valores máximos para cada caso. El procedimiento para obtener el mes de mayor relación de Consumo/irradiación recibe el nombre de procedimiento del peor mes.

- Equipamiento tecnológico

Para la selección de la tecnología se realiza una revisión bibliográfica de la cual se obtienen posibles proveedores a nivel internacional, la tecnología que ofertan, así como su gama, potencia entre otros elementos (ver Anexo 9). Para la investigación no se tiene en cuenta dichos proveedores puesto que a pesar de que su tecnología es muy avanzada, resulta muy costosa. Por otra parte, Cuba cuenta con la producción del Combinado de Componentes Electrónicos (CCE) Ernesto Che Guevara, la única planta cubana que produce paneles solares fotovoltaicos y que está ubicada en la occidental 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 China.

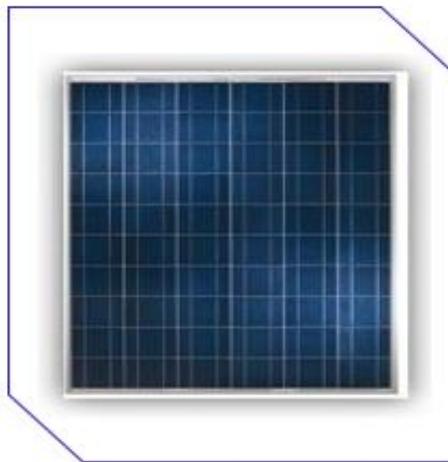
Se utilizará para este proyecto el módulo solar modelo DMS 1240P-CS, del fabricante CCE (Pinar del Río) con una potencia pico de 240 Wp y una tolerancia positiva de + 5W (+2,08%). A continuación, en la Tabla 3.9, se indican algunas de sus características generales, para las Condiciones Estándar de Medida (STC): irradiación de  $1\ 000\text{W}/m^2$ , una temperatura del módulo  $T = 25\ ^\circ\text{C}$  y masa de aire  $AM = 1,5$ . Es necesario resaltar que en las residencias escogidas para la investigación se hará uso de este mismo módulo.

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

**Tabla 3.9:** Datos técnicos del módulo fotovoltaico DMS 240P-CS. **Fuente:** Elaboración propia a partir de González, (2016).

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



**Figura 3.10:** Módulo fotovoltaico DMS 240P-CS. **Fuente:** González, 2016.

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:

- 10% a lo largo de 10 años
- 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.
- 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% entonces podemos 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 hostel objeto de estudio se escoge el mes de enero por ser el de mayor Consumo/Irradiación.

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

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

Para calcular la superficie (en metros cuadrados) que ha de instalarse se emplea la ecuación siguiente:

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

Según los cálculos para una demanda de 62.06451613 kW/h son necesarios 120 m<sup>2</sup>, sin embargo, la terraza (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 60 m<sup>2</sup> y propuesto por el propietario solo se utilizará 20 m<sup>2</sup>, 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<sub>T</sub>) x 4m de ancho (A<sub>T</sub>) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L<sub>M</sub>) x 982 mm (A<sub>M</sub>) x 40 mm, de ahí se obtiene que:

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

Módulo=  $5 * 3 = 15$  módulos

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

Módulo=  $3 * 4 = 12$  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 11 muestra la vista superior de la propuesta del proyecto del hostel Ángel e Isabel.

- Cálculo del ángulo de inclinación

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

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

Por tanto, para lograr un mayor aprovechamiento de la radiación la inclinación de los paneles con respecto a la horizontal debe ser de  $19^\circ$  y la orientación con respecto al sur (Azimut) de  $0^\circ$  pues es la inclinación ideal (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.

- 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 de generación fotovoltaica es a disminuir y el precio del barril de petróleo es muy cambiante.

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.

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 de 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 (Fred), 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:

$\eta_{inv}$  es la eficiencia del inversor (es tomado de referencia para el cálculo)

Fred es un factor de reducción

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

HSP = Promedio de kWh/m<sup>2</sup>

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

Por tanto, la energía generada por este sistema fotovoltaico en un año es de:

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

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

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

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 36% de la energía consumida al año.

### Centro Histórico

El Hostal La Lolita se encuentra ubicado en la avenida 52 No. 3701 entre 37 y 39, Centro Histórico, Cienfuegos y cuenta con 4 habitaciones.

Análisis de consumo de energía eléctrica: período 2016 - 2017 (ver Anexo 8, Figura b).

- 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.

- Estabilidad

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

Los datos del consumo de energía eléctrica para el hostel 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.

- Cálculo del consumo de energía

**Tabla 3.10:** Relación consumo de energía eléctrica e Irradiación solar en el Hostal Ángel e Isabel para el año 2017. **Fuente:** Elaboración Propia.

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m2, día)	Consumo/ Irradiación (m2)
-----	--------------------------	---------	--------------------------	---------------------------------	---------------------------------

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			

Esta tabla muestra la misma información que la Tabla 3.9 pero referente a los consumos de energía eléctrica del Hostal La lolita.

- Cálculos empleados en el diseño de la propuesta

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

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

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

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

Según los cálculos para una demanda de 35,83333333 kW/h son necesarios aproximadamente 65 m<sup>2</sup>, la azotea (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 182 m<sup>2</sup> y propuesto por el propietario solo se utilizará 30 m<sup>2</sup>, 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<sub>A</sub>) x 3m de ancho (A<sub>A</sub>) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L<sub>M</sub>) x 982 mm (A<sub>M</sub>) 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 11 muestra la vista superior de la propuesta del proyecto del hostel 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.

- 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 un año 2017 por el Hostel La Lolita es de 11255 kWh.

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

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 65,82% de la energía consumida al año.

## **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 aproximadamente 210 apartamentos además de 1 bodega, 1 mercado industrial, 1 casilla, 1 librería, 1 correo, 1 consultorio, 1 taller de reparación, 1 parqueo y 1 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 consumen un total de 1179,366667kWh.

Análisis del consumo de energía eléctrica para el 12 Plantas en el año 2017. (Ver Anexo 8, Figura c).

- Normalidad

Al comparar los resultados obtenidos en el análisis de normalidad se determina que el consumo del 12 Plantas posee una distribución normal para un 95% de confianza. El gráfico de distribución normal muestra que los puntos se encuentran muy cercanos a la línea, reafirmando lo anteriormente planteado.

- 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.

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.

- Cálculo del consumo de energía

**Tabla 3.11:** Relación consumo de energía eléctrica e Irradiación solar en el Hostal La Lolita para el año 2017. **Fuente:** Elaboración Propia.

Mes	Consumo mes (kWh/mes)	día/mes	Consumo día (kWh/día)	Irradiación (kWh/m2, día)	Consumo/Irradiación (m2)
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			

- Cálculos empleados en el diseño de la propuesta

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

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

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

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

Según los cálculos para una demanda de 269,877956 kW/h son necesarios aproximadamente 483 m<sup>2</sup>, sin embargo la azotea (lugar donde se instalarán los paneles) tiene 450 m<sup>2</sup>, pero los cálculos para este caso serán realizados bajo la base de 200 m<sup>2</sup>, debido a que esta azotea presenta un gran volumen de espacio utilizado por los tanques de las residencias así como antenas de hogares y pertenecientes a la empresa radio Cuba, entre otros, los cuales limitan aún más 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<sub>A</sub>) x 10m de ancho (A<sub>A</sub>) y el tipo de módulo fotovoltaico seleccionado para hacer la instalación cuenta con dimensiones de 1324 mm (L<sub>M</sub>) x 982 mm (A<sub>M</sub>) 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 decide apostar por la propuesta número 2 pues el área se aprovecha de manera eficiente pues 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 150 X 240W = 36000 Wp= 36 kWp.

