



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ"
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO: ESTRUCTURA ENERGÉTICA PERÍODO
2012-2017 Y PROYECCIÓN HASTA EL 2030 DEL
MUNICIPIO DE CIENFUEGOS.

Autores: Yudiel A. Díaz Viñales

Geydilena García Monteagudo

Tutoras: MSc. Ing. Jenny Correa Soto

Ing. Daniela M. Sánchez Salmerón

Cienfuegos, 2020

Pensamiento



*Hay sueños que al comienzo nos parecen IMPOSIBLES,
luego IMPROBABLES y si nos comprometemos
seriamente, se vuelven INEVITABLES.*

Mahatma Gandhi

Dedicatoria

A mi madre, familiares, amigos y personas que me han acompañado, aconsejado, criticado y apoyando en todo momento para que el día de hoy sea el profesional en el que me convertiré a partir de ahora.

Yudiel

***A mis seres queridos que de alguna forma fueron mi
inspiración y, principalmente a mi Mamá por poner
siempre mis metas por delante de las suyas, por ser una
guía y por todo el esfuerzo realizado para apoyarme en el
logro de mis sueños.***

Geydilena

Agradecimientos



Agradecer en primer lugar a esa profesora, madre y amiga que se convirtió en mi hermosa tutora Jenny Correa quien compartió tiempo de trabajo y asilamiento social debido a la pandemia global Covid-19 para ser posible esta meta.

A mi amiga Daniela por el apoyo y asesoramiento en la preparación de este trabajo.

Al claustro de profesores que me impartieron clases durante estos cinco años.

A mi familia y amigos que me apoyaron en la realización de este trabajo.

A todos los que contribuyeron con la culminación exitosa de mi tesis de grado.

A todos muchas Gracias.

Yudiel

A mis padres:

A mi mamá Mabel por su dedicación y apoyarme, contenerme cuando me derrumbo y enseñarme que no hay sueños imposibles e inalcanzables, sólo luchar por lograrlo. A mi papá Manuel por enseñarme siempre a ser mejor ser humano y crecer ante las dificultades y a alcanzar mis metas aunque no esté cerca de mí.

A mi familia:

A mis abuelos Norka y Raúl por siempre estar ahí y darme este espíritu de mejora constante, a mi hermano Yunior por ser esa inspiración y tener la suerte de estar en mi vida; estas personas me llenan de orgullo y me hacen la persona más feliz del mundo.

A mis tutoras:

A Jenny Correa por su gran dedicación, su paciencia y el poder contar con ella cuando más la necesité. Por todas las horas que le robé y por estar conmigo en el momento preciso conjuntamente con su bebé.

A Daniela por ser capaz de ayudarnos en la conformación de este gran proyecto, por las horas dedicadas de su tiempo hacia nosotros que fueron muchas.

Al claustro de profesores que me impartieron clases durante estos 5 años, a mis amigos y compañeros de aula con quienes me divertí y fueron especiales para mí

A todos Muchas Gracias, Geydilena

Resumen

Resumen

La presente investigación con el título “Estructura energética periodo 2012-2017 y proyección hasta el 2030 del municipio de Cienfuegos” tiene como objetivo general proponer una metodología que permita establecer la estructura de la matriz energética del municipio de Cienfuegos para el periodo 2012 – 2017 y su proyección para el 2030 donde el gobierno local cuente con la estructura de una matriz energética que le permita desarrollar las fuentes renovables así como la utilización eficiente de la energía. La estructura de dicho periodo se realiza a través de la metodología propuesta por Sánchez (2019) para el Balance Energético Municipal (BEM) seleccionándose como objeto de estudio el municipio de Cienfuegos, aplicándose tanto en el sector estatal como el privado en el periodo 2012-2017.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática acerca de la gestión energética municipal, se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos y Despliegue de la Función de Calidad.

Palabras claves: Desarrollo local, gestión energética municipal, gobierno local, energía, balance energético municipal.

Abstract

Abstract

The present research with the title "Energy structure 2012-2017 period and projection until 2030 of the municipality of Cienfuegos" has the general objective of proposing a methodology that allows establishing the structure of the energy matrix of the municipality of Cienfuegos for the period 2012-2017 and its projection for 2030 where the local government has the structure of an energy matrix that allows it to develop renewable sources as well as the efficient use of energy. The structure of said period is carried out through the methodology proposed by Sánchez (2019) for the Municipal Energy Balance (BEM), selecting the municipality of Cienfuegos as the object of study, applying both to the state and private sectors in the 2012 period- 2017.

In the development of the research, an impact literature review is carried out that addresses the issue of municipal energy management, techniques and tools are used such as: interviews, document review, work with experts and the Quality Function Deployment (QFD).

Key words: Local development, municipal energy management, local government, energy, municipal energy balance.



Índice

Índice

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 11

CAPÍTULO I: GESTIÓN ENERGÉTICA LOCAL 14

1.1 INTRODUCCIÓN 14

1.2 DESARROLLO LOCAL 15

1.2.1 Concepciones sobre el desarrollo local 15

1.2.2 Modelos de desarrollo local 16

1.2.3 Desarrollo local en Cuba 16

1.2.4 Modelos de desarrollo local en Cuba 16

1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GESTIÓN ENERGÉTICA 18

1.3.1 Eficiencia energética 18

1.3.2 Gestión energética 19

1.3.3 Norma internacional ISO 50 001: 2018 19

1.4 GESTIÓN ENERGÉTICA LOCAL 22

1.4.1 Concepción de la gestión energética local 24

1.4.2 Desarrollo de la gestión energética local 25

1.4.3 Gestión energética local en Cuba 27

1.5 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO LOCAL 28

1.5.1 Metodologías para el diagnóstico energético local 28

1.5.1.1 Metodología para el diagnóstico energético municipal 28

1.5.1.2 Diagnóstico del consumo de energía para los municipios 30

1.5.1.3 Diagnóstico de la administración local 32

1.5.1.4 Diagnóstico territorial del área local 33

1.5.1.5 Auditoría medioambiental y plan de participación: herramientas para la ejecución de la Agenda Local 21 35

1.5.1.6 Procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba. 36

1.6 BALANCE ENERGÉTICO 37

1.6.1 Balance Energéticos Locales 38

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL BALANCE ENERGÉTICO MUNICIPAL EN CIENFUEGOS 39

2.1 INTRODUCCIÓN 39

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS 39

2.3 ANÁLISIS DEL BALANCE ENERGÉTICO EN EL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS 42

2.3.1 Metodología para el balance energético municipal en Cuba. 42

2.3.2 Resultados de la aplicación de la metodología para el balance energético en el municipio Cienfuegos 43

Paso 1: Clasificación de las fuentes energéticas del municipio Cienfuegos 43

Paso 2: Fuentes energéticas externas. Importaciones 44

Paso 3: Fuentes energéticas primarias propias. Generación de energía eléctrica 45