- 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 150 módulos necesarios para la propuesta es de 30960 cuc. Hay que resaltar que aún falta el costo de los restantes elementos a tener en cuenta en la instalación de paneles fotovoltaicos.

$$G_e = 36 \text{ kWp} \times 365 \text{ días} \times 5,43416667 \times 0,95 \times 0,78 = 52911 \text{ kWh.}$$

La energía total promedio consumida en un año 2017 por el 12 Plantas es de 440173 kWh.

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

Por tanto, la propuesta diseñada va a suministrar aproximadamente un 12,02% de la energía consumida al año.

### **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:

- Presidente AMPP
- Vicepresidente AMPP
- Secretaría AMPP- 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, CITMA, 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 muestra en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12:** 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 <sup>2</sup> 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.

Teniendo en cuenta las características municipales y también en estudios realizados en conceso con el gobierno municipal debe incorporar la potencialidad relacionada con los RSU como elemento de las FRE a la matriz energética dentro del municipio. En la Tabla 3.13 se muestra la propuesta de la línea estratégica No.4 “Gestión energética y medioambiental” que responde a la sostenibilidad energética local.

**Tabla 3.13:** Líneas estratégicas del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos del Grupo de Proyectos del CAM.

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

La línea estratégica Gestión energética y medioambiental, posibilita la incorporación de proyectos enfocados en la GEL, tales como:

Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local. Fase II. Responde a las necesidades detectadas en su ejecución, pues la validación se realizó en un municipio y existe la necesidad de extenderlo a los restantes municipio de la Provincia de Cienfuegos, agregando que la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) ha mostrado su interés en continuar el proyecto y extenderlo en tiempo, aplicación y recursos. Además el Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local en su ejecución ha identificado y está en la elaboración de dos proyectos que responden al Programa Eficiencia y Conservación Energética, con la siguiente temática: la propuesta para la utilización de fuentes renovables de energía en el sector residencial cubano con la utilización d paneles solares fotovoltaicos.

### **3.5 Conclusiones parciales:**

1. Se seleccionaron los CP más consumidores de energía eléctrica del municipio teniendo en cuenta elementos como cantidad y calidad de viviendas, quedando seleccionados Centro Histórico, Punta Gorda y Pueblo Grippo para el análisis de la propuesta de utilización de paneles solares fotovoltaicos en el sector residencial.
2. De las propuestas presentadas se obtiene que el Hostal Ángel e Isabel en Punta Gorda, tendrá una generación de 5291 kWh, el Hostal La Lolita en Centro Histórico tendrá una generación de 11255 kWh y el 12 Plantas en Pueblo Grippo tendrá una generación de 440173 kWh, equivaliendo a 36%, 65,82% y 12,02% respectivamente de su consumo anual, demostrando así la factibilidad de la aplicación de esta alternativa.



*Conclusiones*

## Conclusiones generales

La presente investigación arriba a las siguientes conclusiones:

1. La utilización de la energía solar fotovoltaica como FRE se hace una alternativa prioritaria en un mundo cada vez más consumidor, Cuba a pesar de ser un país en vías de desarrollo no está exento a esta realidad pues trabaja en la implementación de estas nuevas tecnologías con la puesta en marcha de parques fotovoltaicos por todo el país y la potencialidad de irradiación solar de 5 kWh/m<sup>2</sup>.
2. A través de un estudio realizado se determinan las potencialidades de FRE en el municipio de Cienfuegos quedando sin llevar a cabo la propuesta de utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial debido a que no se contaba con datos e informaciones necesarias para el estudio, tales como: tipo de tecnología, eficiencia neta, tipología de las edificaciones, metros cuadrados de fabricación de la vivienda (contenido Catastro, DPPF), selección de las viviendas y selección del Consejo Popular.
3. 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 Centro Histórico y Punta Gorda para el análisis del sector no estatal dentro del sector residencial y Pueblo Griffo para el análisis en edificios multifamiliares.
4. Se realizan dos propuestas para los tres casos de estudio dando como resultado que:
  - El Hostal Ángel e Isabel en Punta Gorda, tendrá una generación de 5291 kWh lo que representa un 36% de su consumo anual.
  - El Hostal La Lolita en Centro Histórico tendrá una generación de 11255 kWh lo que representa un 65,82% de su consumo anual.
  - El 12 Plantas en Pueblo Griffo tendrá una generación de 440173 kWh lo que representa un 52911 kWh de su consumo anual.



*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.



# Bibliografía

- Agencia Internacional de la Energía AIE. (2015a). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. IEA PUBLICATIONS.
- Agencia Internacional de la Energía AIE. (2015b). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. IEA PUBLICATIONS.
- Blanco y 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.
- Borroto, A. (2002). Gestión energética empresarial. Universo Sur.
- Bote D. M. (2014). ). *Contribucion a la integración de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: recurso solar y prediccion de generación*" (Tesis de Grado). Escuela Técnica Superior de ingenieros de Telecomunicación, Madrid, España.
- BSI. (2015). Abu Dhabi City Municipality achieves certification to ISO 9001 and ISO 50001. Retrieved from <https://www.bsigroup.com/en-AE/About-BSI/Media-Center/Press-releases/2015/january/Abu-Dhabi-City-Municipality-achieves-certification-to-ISO-9001-and-ISO-50001/>
- Cabello, J., & et\_al. (2015). Bridging universities and industry through cleaner production activities. Experiences.
- Camacho, L. (2016). Cuba en camino de renovar su matriz energética. Centro de Información para la Prensa, de la Unión de Periodistas de Cuba.
- Center for History and New Media. (n.d.). Guía rápida. Retrieved from [http://zotero.org/support/quick\\_start\\_guide](http://zotero.org/support/quick_start_guide)
- Centro de Noticias de la ONU. (2015). La Agenda de Desarrollo Sostenible. Retrieved from <http://www.un.org/.../la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030/>

- Cilveti P. (2010, September). *Proceso de creación de una Planta Solar Fotovoltaica conectada a Red* (Tesis de Grado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- CITMA. (2014, June). Indicaciones metodológicas para la actividad de programams y ciencia, tencología e información.
- Correa, J. Cabello, Nogueira, D. Rodríguez, S. Capillo, E. Cruz. (2016). Diagnóstico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos sector residencial. *Universo Sur*.
- Correa, J., González, S., & Hernández, Á. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*. Retrieved from <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/>
- Domínguez Delgado Jessica. (2017, February 10). Energía renovable: ¿solución para Cuba? Retrieved from <http://progresosemanal.us/20170210/energia-renovable-solucion-cuba/>
- Droege, P. (2006). *The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution*. London: Halcyon Books.
- Elnakat, A., & Gómez, J.D. (2015). Energy engenderment: an industrialized perspective assessing the Importance of engaging women in residential energy consumption management.
- 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*. Retrieved from <http://energy.gpcog.info/>
- <http://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/208882/05/07/RSC-La-localidad-alemana-de-Dardesheim-la-primera-del-mundo-en-alimentarse-al-cien-por-cien-de-energias-renovables.html/>
- Europa Press. (2007, May 8). La localidad alemana de Dardesheim, la primera del mundo en alimentarse al cien por cien de energías renovables. Retrieved from <http://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/208882/05/07/RSC-La-localidad-alemana-de-Dardesheim-la-primera-del-mundo-en-alimentarse-al-cien-por->

cien-de-energias-renovables.html/

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

Retrieved from <http://www.cubainformacion.tv/>

Gasquet I. H. L. (2004). *Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos*.

Genevieve, D., & et al. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,.

González Meneses Alfredo Alejandro. (2016). *Diseño de un parque solar fotovoltaico conectado a la red en techos del Despacho Provincial de Villa Clara*. 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* (Trabajo de Diploma). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.

Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar. (2004). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México.

Haller, M., & et\_al. (2013). Dynamic whole system testing of combined renewable heating systemse. The current state of the art. *Energy Build*.

Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1335–1348.

Hui, S. (2001). ). Low energy building design in high density urban cities., (*Renewable Energy*). Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00049-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00049-0)

Hurtado Ledisney. (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.

ICLEI. (2011). Local Government for Sustainability. The contribution of ICT to energy efficiency: Local and regional initiatives.

- Instituto Europeo de Posgrado. (2016). Proyectos internacionales. Retrieved from <https://www.rekursosenprojectmanagement.com/proyectos-internacionales/>
- IODS. (2017, July). Informe de los Objetivos de desarrollo sostenible 2017. Retrieved from [http://sdgactioncampaign.org/wp-content/uploads/2017/07/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017\\_Spanish.pdf](http://sdgactioncampaign.org/wp-content/uploads/2017/07/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017_Spanish.pdf)
- 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.
- 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.
- Krese, G., Prek, M., & Butala, V. (2012). Analysis of building electric energy consumption. *Strojniski vestnik-Journal*.
- Lalupú H. A. C. (2013, October). *Sistema solar fotovoltaico conectado a la red en el centro materno infantil de la Universidad de Piura* (Tesis de Grado). Universidad de Piura, Perú.
- Lamingueiro O. P. (2013, diciembre). Energía Solar Fotovoltaica.
- Lazo, M. (2002). *Modelo de Dirección del Desarrollo Local (MDDL) con enfoque estratégico. Experiencia en Pinar del Río*. (Tesis Doctoral). Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría," Facultad de Ingeniería Industrial. La Habana.
- León, C., & Miranda, L. (2006). Economía regional y desarrollo. Selección de lecturas. Felix Varela.
- Lerch, D. (2007). Post carbon cities: Planning for energy and climate uncertainty.
- 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,.
- Mallorca Micaela. (2017). Las energías renovables como política de Estado. Retrieved from

<http://@MicaMallorca.com/>

Mazarredo F. d. D. d. (2009). *Instalación solar fotovoltaica de 100kW de conexión a la red en Lorca, Murcia*. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.

Molina, M. (2016). Cienfuegos continúa apostando a la energía solar. Retrieved from <http://internet@granma.cu/>

Moreno, C. (2016). Cuba 100% con energías renovables. Imperativo de las actuales generaciones de cubanas y cubanos. Retrieved from <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia62/HTML/articulo02.htm/>

MSc. Steyners Toledano José Leopoldo Lic. Ferrer Castellanos Yens William Lic. Salazar Caramazana Dayron Lorenzo Lic. Díaz Matos Mayler Lic. Abreu Chang Greter. (2017). Herramienta para el diseño y evaluación del proyecto de iniciativa municipal para el desarrollo local con enfoque integral y sistémico del desarrollo.

Nfumu. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos.

Núñez G. C. (2007). *Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica*.

OBS. (2016). ¿Cuáles son los principales tipos de proyectos?

Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2016). Anuario Estadístico de Cuba 2015. Retrieved from <http://www.onei.cu/>

Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2017). Anuario Estadístico de Cuba 2016.

Páez, A. (2009). *Sostenibilidad urbana y transición energética. Un desafío institucional*.

Planelles Manuel. (2016, June 22). La Cumbre de París cierra un acuerdo histórico contra el cambio climático. Retrieved from [https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910\\_209267.html/](https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html/)

Prosperi Marco C. M. Ing. (n.d.). *Energía Solar Fotovoltaica*.

- 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.* Retrieved from [http://kotisivukone.fi/files/testataan.kotisivukone.com/julkaisut/exploring\\_quadruple\\_helix2010-1.pdf](http://kotisivukone.fi/files/testataan.kotisivukone.com/julkaisut/exploring_quadruple_helix2010-1.pdf)
- Bayer, P., Dolan, L., & Urpelainen, J. (2013). Energy for Sustainable Development. 17.
- Bird, S., Achuthan, A., Ait Maatallah, O., Hu, W., Janoyan, K., Kwasinski, A., et al. (2014). *Energy for Sustainable Development* (19th ed.).
- Bruckner, T. (1997). *Energy* (22nd ed.).
- Lim, E. (2012). Smart Energy Management for Small Municipalities. Strategic Energy Innovations.
- Lin, G. (n.d.). *Energy* (35th ed.). Retrieved from <http://www.elsevier.com/locate/energy> . DOI:10.1016/j.energy.2010.01.042/
- Magnin, G. (2002). Ville et énergie. ¿De quoi parle-t-on?”. Actes du Colloque “Ville, Énergie et Environnement.
- Magnin, G., & Menanteau. (1995). *Ville et énergie: faut-il redéfinir la place des collectivités locales dans les politiques énergétiques? La revue de l'énergie.*
- Mateo, J. (2012). La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina. Científico-Técnica.
- Michalus, J.C. (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 Doctoral). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.
- Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Resolución 12. Creación de la Oficina nacional para el*

*control del Uso Racional de la Energía ONURE.*

Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2017). Anuario Estadístico de Cuba 2016.

Páez, A. (2009). Sostenibilidad urbana y transición energética. Un desafío institucional. Planelles Manuel.

Planelles Manuel. (2016, June 22). La Cumbre de París cierra un acuerdo histórico contra el cambio climático. Retrieved from [https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910\\_209267.html/](https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html/)

Revé. (2016a). Avanza Cuba en el empleo de energías renovables. Retrieved from <http://www.evwind.com/>

Revé. (2016b). Energías renovables y ahorro energético en Cuba. Retrieved from <http://www.cubahora.cu/>

Roca José A. (2015). La demanda eléctrica mundial crecerá un 70% hasta 2040 y la mitad de la nueva capacidad será renovable. Retrieved from <https://elperiodicodelaenergia.com/la-demanda-electrica-mundial-crecera-un-70-hasta-2040-y-la-mitad-de-la-nueva-capacidad-sera-renovable/>

Rodríguez. (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.