Paso 4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos 47

Paso 5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos 48

Paso 6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos 49

Paso 7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio Cienfuegos 49

Paso 8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos 51

Paso 9: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos 52

2.4 METODOLOGÍA PARA EL BALANCE ENERGÉTICO MUNICIPAL EN CUBA 54

2. 4. 1 Análisis de la metodología para el balance energético municipal 54

CAPÍTULO 3: BALANCE ENERGÉTICO AL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS EN EL PERÍODO 2012 – 2017 Y

PROYECCIONES HACIA EL 2030 60

3.1 INTRODUCCIÓN	60
3.2 PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL BEM EN CUBA	60
3.2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones en el período 2012 – 2017.....	60
3.2.2 Fuentes energéticas propias en el período 2012 - 2017. Generación de energía	61
3.2.3 Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas	61
3.2.4 Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio en el período 2012 – 2017.....	62
3.2.5 Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	62
3.2.6 Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio entre 2012 y 2017	63
3.2.7 Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio en el período 2012 – 2017	64
3.2.8 Consumo total de energía eléctrica en el municipio entre 2012 – 2017.....	64
3.2.9 Consumo final de energía en el municipio Cienfuegos en el período 2012 – 2017	65
3.3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL BEM EN CUBA	65
3.3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones en el período 2012 – 2017.....	66
3.3.2 Fuentes energéticas propias en el municipio Cienfuegos en el período 2012 - 2017. Generación de energía	68
3.3.3 Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas del municipio Cienfuegos en el período 2012 - 2017.....	70
3.3.4 Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	71
3.3.5 Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	72
3.3.6 Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	74
3.3.7 Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio Cienfuegos en el período 2012 – 2017	76
3.3.8 Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	77
3.3.9 Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017	78
3.4 PROYECCIÓN HASTA EL 2030 DEL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS.....	82
CONCLUSIONES GENERALES:	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	

Introducción



Introducción

La gestión energética local se basa en la planificación de la energía, las matrices de generación y consumo energético incluyendo las fuentes renovables de energía (FRE) e indicadores energéticos que posibilitan la gestión de los gobiernos locales sobre los recursos energéticos territoriales (Wene, 1988; Bruckner, 1997; Butera, 1998; Wohlgemuth, 1999; Sundberg, 2000; Rolfsman, 2004; García Vico, 2006; Ivner, 2009; Genevieve et al., 2009; BOCM, 2010; Lin, 2010; Neves 2010; Sperling et al., 2011; Zhu, 2011; Brandoni, 2012, Agencia Provincial de la Energía de Alicante, 2013 y Correa et al., 2018). Su objeto final es establecer los balances de energía en cada una de las situaciones futuras a que haga referencia el plan (García, 2004).

El balance energético pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global. Además, contabiliza flujos físicos consistentes que van desde la energía primaria hasta el consumo final. (OLADE, 2015).

El balance energético, definido como una contabilidad de todos los flujos energéticos, y el diagnóstico energético, orientado a establecer la relación de la energía con variables de tipo económico, social, político, ambiental, tecnológico etc., son las más conocidas y desarrolladas y tienen aplicación práctica y rutinaria, pero a un nivel de mayor agregación al de la ciudad: a nivel de país (Gómez y Morán, 2015). Mengelkamp et al. (2018) plantea que los balances energéticos locales (BEL) o municipales (BEM) son resultado de los mercados energéticos locales al establecer un costo - beneficio entre productores, transmisores y consumidores integrando las fuentes renovables de energía (FRE).

En Cuba el balance energético se realiza a nivel de país mediante la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), un primer intento de aplicar en un municipio fue en Cumanayagua perteneciente a la provincia de Cienfuegos (Fernández, 2011), en el 2019 (Sánchez, 2019) propone la realización del BEM para el municipio de Cienfuegos con la utilización de datos del 2015, a través de la metodología propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM, 2017) adaptada para los municipios cubanos por dicha autora con el objetivo de establecer la contabilización de estos flujos energéticos y establecer la relación con el diagnóstico energético realizado al municipio de Cienfuegos (Campillo, 2018 y Rodríguez, 2019).

El diagnóstico energético permitió determinar el comportamiento del consumo de energía en el sector estatal y privado, con énfasis en el sector estatal para la energía eléctrica determinando

las tres empresas más consumidoras del municipio; en el sector privado muestra por consejos populares los mayores consumidores de energía eléctrica, alcohol y queroseno, así como el incremento considerable del consumo promedio mensual del gas licuado de petróleo (GLP) y las ventas por clientes de este portador a partir de su liberación. Con el diagnóstico al municipio se determinaron actores municipales que realizan la captación de datos e información para la gestión energética local contribuyendo al inventario de las principales acciones desarrolladas para la reducción del consumo primario de energía estando enmarcadas en la identificación y clasificación de las FRE lo cual permite proponer la matriz FRE municipal (Campillo, 2018). El diagnóstico posibilitó la determinación de potencialidades y barreras relacionadas con la sostenibilidad energética municipal (Campillo, 2018 y Rodríguez, 2019).

Sánchez (2019) le proporciona al municipio el BEM para el año 2015, sin embargo no evidencia el comportamiento del BEM en determinado periodo, con el objetivo de establecer tendencias en los consumos de portadores energéticos que sirvan de base para la toma de decisiones sobre los recursos energéticos (Campillo, 2018) y las potencialidades energéticas municipales (Campillo, 2018) (Rodríguez, 2019); en función del desarrollo local a través de la Estrategia de Desarrollo Económico y Social Municipal (EDESME) del municipio de Cienfuegos y que esta haga simbiosis con la estrategia de desarrollo de fuentes renovables de energía (FRE) que lleva a cabo el país para propiciar el cambio de la matriz energética y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030 de las Naciones Unidas (ONU).

Todo lo anterior constituye la situación problema.

Problema de investigación:

Necesidad de determinar la estructura de la matriz energética del municipio de Cienfuegos para el periodo 2012 – 2017 y su proyección para el 2030.

Enunciándose el siguiente **Objetivo General**:

Proponer una metodología que permita establecer la estructura de la matriz energética del municipio de Cienfuegos para el periodo 2012 – 2017 y su proyección para el 2030.

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

1. Realizar un estudio documental sobre el desarrollo local, gestión energética municipal y los balances energéticos locales; con el fin de construir el marco teórico - referencial de la investigación.
2. Realizar un análisis de la metodología para el balance energético municipal propuesta en el 2019.
3. Proponer la metodología adaptada de balance energético en el municipio de Cienfuegos.

Justificación

En Cuba en el año 2011 se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social, aprobándose en el marco del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución (Cuba, 2011). En junio 2014 el Consejo de Ministros de Cuba aprobó la política para el **desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía**, donde enfatizó la necesidad de elevar la eficiencia energética a través del cambio de la estructura de la matriz energética (Puig, 2014). En el 2016 se proyectan las bases del Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030 con la declaración de la protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos, así como la actualización de los lineamientos de la Política Económica y Social referentes a los territorios, uso y desarrollo de los recursos energéticos siendo estos los lineamientos 17, 204, 205 y 207 (Correa et al, 2017); complementándose con el Decreto-Ley No. 345/ 2017 “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, así como instrucción y resoluciones complementarias al respecto (Consejo de Estado, 2019).

Las **preguntas de investigación** son:

¿Qué variables considerar para establecer la estructura de la matriz energética y la proyección al 2030 en los municipios cubanos?

¿Cómo realizar un balance energético en el municipio de Cienfuegos que garantice establecer la estructura de su matriz energética y su proyección al 2030?