Rodríguez Castellón Santiago. (2002). Estrategia y políticas de Cuba con respecto al uso de fuentes de energía alternativa. Félix Varela. Retrieved from <http://revolucioncubana.cip.cu/logros/desafios-del-desarrollo-economico/estrategia-y-politicas-de-cuba-con-respecto-al-uso-de-fuentes-de-energia-alternativa/> Centro de Información para la Prensa/

Rodríguez, J. (2014). Cuba y sus perspectivas energéticas, una revisión reciente (II). Retrieved

from <http://www.cubadebate.cu/>

Roqueta, R. (2014). *Procedimiento de cálculo para la ubicación de paneles fotovoltaicos*.

Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.

S. E. International. (n.d.). *Fotovoltaica. Manual de diseño e instalación*.

Santana y 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.

Santana, H. (2013). *Determinación de la incidencia de la instalación de nuevos parques fotovoltaicos en la red de 33kV de Yaguaramas* (Trabajo de Diploma). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.

Schallenberg Rodríguez Julieta C., Piernavieja Izquierdo Gonzalo, Hernández Rodríguez Carlos, Unamunzaga Falcón Pedro, García Déniz Ramón, DíazTorres Mercedes,... Subiela Ortin Vicente. (2008, abril de). *Energías renovables y eficiencia energética*.

Sera A. S. (2013). *Energía solar fotovoltaica. Temas seleccionados*. Academia.

Tamayo León René. (2017, July 10). El actual impulso a las fuentes renovables de energía (FRE) permitirá acelerar la obtención de los niveles de generación de electricidad «limpia» previstos a alcanzar inicialmente en 2030. Retrieved from <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/administracion-de-proyectos/tipos-de-proyectos-y-sus-principales-caracteristicas/>

Velázquez, G. (2013). *Explotación de red de 33 kV en Villa Clara con parques fotovoltaicos* (Trabajo de Diploma). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara.

Yang, L., & et\_al. (2011). A new method to develop typical weather years in different climates for building energy use studies.



*Aneiros*

## Anexos

**Anexo 1:** Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos. **Fuente:** Cortés e 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			

Se utiliza la fórmula siguiente:

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

Donde:

Kc: 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.

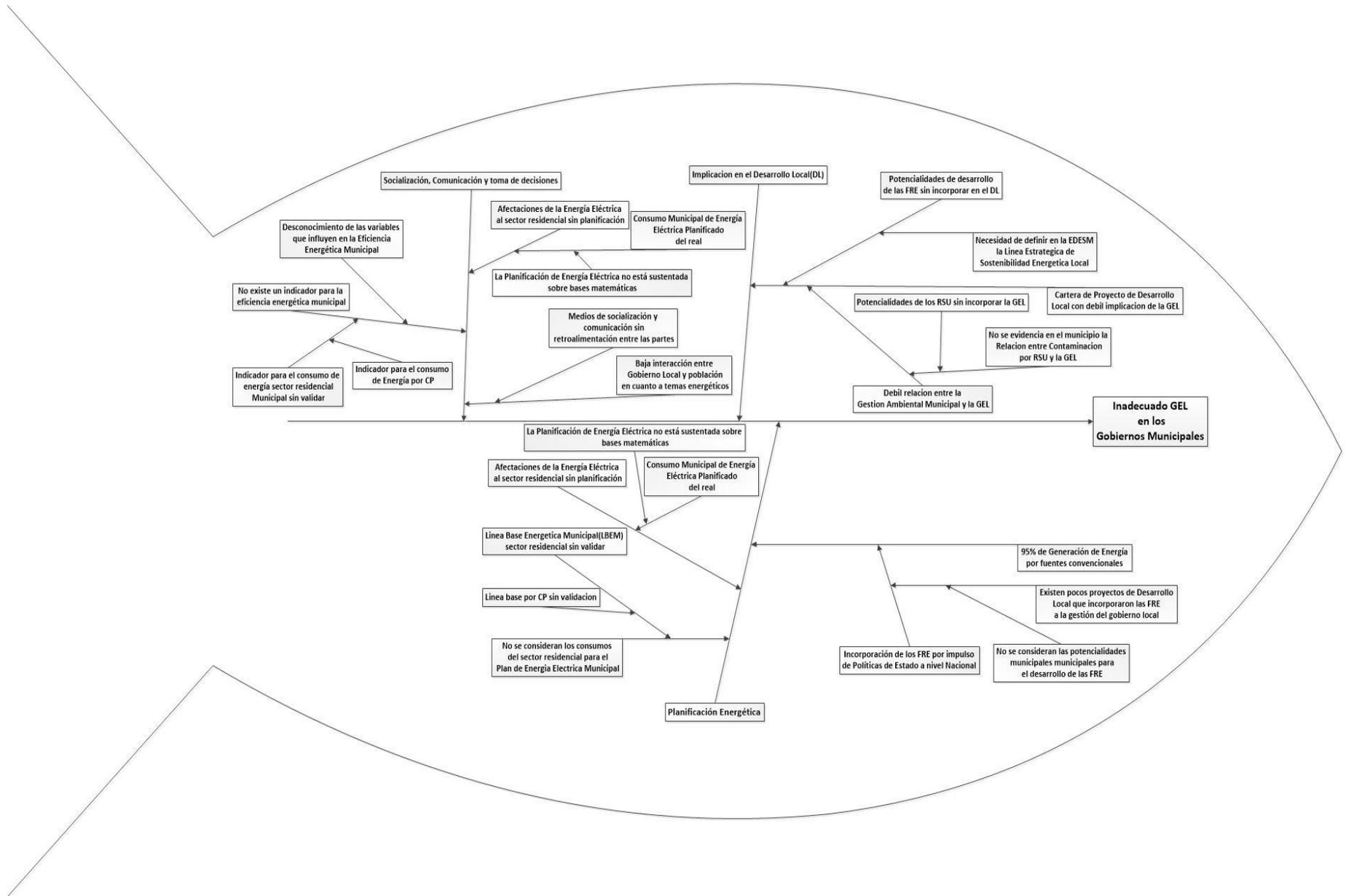
Ka: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la siguiente tabla:

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 Kc y Ka se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia Kcomp 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 3:** Diagrama Causa-Efecto de la GEL en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.



**Anexo 4:** Tabla para la selección de las tipologías constructivas de la vivienda. **Fuente:** Dirección Provincial de Vivienda.

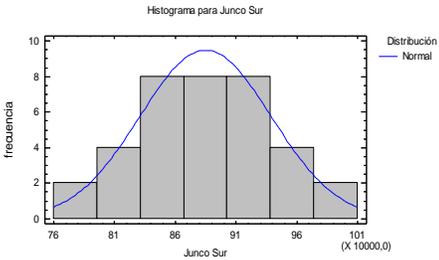
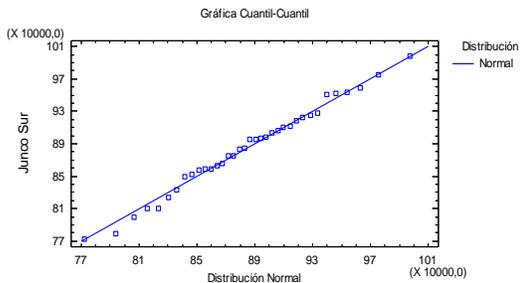
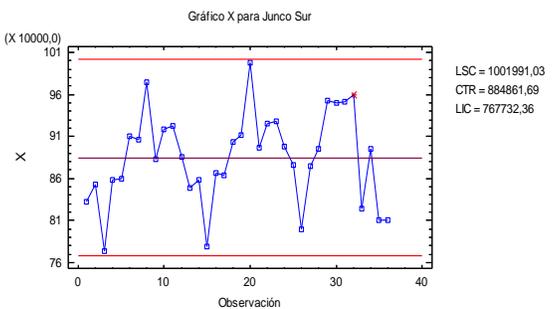
Tipología	Paredes	Techos	Pisos
I	<p>Paneles prefabricados de hormigón.</p> <p>Muros de mampostería, de piedras, ladrillos de barro.</p> <p>Bloques de canto.</p> <p>Bloques de suelo estabilizado.</p> <p>Estructura de hormigón o de acero y panelería ligera.</p> <p>Paredes de PVC rellenas de hormigón.</p>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

<p>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>III</p>	<p>Muros de adobe.  Muros de Tapial.  De madera aserrada, cepillada machi – hembra.  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"> <li>• Tejas criollas de barro.</li> <li>• Tejas francesas de barro.</li> <li>• Tejas de microconcreto.</li> <li>• Tejas de fibrocemento.</li> <li>• Tejas metálicas.</li> <li>• Canalones de fibrocemento.</li> </ul>	<p>Terrazo  Mármol  Gres  Hidráulica  Mosaicos</p>

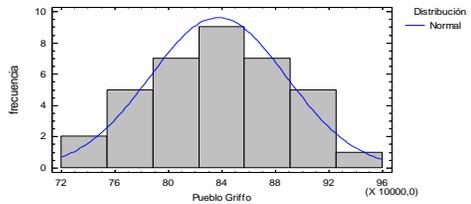
	<p>Muros de adobe.</p> <p>Muros de Tapial.</p> <p>De madera aserrada, cepillada machi – hembra.</p> <p>De madera aserrada.</p> <p>De tabla de palma.</p>	<p>Soportería de madera aserrada o rolliza con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tejas criollas de barro.</li> <li>• Tejas francesas de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

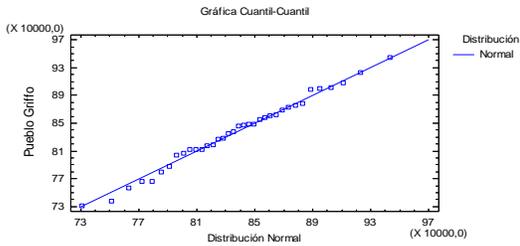
**Anexos 5:** Gráficos de salidas de normalidad, estabilidad y tendencia para los 8 CP más consumidores del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

**a) Junco Sur**

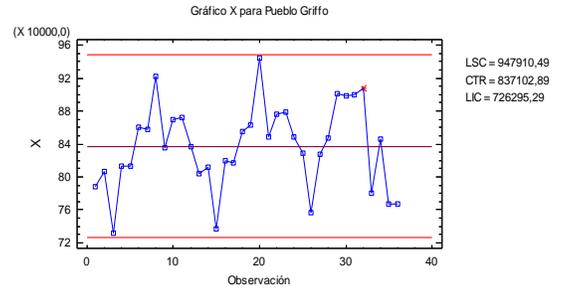
 <p>Histograma para Junco Sur</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Prueba</i></th> <th><i>Estadístico</i></th> <th><i>Valor-P</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estadístico W de Shapiro-Wilk</td> <td>0,983345</td> <td>0,893307</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893307
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>					
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893307					
<p>1. Histograma para Junco Sur.</p>	<p>2. Pruebas de Normalidad para Junco Sur.</p>						
 <p>Gráfica Cuantil-Cuantil</p>	 <p>Gráfico X para Junco Sur</p> <p>LSC = 1001991,03 CTR = 884861,69 LIC = 767732,36</p>						
<p>3. Gráfico Cuantil-Cuantil para Junco Sur.</p>	<p>4. Gráficos de Individuos para Junco Sur.</p>						

**b) Pueblo Griffo**

 <p>Histograma para Pueblo Griffo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Prueba</i></th> <th><i>Estadístico</i></th> <th><i>Valor-P</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estadístico W de Shapiro-Wilk</td> <td>0,983345</td> <td>0,893314</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893314
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>					
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893314					
<p>1. Histograma para Pueblo Griffo.</p>	<p>2. Pruebas de Normalidad para Pueblo Griffo.</p>						

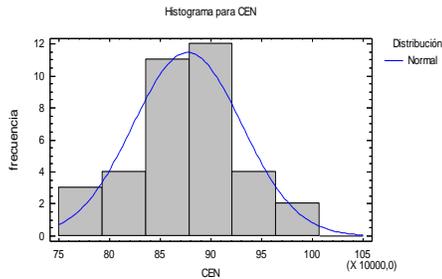


3. Gráfico Cuantil-Cuantil para Pueblo Griffo.



4. Gráficos de Individuos para Pueblo Griffo.

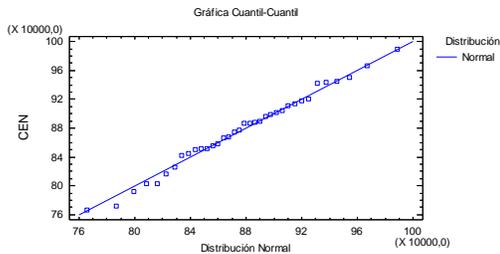
**c) CEN**



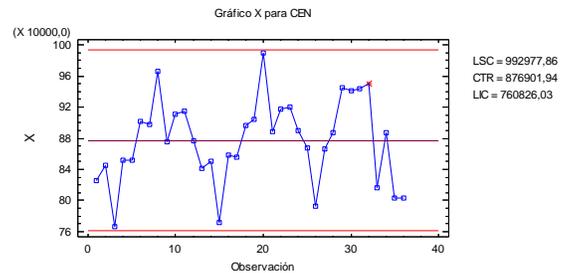
1. Histograma para CEN.