La estructura capitular de la investigación es la siguiente:

Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre DL, la gestión energética municipal, los diagnósticos energéticos y los balances energéticos locales.

Capítulo II: Se realiza un análisis energético del municipio de Cienfuegos con el análisis de sus potencialidades, se hace la revisión de los resultados del BEM para el 2015 y la metodología empleada para ello

Capítulo III: Se propone la metodología adaptada de balance energético en el municipio de Cienfuegos que permite establecer la estructura de la matriz energética del municipio de Cienfuegos para el periodo 2012 – 2017 y su proyección para el 2030, aplicándose de forma parcial.

Capítulo 1

Capítulo I: Gestión Energética Local

1.1 Introducción

En la construcción del marco teórico para la investigación se hace imprescindible una revisión bibliográfica que la sustente en función de la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con el desarrollo local (DL), la eficiencia y gestión energética, la gestión energética local (GEL), diagnósticos energéticos y los balances energéticos para las localidades o municipios. Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor para la elaboración del capítulo.

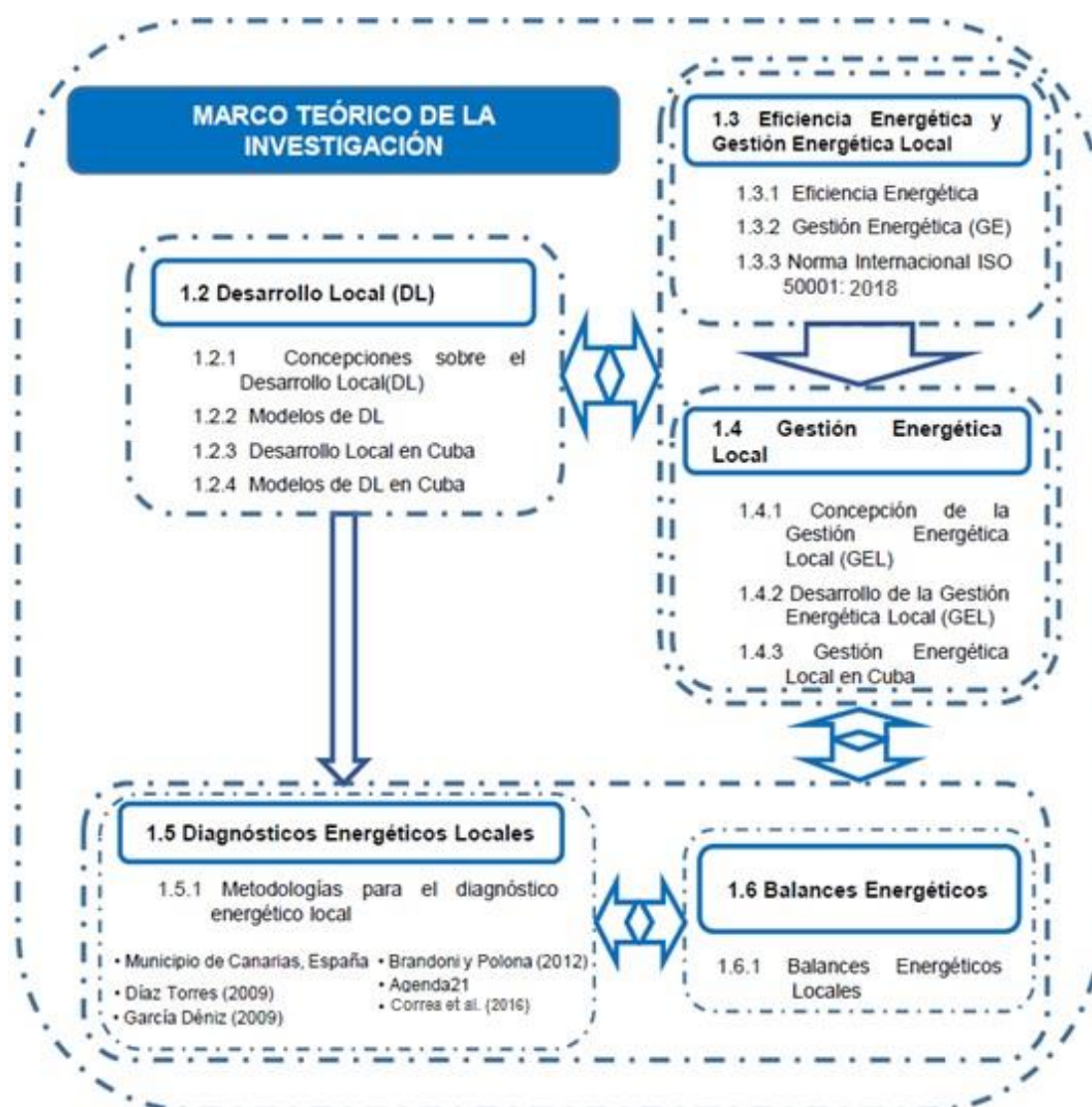


Figura 1.1: Hilo conductor de la Investigación. **Fuente:** Elaboración propia.

1.2 Desarrollo local

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

1.2.1 Concepciones sobre el desarrollo local

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

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

Por su parte Lazo (2002) define los agentes del desarrollo local, factores endógenos y exógenos siendo estos: (1) asesores locales dedicados a poner en contacto al emprendedor

con los múltiples programas de ayuda y formación que ofrecen las distintas administraciones sobre los factores endógenos, (2) los recursos materiales existentes en el territorio, sumados a la calidad de los recursos humanos, su capacidad emprendedora y organizativa y (3) el capital, infraestructura y tecnología. Así como enuncia las premisas para un modelo de DL siendo estas:

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

1.2.2 Modelos de desarrollo local

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

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

1.2.3 Desarrollo local en Cuba

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

1.2.4 Modelos de desarrollo local en Cuba

En Cuba el DL se orienta como el proceso que implementa a escala local las transformaciones de las dimensiones ambiental, económico-productiva y político-social interconectado con el

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

Bofill (2010) y Núñez (2012) consideran que los gobiernos locales no deben perder de vista la gestión integradora que conforman Universidad-Conocimiento-Ciencia-Tecnología-Innovación en los territorios. Castro (2015) por su parte plantea que los sistemas locales de innovación, orientados adecuadamente desde las perspectivas y prioridades de los gobiernos locales, estimulan una mejor gestión de gobierno con enfoque de sostenibilidad, un ejemplo lo constituye la articulación del proyecto ramal Gestión Universitaria del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo (GUCID), en respuesta a las demandas de los diferentes municipios en el país y que dispone de un set de indicadores que permiten evaluar la contribución al DL (Castro, 2008; Castro y Agüero, 2008; Castro, 2009; Castro et al., 2013a; Castro et al., 2013b; Castro et al., 2014a; Castro et al., 2014b; Castro y Rajadel, 2015).

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

- Modelo general de dirección del desarrollo local. (Lazo, 2002).
- Propuesta metodológica iniciativa municipal para el desarrollo local. (González y Samper, 2005).
- Metodología para una estrategia de desarrollo local. (Silva, 2007).
- Modelo conceptual para el desarrollo local basado en el conocimiento y la innovación. (Bofill, 2010).

- Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río. (Díaz y Rodríguez, 2011).
- Procedimiento para determinar los factores incidentes en la potenciación del desarrollo socioeconómico local. (González et al., 2013).
- Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial. (Castro, 2015)

En común estos modelos, metodologías y procedimientos consideran el uso racional de los recursos, sin embargo, en ninguno de ellos se manifiesta explícitamente la gestión de los recursos energéticos presentes en los territorios.

1.3 Eficiencia energética y gestión energética

La creciente demanda energética fundamentada por el desarrollo acelerado de algunos países ha propiciado una competencia intensa por el control de las reservas de petróleo, incluyendo que los mercados petroleros presentan como principal tendencia la inestabilidad de los precios (Sawaengsak et al., 2014). Es necesario considerar que los problemas energéticos tienen cada vez más importancia en el mundo, los de mayor relevancia los constituyen el acceso a la energía, la volatilidad de los precios y los impactos negativos en el medioambiente donde la emisión de gases de efecto invernadero se considera la principal causa de la elevación de la temperatura de la tierra y los océanos, provocando el cambio climático (Valkila y Saari, 2013; Nie y Kemp, 2013).

1.3.1 Eficiencia energética

Una de las vías más importantes para mitigar el cambio climático es remover los obstáculos que impiden que se realicen mejoras en la eficiencia energética tanto en la industria, los servicios, los hogares y la sociedad, donde se hace necesario un cambio en la forma de gestionar (Valkila y Saari, 2013). La sociedad moderna está sustentada en la dependencia de los combustibles fósiles, representado por el consumo básico de una persona, los usos productivos y las necesidades de la sociedad (Sovacool, 2012). Por lo que el sector energético demanda el uso de energía limpia, con la adopción de tecnologías basadas en las fuentes renovable de energía (FRE), requiriendo innovación que aumente el desempeño y disminuya costos (Cheon y Urpelainen, 2012; Bayer et al., 2013).

El término **eficiencia energética** ha sido definido por diferentes autores, entre ellos Borroto (2002) la define como "Implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental".

1.3.2 Gestión energética

Otra arista en los temas energéticos lo constituye la gestión energética (GE) que es parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implementar su política energética. La GE o administración de la energía es un subsistema de la gestión empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer de forma eficiente sus necesidades energéticas (Borroto, 2006).

Con la aprobación de la norma ISO 50 001: 2011 "*Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.*" por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como resultado de normas técnicas desarrolladas por países como Dinamarca en el año 2001, Suecia en el 2003, Estados Unidos e Irlanda en el 2005, España en el 2007 y la Unión Europea en el 2009, se ha logrado el aumento del interés internacional en la GE (Correa et al., 2014). Por este motivo para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad por lo que se esfuerzan en reducir los costos de energía, ajustándose a los requisitos reglamentarios y por ende a mejorar su imagen corporativa (Antunes, Carreira, Mira da Silva, 2014; Jovanović y Filipović, 2016).

1.3.3 Norma internacional ISO 50 001: 2018

La norma ISO 50001:2018 de Gestión de la Energía parte de la revisión de la norma anterior del 2011, esta norma internacional ayuda a las organizaciones a establecer sistemas y procesos de mejora de desempeño energético, incluyendo eficiencia y consumo. La norma está diseñada para ayudar a las organizaciones a mejorar como una ventaja el uso y consumo energético, evaluando y priorizando la implementación de tecnologías energéticas eficientes y promover eficiencia en la cadena de abastecimiento, además la norma especifica requerimientos para la medición, la documentación y reportes, diseño de equipamiento y la adquisición de procesos. Basado en el modelo Plan-Do-Check-Act aplicable a todo tipo de organizaciones (DQS Holding GmbH, 2018), la Figura 1.2 muestra dicho ciclo.

La norma de Sistemas de Gestión de la Energía tanto la del 2011 como su actualización en el 2018 está alineado con las normas ISO 9001 e ISO 14001 del 2015; con lo cual se busca la

integración de la gestión de la energía a la gestión de la calidad y la gestión medioambiental (ISO, 2018). La Figura 1.3 muestra el ciclo de mejora continua que posibilita esta integración referida en la norma.

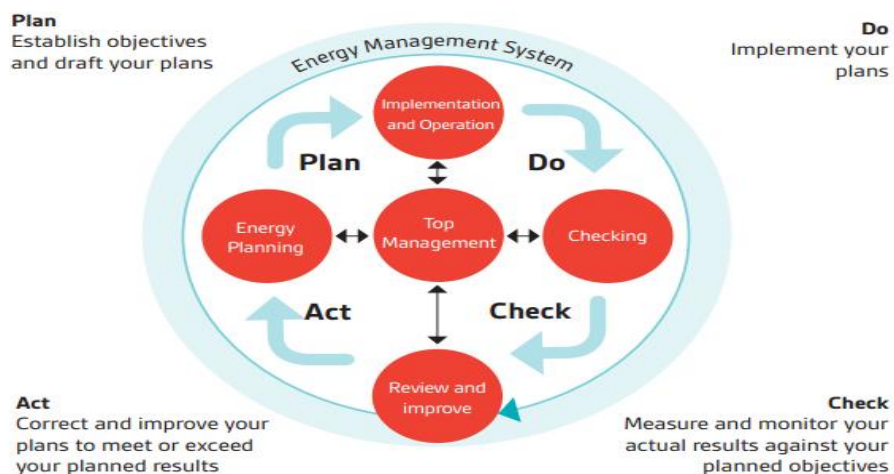


Figura 1.2: Ciclo PDCA aplicado al Sistema de Gestión de la Energía. **Fuente:** (BSI Group, 2018)



Figura 1.3: Ciclo PDCA de la ISO 50001: 2018. **Fuente:** (ISO, 2018)

Al estar la norma ISO 50001: 2018 basada en un modelo de mejora continua, provee a las organizaciones un marco de requerimientos (ver Figura 1.4), siendo estos:

- Desarrollo de una política para un mejor uso eficiente de la energía.

- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política.
- Uso de datos para comprender y tomar decisiones sobre el uso de la energía.
- Medir resultados.
- Revisar la eficiencia de la política.
- Continuar con el mejoramiento.

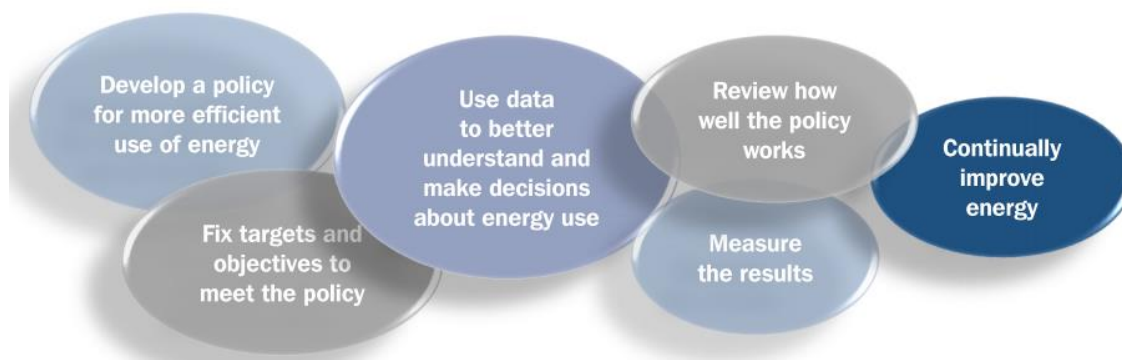


Figura 1.4: ISO 50001:2018 provides a framework of requirements for your organizations.