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983346	0,893328

2. Pruebas de Normalidad para CEN.

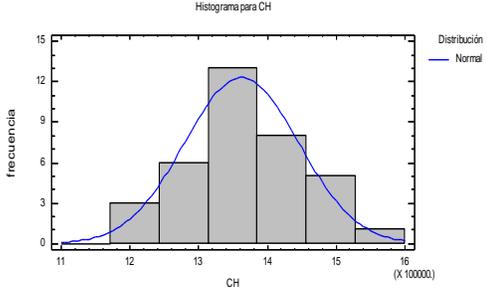
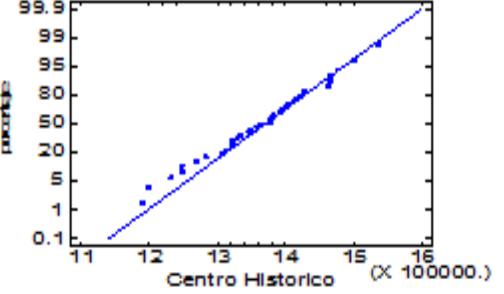
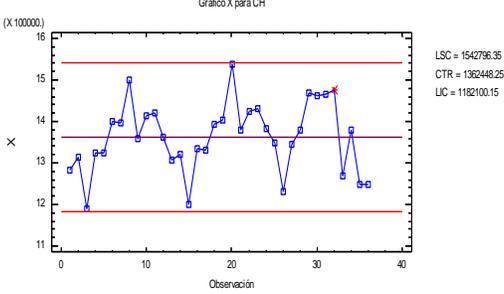


3. Gráfico Cuantil-Cuantil para CEN.

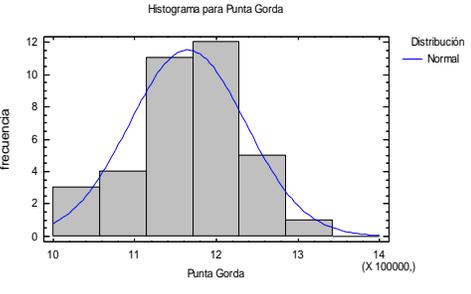


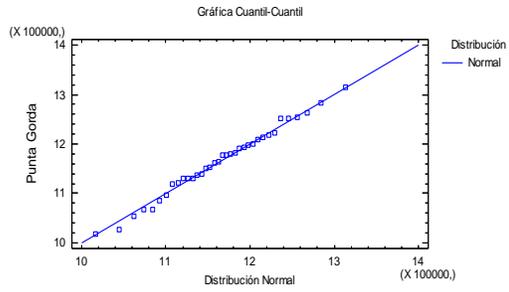
4. Gráficos de Individuos para CEN.

### d) Centro Histórico

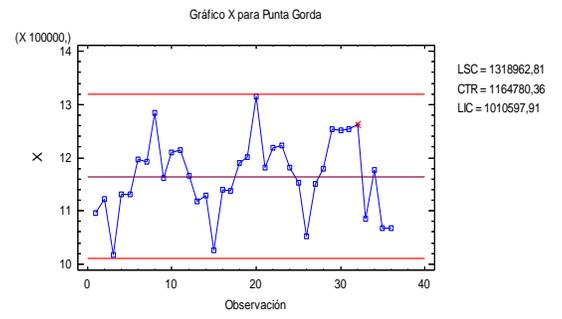
 <p>Histograma para CH</p>	<p>Prueba de Kolmogorov-Smirnov</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Normal</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DMAS</td> <td>0.0547843</td> </tr> <tr> <td>DMENOS</td> <td>0.0728635</td> </tr> <tr> <td>DN</td> <td>0.0728635</td> </tr> <tr> <td>Valor-P</td> <td>0.990982</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Normal</i>	DMAS	0.0547843	DMENOS	0.0728635	DN	0.0728635	Valor-P	0.990982
	<i>Normal</i>										
DMAS	0.0547843										
DMENOS	0.0728635										
DN	0.0728635										
Valor-P	0.990982										
<p>1. Histograma para Centro Histórico.</p>	<p>2. Pruebas de Bondad de Ajuste para Centro Histórico.</p>										
 <p>Gráfico de Probabilidad Normal</p>	 <p>Gráfico X para CH</p> <p>LSC = 1542796.35 CTR = 1362448.25 LIC = 1182100.15</p>										
<p>3. Gráfico de Probabilidad Normal para Centro Histórico.</p>	<p>4. Gráficos de Individuos para Centro Histórico.</p>										

### e) Punta Gorda

 <p>Histograma para Punta Gorda</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Prueba</i></th> <th><i>Estadístico</i></th> <th><i>Valor-P</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estadístico W de Shapiro-Wilk</td> <td>0,983345</td> <td>0,893325</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893325
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>					
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,983345	0,893325					
<p>1. Histograma para Punta Gorda.</p>	<p>2. Pruebas de Normalidad para Punta Gorda.</p>						



3. Gráfico Cuantil-Cuantil para Punta Gorda.



4. Gráficos de Individuos para Punta Gorda.

**Anexo 6:** 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

<b>¿Has adoptado su municipalidad política para ocuparse de lo siguiente? Marque sí o no, o no aplicable (NA), para cada uno de lo siguiente:</b>			
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:

<b>Educación y alcance de las políticas.</b>	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	
c. Promueve la educación y alcance a las escuelas sobre los esfuerzos del gobierno local con el fin de lograr una			

<p>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>		X	
<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>		X	

Educación sobre 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:

<b>Educación y alcance de los programas y operaciones.</b>	Sí	No	NA
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.		X	
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.		X	

**Anexo 7:** 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 (EFCR)**

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.

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 (González, 2016):

- 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 (Núñez, 2007).

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 (Núñez, 2007).

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" (Núñez, 2007).

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos) (Núñez, 2007).

### 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. (Núñez, 2007).

### 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 (Núñez, 2007).

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.

Un inversor suele estar compuesto por los siguientes bloques (Lamingueiro, 2013):

- 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 (González, 2016).

- 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 (Mazarredo, 2009).
- 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 (Mazarredo, 2009).

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.

- 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.

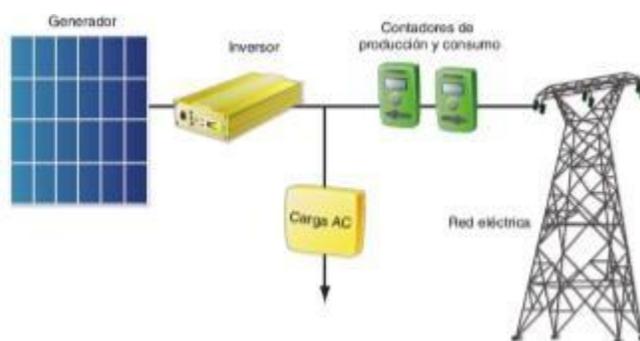
Un buen cableado debería evitar grandes pérdidas de voltaje y proveer una aislación eléctrica para reducir el riesgo de que ocurran accidentes si altos voltajes se hacen presentes en el sistema (González, 2016).

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 (González, 2016).

Los elementos del sistema fotovoltaico cuenta en su mayoría con una larga vida útil, aspecto al cual se hace referencia en la siguiente tabla (Lalupú, 2013):

**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 (Cilveti, 2010).

Azimut ( $\alpha$ ) e inclinación ( $\beta$ )

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  $0^{\circ}$  respecto al sur y la inclinación suele estar entre los  $25^{\circ}$  y  $30^{\circ}$ , 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 (Cilveti, 2010).

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 (Cilveti, 2010).

### 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 (Cilveti, 2010).

### 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 (Cilveti, 2010).

### 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 (Cilveti, 2010).

### 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  $15^{\circ}$  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 (Cilveti, 2010).

### Temperatura.

Se produce una pérdida de potencia cuando el módulo trabaja con células superiores a los  $25^{\circ}\text{C}$  (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 (Cilveti, 2010).

## 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  $I_{sc}$  (Cilveti, 2010).

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 (Lamingueiro, 2013).

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 (Lamingueiro, 2013).