Fuente: (DQS Holding GmbH, 2018)

La alineación con otras normas de gestión le confiere a la gestión de la energía del 2018 una nueva estructura que abarca (ISO, 2018):

- Alcance
- Contexto de la organización
- Liderazgo
- Planificación
- Soporte
- Evaluación del desempeño
- Mejora
- Revisión de la mejora
- Comunicación
- Documentación
- No conformidades y acciones correctivas
- Revisión energética
- Línea base energética (EnB)
- Indicadores de desempeño (EnPI)

La norma de gestión de la energía aunque creada para su gestión en las organizaciones ha incentivado a los gobiernos a su gestión desde lo local con certificaciones de municipios (Correa et al.2018)

1.4 Gestión energética local

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

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

El consumo energético es cada día mayor en el ámbito urbano, se dispone de energía en todo momento lo cual representa un reto constante para la seguridad pública, económica, social y medioambiental.

Se trata, por tanto, de apostar por un enfoque de los problemas energéticos desde la óptica de la demanda, con mayor implantación de las medidas de ahorro y eficiencia energética en diversos campos como la movilidad, el urbanismo, la edificación, el consumo de agua en el ciclo del agua, y también de fomentar las energías renovables como medio para disminuir la dependencia y las consecuencias económicas y ambientales del consumo de combustibles fósiles.

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

Varias son las formas en las que las administraciones locales pueden incidir en el consumo energético local, como se muestra en la Tabla 1.1.

La diversidad, complejidad y transversalidad de las acciones que un municipio puede llevar a cabo con el objetivo de ahorrar energía, promover las energías renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como los diferentes niveles sobre los que

puede actuar (normativo, ejecutivo, de educación y sensibilización, etc.), obligan a elaborar una buena planificación que integre todos estos elementos y establezca compromisos firmes.

Tabla 1.1: Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local. **Fuente:** Elaboración propia.

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

Muchos municipios desarrollan acciones concretas en este ámbito, pero una verdadera política energética y contra el cambio climático municipal necesita contar con un instrumento, el plan energético y de lucha contra el cambio climático local, que establezca unos objetivos medibles y

realistas, las acciones a llevar a cabo, la financiación necesaria, los responsables y las fórmulas de seguimiento de los resultados.

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

1.4.1 Concepción de la gestión energética local

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

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

De ahí que se pueda definir como el conjunto de acciones que se realizan para obtener el mayor rendimiento posible de la energía consumida, incluyendo el conocimiento y control de los consumos energéticos de todo el municipio considerando el tratamiento del agua y los residuos (Draw et al., 2012), pues intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente, estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación (FEMP, 2011). Por lo que constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la GEL en los municipios.

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

La GEL está compuesta por tres actores importantes estos son: (1) los usuarios de la energía local que brindan la información relacionada con el crecimiento de la demanda a nivel local y su satisfacción; (2) las autoridades que son las encargadas del tratamiento, la asistencia técnica, la implementación de políticas energéticas locales y regionales, el monitoreo de estas y del

cumplimiento de las normas, sirviendo como un catalizador en el cambio institucional del gobierno local y la Administración Pública; y por último (3) los actores comerciales que se encargan de facilitar el intercambio de experiencias, la creación y socialización de ideas innovadoras (ICLEI; 2011).

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

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

Varios autores (Allende, 1983; Allende, 1995; Sosa, 1981; Hui, 1987; Magnin y Menanteau, 1995; Capello, Nijkamp y Pepping, 1999; Lessard, 1999; Hui, 2001; Magnin, 2002; Pardo, 2006; Pardo, 2007; Droege, 2006; Lerch, 2007; Sawin y Hughes, 2007; Páez, 2009 y Páez, 2011) han evidenciado las potencialidades de los gobiernos locales para desarrollar modelos energéticos, en búsqueda de una sostenibilidad energética, la utilización de las FRE y la independencia de la importación de petróleo.

1.4.2 Desarrollo de la gestión energética local

Las primeras acciones relacionadas a la gestión energética local datan de finales de los años 80 del siglo XX en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los municipios (Wene y Rydén, 1988) con una importante contribución a la mejora de la gestión de los gobiernos locales, en cuanto al comportamiento de sus finanzas y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente de la localidad. En la actualidad la gestión energética municipal en los países más desarrollados incluye el uso de herramientas en línea, la planificación futura a corto, mediano y largo plazo mediante la modelación y los estudios de escenarios, la implantación de ideas innovadoras y su socialización (Lim, 2012). En el tiempo transcurrido desde las primeras experiencias en Suecia se han desarrollado numerosos modelos, metodologías, estrategias e indicadores para la gestión energética local, algunas de estas se relacionan a continuación:

- Modelo de optimización energético regional y municipal (DEECO), aplicado en la ciudad Würzburg Heidingsfeld, Alemania (Bruckner et al., 1997).
- Herramientas para la planificación energética municipal, aplicada en Palermo, Italia (Butera, 1998).
- Indicadores para la integración de fuentes de energía alternativa, aplicado en Carinthia, Austria (Wohlgemuth, 1999).
- Modelo de optimización del sistema energético (MODEST) y el Modelo de programación mixedinteger linear para el análisis del sistema energético, aplicados en la Ciudad de Linköping, Suecia (Sundberg y Karlsson, 2000; Rolfsman, 2004).
- Experiencias en la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la gestión energética local en 22 ciudades de Inglaterra y Gales (Fleming et al., 2004).
- Planes de Optimización municipal (POES), aplicados en cinco municipios de la provincia de Jaén, España (García, 2006).
- Modelo de gestión de la energía para la ciudad de Lucknow en Suecia (Zia y Deyadas, 2007).
- Método de planificación energética municipal, aplicado en trece municipios de la provincia de Ostergötland, Suecia (Inver, 2009).
- Modelo para la gestión energética municipal desarrollado por la Alianza Ártica en Canadá. Se reporta su aplicación en diez localidades canadienses, en estos se logra reducciones de hasta un 50% del consumo energético y de la emisión de gases de efecto invernadero (Genevieve et al., 2009).
- Estrategia local, aplicada en el Ayuntamiento Rivas-Vaciamadrid de Madrid. España (BOCM, 2010).
- Modelo para el desarrollo de un sistema de planificación energética municipal, aplicado en la Región Toronto-Niágara Waterloo, Canadá y Hohhot, China (Lin et al., 2010).

- Metodología para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad energética para la planificación energética local, aplicada en catorce municipios en Portugal y en Boston Estados Unidos de América (Neves y Leal, 2010).
- Estrategia de planificación energética municipal, aplicada en todos los municipios de Dinamarca (Sperling et al., 2011).
- Método para la planificación del sistema energético municipal, aplicado en Beijing, China (Zhu et al., 2011).
- Metodología para la planificación energética municipal aplicada en 12 municipios en Italia (Brandoni y Polonara, 2012).
- Método y herramientas para la planificación energética de la comunidad, aplicados en Shanghai, China (Huang et al., 2015).

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

1.4.3 Gestión energética local en Cuba

En el estudio documental sobre la gestión energética local en Cuba se identificaron tres trabajos: la definición de indicadores sectoriales energéticos para el municipio Cienfuegos (Monteagudo et.al., 2013), la experiencia piloto en la utilización de las fuentes renovables de energía en el municipio de San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque (Rojas, 2014), por otra parte el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA) a través de la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía (REDENERG) logra la interrelación de actores vinculados directa o indirectamente al sector energético, con el propósito de acompañar y asesorar a los decisores en el proceso de identificación de los problemas energéticos y en la determinación de soluciones (González, A et al., 2006), con la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) (González, A et al., 2013; Arencibia, A., 2014).

Los estudios realizados por la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía o REDENERG y CUBAENERGÍA se han basado en acciones puntuales de eficiencia energética y en el aprovechamiento de la informatización de la sociedad y no en la gestión energética municipal, reconociéndose como problema energético que los gobiernos municipales no han desarrollado los mecanismos para la gestión energética de subordinación territorial (González et al., 2006).

1.5 Diagnóstico energético local

El diagnóstico energético local o municipal permite a los actores locales conocer la oferta y demanda de energía de un municipio, tanto de fuentes convencionales de energía como de FRE.

1.5.1 Metodologías para el diagnóstico energético local

Muchos municipios desarrollan acciones concretas en este ámbito, pero una verdadera política energética y contra el cambio climático municipal necesita contar con un instrumento, el plan energético y de lucha contra el cambio climático local, que establezca unos objetivos medibles y realistas, las acciones a llevar a cabo, la financiación necesaria, los responsables y las fórmulas de seguimiento de los resultados, por lo que se han desarrollado metodologías para el diagnóstico energético del municipio además de la planteada por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en función de la protección ambiental con la Agenda Local 21.

1.5.1.1 Metodología para el diagnóstico energético municipal

En la guía de planificación local para el ahorro energético y contra el cambio climático en los municipios de Canarias se propone el diagnóstico energético, la definición de objetivos y acciones, y el seguimiento del plan a través de indicadores. Se presenta una relación de los datos a recopilar, las fuentes de información disponibles, sus limitaciones y algunos métodos alternativos de cálculo.

La confección del inventario de datos a recopilar o calcular, con mención a las unidades, y las fuentes de datos o la fórmula para calcularlos, se consideran unidades y variables, las que se definen como:

- Unidades: se refiere a la unidad en la que son suministrados o han de calcularse los datos, ejemplo de ellos energía eléctrica, derivados del petróleo, potencia instalada y energía producida por fuentes de energía renovables, cogeneración, energía final,

rendimientos energéticos, energía primaria, autoabastecimiento e intensidad energética, ciclo del agua, transporte, residuos, datos demográficos y emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

- Variables: hace referencia a datos obtenidos para un período de tiempo determinado; normalmente serán datos anuales.

El diagnóstico energético municipal se utiliza para poder establecer los objetivos y las acciones de un plan local de ahorro energético y contra el cambio climático, es necesario realizar un diagnóstico que permita conocer y analizar los flujos e indicadores energéticos y las emisiones de GEI. Este consta de una parte técnica basada en datos objetivos, estadísticas y estudios previos. Este estudio da una visión orientativa de los aspectos que puede analizarse en el **diagnóstico técnico**.

El diagnóstico técnico se debe completar con un diagnóstico social o cualitativo, que, en base al primero, incluya la percepción de la ciudadanía sobre los aspectos a definir y analizar. En el **diagnóstico social** se puede utilizar instrumentos como las encuestas de percepción ciudadana, entrevistas a expertos o personas claves, análisis DAFO, talleres y foros de discusión, etc.

A partir de este diagnóstico técnico, y con la incorporación de la perspectiva ciudadana, el municipio debe establecer sus prioridades a través de la fijación de objetivos y actuaciones en el plan de acción, y analizar la evolución de éstos a través de los indicadores.

El diagnóstico técnico será más completo cuanto mayor sea la recopilación de datos a analizar. Cada municipio debe valorar el alcance del diagnóstico en relación al esfuerzo derivado de profundizar en alguno de sus aspectos y las mejoras que ello puede suponer a la hora de priorizar o diseñar acciones, siendo un factor clave la información que tiene que ser significativa.

La información a recopilar va desde los consumos y producciones de energía y emisiones de GEI, a otros datos propios de la geografía y economía del municipio que puedan tener incidencia en la demanda energética o sean necesarios para el cálculo de indicadores. Los datos obtenidos deben abarcar un período mínimo de un año, no obstante, es interesante disponer de un intervalo de tiempo mayor para poder analizar tendencias.

1.5.1.2 Diagnóstico del consumo de energía para los municipios

En el ámbito de un municipio, hay que referirse a la energía primaria interior sin contabilizar los suministros para la navegación marítima y aérea, donde las corporaciones locales no tienen capacidad de acción en una posible planificación en la Tabla 1.2 se muestran los elementos a considerar, (Díaz, 2009).

Un diagnóstico del consumo de energía puede incluir:

- Análisis de la evolución del consumo de energía primaria y energía final en el municipio.
- Análisis de la distribución de los consumos de energía primaria y final por tipo de energía y por sectores consumidores.
- Relación de la evolución del consumo de los diferentes tipos de energía con la evolución de la población, la actividad económica (VAB o PIB municipal), etc.
- Comparativa de la evolución de los consumos energéticos con otros ámbitos territoriales (otro municipio, isla o región).
- Porcentaje de autoabastecimiento de energía en el municipio.
- Emisiones de GEI producidas por los consumos energéticos.

El diagnóstico de las energías renovable se puede incluir los siguientes aspectos:

- Análisis del potencial de implantación de energías renovables en el ámbito municipal.
- Análisis de la evolución de las potencias instaladas para cada una de las tecnologías: eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, solar térmica, minihidráulica, biomasa y valorización de residuos.
- Análisis de la evolución de la energía producida por las distintas tecnologías.
- Análisis de indicadores relativos de potencias instaladas y energías producidas por habitante y comparativa con otras zonas geográficas.
- Análisis de las posibles barreras para la implantación de energías renovables en el municipio (normativas, ordenación territorial, etc.).

Tabla 1.2: Elementos a considerar para el diagnóstico municipal. **Fuente:** (Díaz, 2009).

Energía primaria interior: (energía final + pérdidas + autoconsumos en refinerías y generación eléctrica) Por fuentes: petróleo, gas natural y energías renovables Por sectores: residencial, transporte, servicios, industrias y otros sectores.	Energía final	Por tipos	Por sectores
		Electricidad. Combustibles derivados de petróleo (GLP, gasoil, gasolina). Cogeneración (calor). Energía solar térmica. Energía mecánica eólica.	Residencial. Transporte. Servicios. Industrias. Otros sectores (primario y no clasificados).
	Autoconsumos y pérdidas de energía.	Autoconsumos en refinería.	
		Autoconsumos en centrales de generación eléctrica.	
		Pérdidas en refinerías.	
		Pérdidas en conversión de centrales eléctricas.	
		Pérdidas de transporte y distribución eléctrica.	