**Tabla:** Efecto de las sombras sobre las celdas fotovoltaicas (González, 2016).

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%

De conversión.

Las pérdidas del inversor por no trabajar en el Punto de Máxima Potencia están comprendidas entre un 4 y un 10%. 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 (Cilveti, 2010).

Estas pérdidas se dividen en (Bote, 2014):

- 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 (Gasquet, 2004).

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 (Gasquet, 2004).

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 (Cilveti, 2010).

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 (Cilveti, 2010).

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 ( $\eta_{cs}$ ), conocido también como rendimiento de la conversión energética, relaciona la potencia eléctrica que puede entregar la célula ( $P_M$ ) y la potencia de la radiación incidente sobre ella ( $P_R$ ) de la siguiente forma:

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

$I_M$ : Es la corriente máxima.

$V_M$ : Es la tensión máxima.

FF: Es el factor de forma.

I<sub>cc</sub>: Es la corriente de cortocircuito.

V<sub>ca</sub>: 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 ( $\eta_{MPPT}$ ) 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.

## 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 ( $\eta_{sfv}$ ) 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:

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

$\eta_{sfv}$ : Es el rendimiento del sistema fotovoltaico, o rendimiento total.

$\eta_{cs}$ : Es el rendimiento de la célula solar.

$\eta_{MPPT}$ : Es el rendimiento del seguidor del punto de máxima potencia

$\eta_i$ : 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 (González, 2016):

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

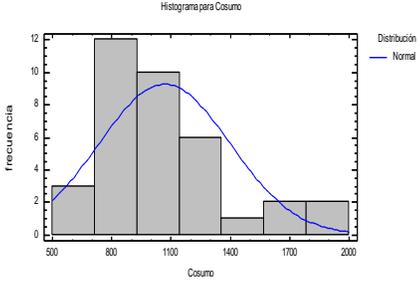
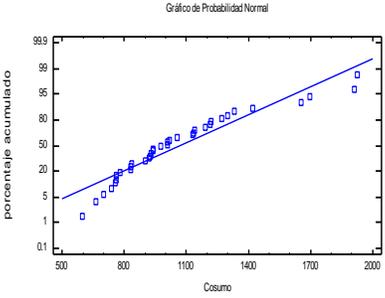
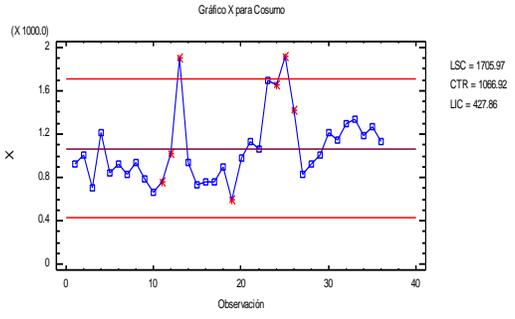
- Regulaciones de la red del servicio público.

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 (González, 2016):

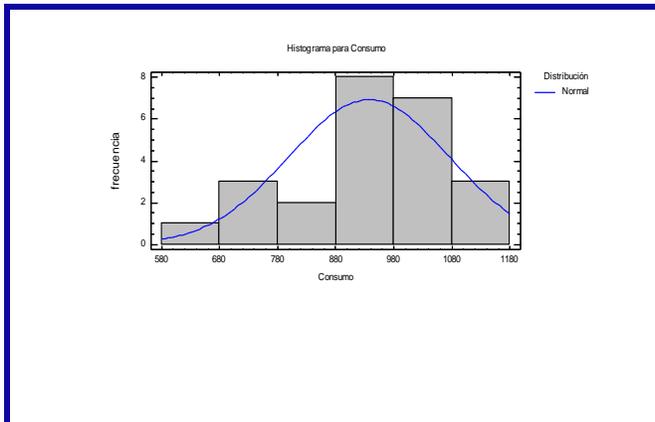
Energía generada = Energía consumida + Pérdidas propias del sistema FV

**Anexo 8:** 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) Hostal Ángel e Isabel**

 <p>Histograma para Cosumo</p> <p>Distribución Normal</p>	<p>Prueba de Kolmogorov-Smirnov</p> <table border="1" data-bbox="959 661 1398 926"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Normal</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DMAS</td> <td>0.140726</td> </tr> <tr> <td>DMENOS</td> <td>0.0846239</td> </tr> <tr> <td>DN</td> <td>0.140726</td> </tr> <tr> <td>Valor-P</td> <td>0.483924</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Normal</i>	DMAS	0.140726	DMENOS	0.0846239	DN	0.140726	Valor-P	0.483924
	<i>Normal</i>										
DMAS	0.140726										
DMENOS	0.0846239										
DN	0.140726										
Valor-P	0.483924										
<p>1. Histograma para Casa de Renta Punta Gorda.</p>	<p>2. Pruebas de Bondad de Ajuste para Casa de Renta Punta Gorda.</p>										
 <p>Gráfico de Probabilidad Normal</p>	 <p>Gráfico X para Cosumo</p> <p>LSC = 1705.97 CTR = 1066.92 LIC = 427.86</p>										
<p>3. Gráfico de Probabilidad Normal para Casa de Renta Punta Gorda.</p>	<p>4. Gráficos de Individuos para Casa de Renta Punta Gorda.</p>										

b) Hostal La Lolita.

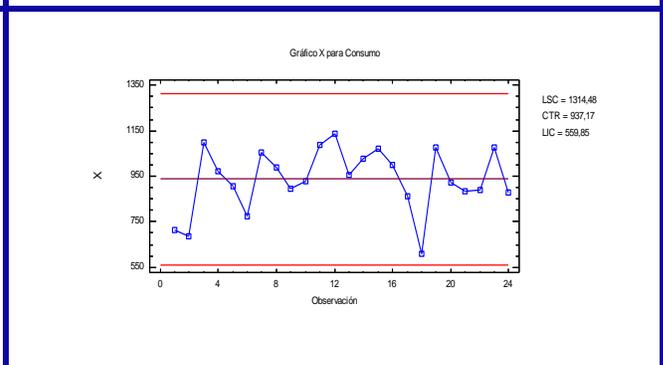
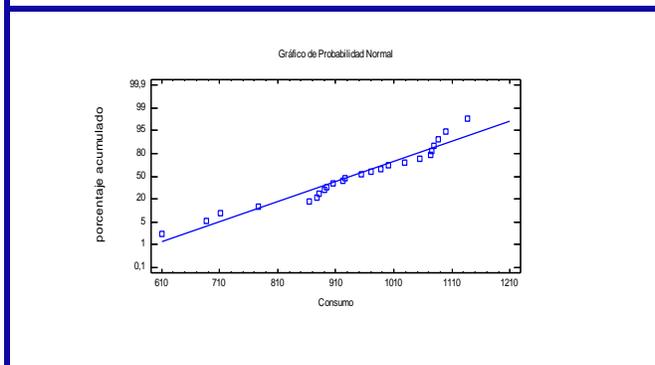


Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0777731
DMENOS	0,131658
DN	0,131658
Valor-P	0,799732

1. Histograma para Casa de Renta Centro Histórico.

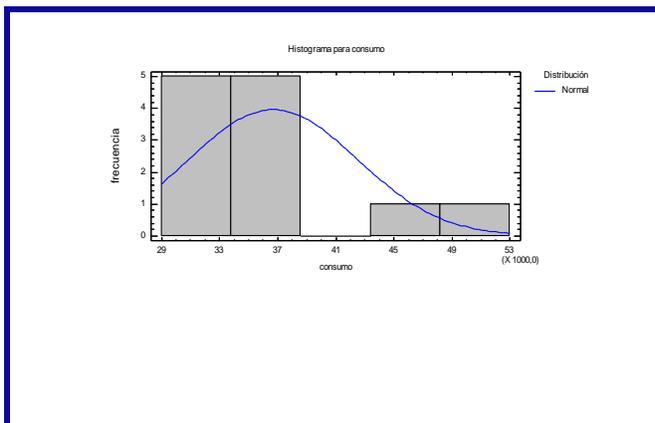
2. Pruebas de Bondad de Ajuste para Casa de Renta Centro Histórico.