La cuantificación de la demanda de energía y emisiones de GEI en el caso del transporte no es tarea fácil por la ausencia de límites territoriales propios del mismo, por lo que habrá que acudir a indicadores relacionados o a modelos de estimación. Además de la cuantificación de los consumos de energía, un análisis profundo de este sector en el municipio incluiría aspectos como los siguientes:

- Características generales de la demanda de movilidad: matriz de movilidad (origen/destino).
- Análisis del viario, tráfico y circulación: inventario del viario y datos de intensidades, accesibilidad peatonal y para discapacitados.
- Aparcamiento: inventario y análisis de la política de aparcamiento municipal.
- Transporte público: datos de oferta y demanda, líneas y recorridos.
- Transporte de mercancías: flujo de mercancías por el municipio, problemática de la carga y descarga.

1.5.1.3 Diagnóstico de la administración local

Para el diseño de objetivos y acciones es necesario tener una visión clara de las debilidades y fortalezas de la gestión energética municipal. Hay que identificar cuáles son los departamentos implicados, qué comunicación hay entre ellos, si fluye la información hacia los responsables de la gestión energética, los propios trabajadores municipales, los ciudadanos, etc. (García, 2009).

Los edificios y los servicios municipales pueden ser grandes consumidores de energía. Un análisis del consumo energético y las emisiones GEI de la administración local, puede tratar los siguientes aspectos:

- Análisis de la evolución del consumo de energía primaria y final en los edificios y servicios municipales.
- Análisis de la distribución de los consumos de energía primaria y final por tipo de energía y por departamentos o servicios.
- Análisis del consumo de energía eléctrica por departamentos o servicios (alumbrado público, semáforos, instalaciones deportivas, centros educativos, oficinas, etc.).
- Análisis del consumo de combustibles derivados del petróleo por departamentos y servicios (recogida de basuras, mantenimiento de zonas verdes, parque móvil municipal).
- Transporte público, instalaciones deportivas, etc.
- Comparativa de la evolución de los consumos energéticos con otros ámbitos territoriales.
- Porcentaje de autoabastecimiento de energía de las instalaciones municipales.
- Emisiones de GEI producidas por los consumos energéticos de la administración local.

Las administraciones locales deben dar ejemplo con la producción de energía a base de energías renovables, ya sea con instalaciones propias o participando como socios en proyectos conjuntos. El diagnóstico analizará qué papel desempeña en este aspecto y puede incluir:

- Análisis del potencial de implantación de energías renovables en instalaciones municipales.
- Análisis de evolución de las potencias instaladas en instalaciones en propiedad o con participación municipal para cada una de las tecnologías: eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, solar térmica, minihidráulica, biomasa y residuos.
- Análisis de la evolución de la energía producida por las instalaciones en propiedad o con participación municipal y del grado de autoabastecimiento.

Además de valorar y analizar el consumo de agua y de combustible en transporte de la administración local, incluyendo un análisis de los costos de los consumos de energía y agua, su evolución, el porcentaje del presupuesto municipal que suponen, así como los ingresos por producción de energías renovables, también se deben analizar las inversiones en materia de energías renovables o ahorro de energía y agua.

1.5.1.4 Diagnóstico territorial del área local

El diagnóstico territorial planteado por Brandoni y Polonara (2012) consiste en el análisis municipal de la generación y demanda de energía; los sectores analizados en detalle son los sectores de la electricidad y el sector térmico. Menos atención se ha prestado al análisis del sector del transporte, porque la gestión de movilidad política ha sido ampliamente discutida en el ámbito regional, con la única contribución proveniente de los municipios que, con respecto a la gestión de la movilidad de los vehículos, tiene un efecto muy débil en la demanda total de energía. Esto significa que a diferencia del Plan Regional Maestro de Energía (PRME) el principal objetivo de la fase 1 no es el balance de energía municipal, sino más bien el análisis de la demanda y la oferta local para resaltar los principales momentos críticos para ello se definen los parámetros de entrada que se ilustran en la Figura 1.5.

Parte de los datos de la energía de consumo se ha calculado como una parte proporcional de consumos regionales (basados en las poblaciones o número de viviendas); otros se basan en los resultados obtenidos de auditorías energéticas y entrevistas. Los minoristas locales de la energía han proporcionado los datos de la electricidad y los de consumo de gas natural, mientras que los insumos derivados del aceite para la calefacción y el transporte han sido calculados como una parte proporcional del consumo de provincia basado en el número de habitantes.

Especial atención se ha prestado al consumo de iluminación pública en los edificios, que es necesaria para evaluar las acciones en el sector público y el ahorro de energía. Esto está dirigido a acortar los gastos administrativos y además juega un papel demostrativo.

En lo que respecta al suministro de energía local, la primera acción a realizar debe ser una distinción entre los combustibles fósiles y fuentes renovables.