3. Gráfico Cuantil-Cuantil para Casa de Renta Centro Histórico.

4. Gráficos de Individuos para Casa de Renta Centro Histórico.

c) Edificio 12 Plantas Pueblo Griffo.

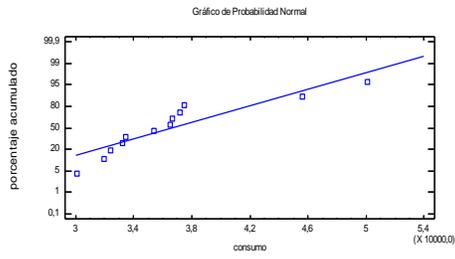


Prueba de Kolmogorov-Smirnov

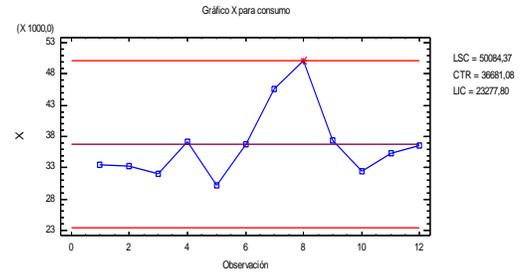
	<i>Normal</i>
DMAS	0,279128
DMENOS	0,129096
DN	0,279128
Valor-P	0,308843

1. Histograma para 12 Plantas Pueblo Griffo.

2. Pruebas de Normalidad para 12 Plantas Pueblo Griffo.



3. Gráfico Cuantil-Cuantil para 12 Plantas Pueblo Griffo.



4. Gráficos de Individuos para 12 Plantas Pueblo Griffo.

**Anexo 9:** 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
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

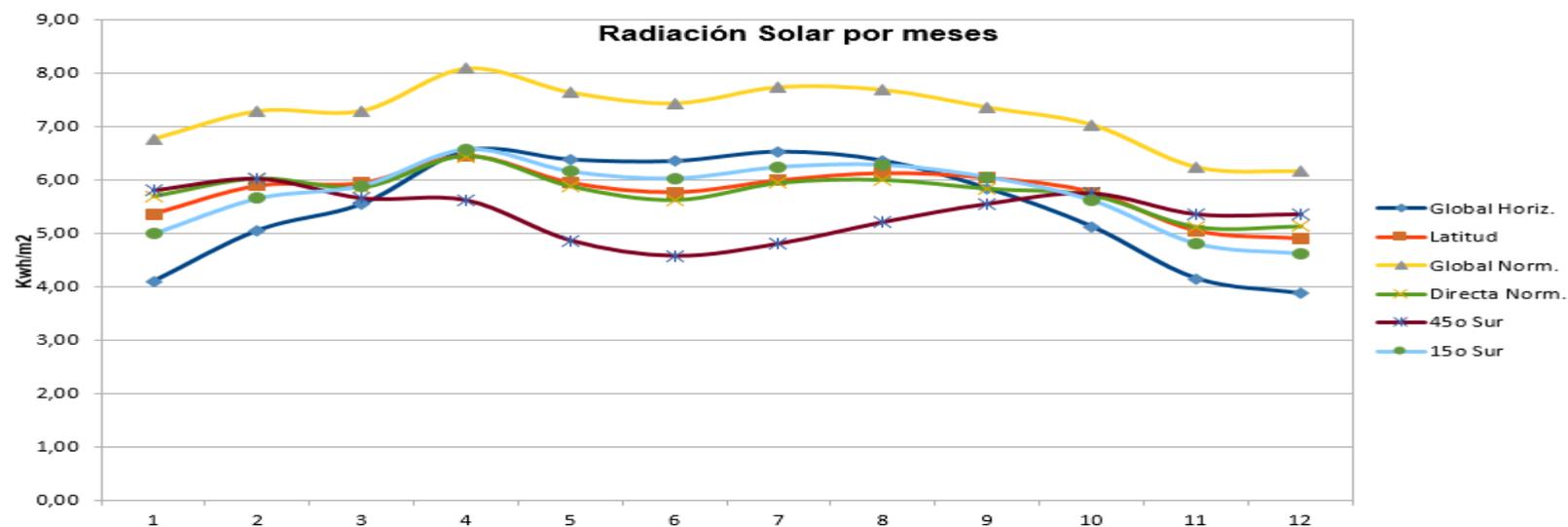
### Anexo 10: Valores de Radiación Solar sobre Superficies con varias inclinaciones (kWh/m<sup>2</sup>)

**Latitud:** 21,30  
**Longitud:** -80,20

Valores de Radiación Solar sobre Superficies con varias inclinaciones (Kwh/m<sup>2</sup>)

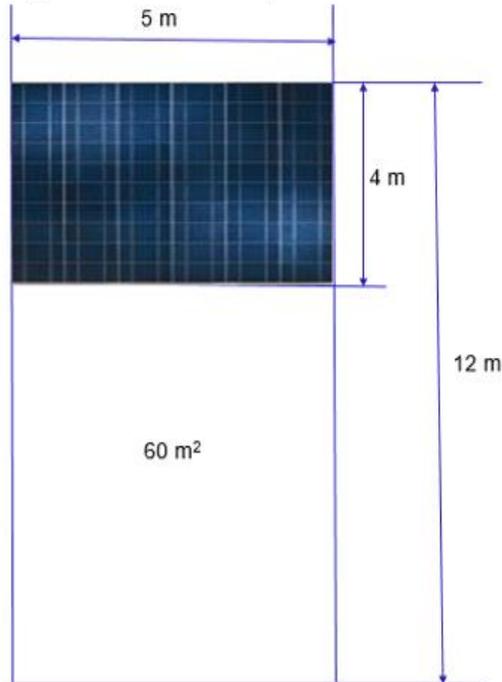
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Global Horiz.	4,11	5,06	5,56	6,56	6,39	6,36	6,54	6,37	5,85	5,13	4,16	3,88	5,49
Latitud	5,37	5,90	5,95	6,46	5,95	5,77	6,00	6,14	6,05	5,78	5,05	4,90	5,74
Global Norm.	6,77	7,29	7,30	8,09	7,64	7,44	7,74	7,69	7,36	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 11:** 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**