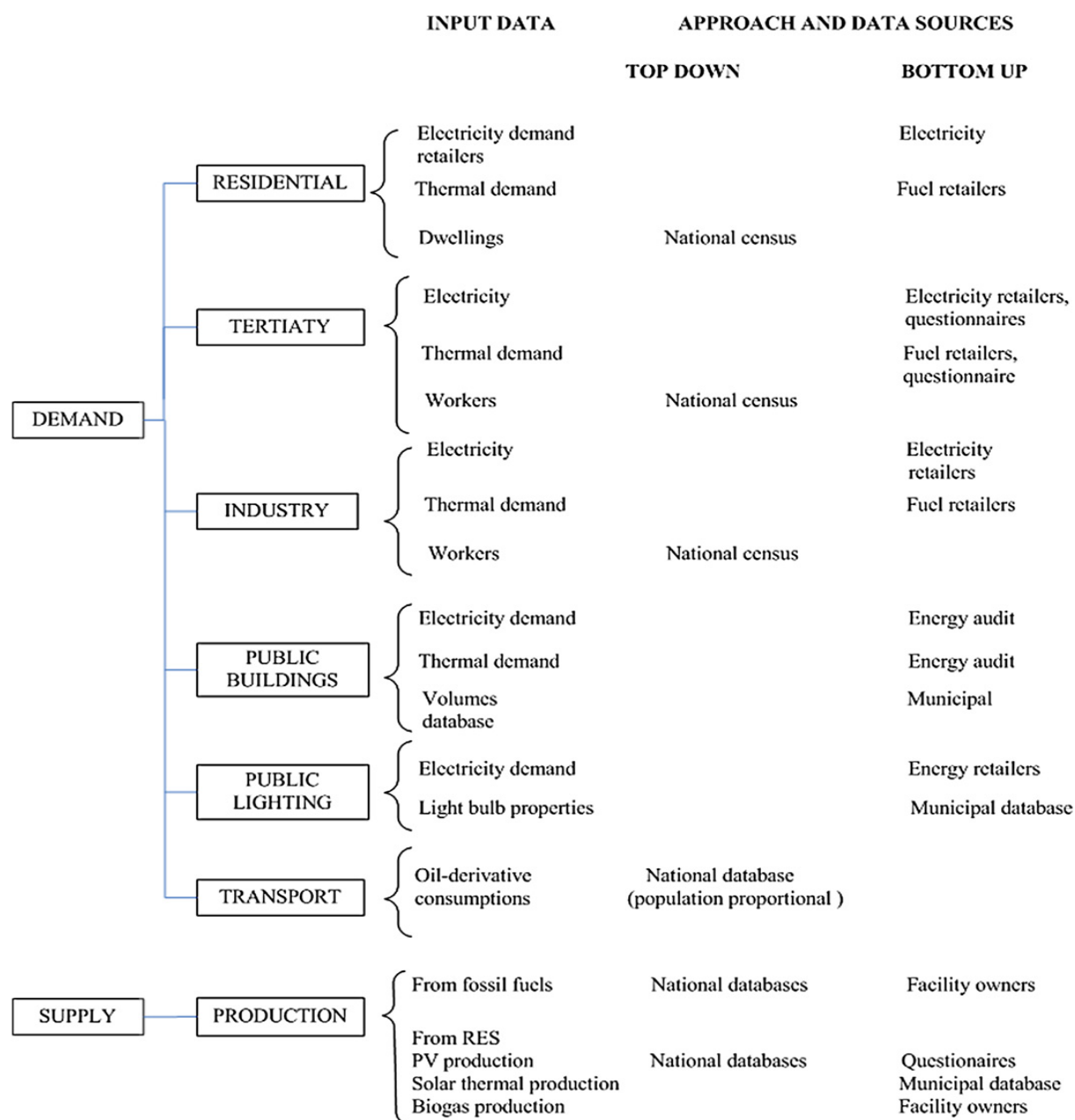


Figura 1.5: Parámetros de entrada para el diagnóstico territorial. **Fuente:** (Brandoni y Polonara, 2012).

Especial atención se ha prestado al consumo de iluminación pública en los edificios, que es necesaria para evaluar las acciones en el sector público y el ahorro de energía. Esto está dirigido a acortar los gastos administrativos y además juega un papel demostrativo.

En lo que respecta al suministro de energía local, la primera acción a realizar debe ser una distinción entre los combustibles fósiles y fuentes renovables.

Es necesaria la obtención de valores de la generación de energía a partir de recursos renovables, que ha aumentado continuamente, en el caso de la producción de energía fotovoltaica, se ha construido una base de datos nacional que proporciona información sobre la capacidad instalada, la fecha de su entrada en funcionamiento y su ubicación en el territorio.

Los datos relativos a la biomasa y centrales hidroeléctricas se derivan de propietarios de las instalaciones; los únicos datos que son imposibles de recoger son los relacionados con los colectores térmicos solares instalados en casas privadas, para los que no existe ninguna base de datos.

Los parámetros derivados de la demográfica nacional y el análisis socio-económico, que caracteriza a la zona local (habitantes, viviendas, etc.), son de igual importancia para este estudio.

1.5.1.5 Auditoría medioambiental y plan de participación: herramientas para la ejecución de la Agenda Local 21

Los diagnósticos diseñados para la Agenda Local 21 son muy diferentes para cada caso, ya que depende mucho del contexto y características del municipio. Muchas veces no se tiene en cuenta la importancia vital de esta fase, que es una de las fases que más tiempo conlleva, debido a que hay que reunir, procesar, analizar y evaluar mucha información del municipio, que la mayoría de las veces no va a estar disponible y que, por lo tanto, habrá que generar, lo que ralentiza el proceso. Una coordinación máxima entre los diferentes niveles de la administración va a ser clave para que el diagnóstico tenga la calidad deseada.

A través de este diagnóstico se observarán tanto las potencialidades y oportunidades, como sus limitaciones y amenazas, ya que nos permite estudiar el estado del municipio, en cuanto a su realidad natural, social, económica, etc.

La propuesta metodológica para el desarrollo de la Agenda Local 21 del Código de Buenas Prácticas Ambientales (CBPA), se basa en la aplicación de dos herramientas de trabajo: la Auditoría Ambiental (AM) y el Plan de Participación Social (PPS), los cuales se presentan en la Figura 1.6.

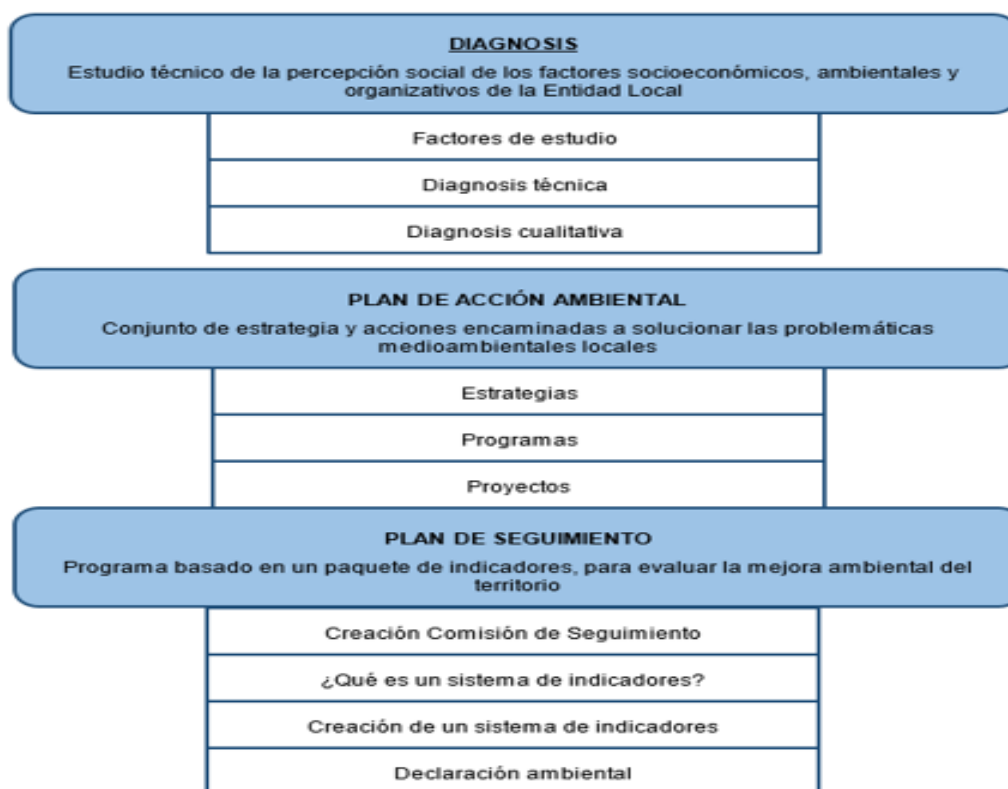


Figura 1.6: Propuesta metodológica para el desarrollo de la Agenda Local 21. **Fuente:** Agenda Local 21 (2004).

La elaboración de un diagnóstico energético en una localidad va a permitir la gestión de los recursos energéticos presentes en el territorio y con ello, contabilizar todos los flujos de energía y las relaciones entre las entradas y las salidas de dicha energía y sus transformaciones, que no es más que el balance energético local.

1.5.1.6 Procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba.

El procedimiento para el diagnóstico energético para el municipio (Correa et al, 2016), está estructurado en los cuatro pasos del procedimiento base, pero con adaptaciones en cada uno de ellos, los cuales se detallan a continuación:

- Paso 1: Caracterización socio-económica del municipio objeto de estudio.

Para caracterizar el municipio, se aplican diferentes técnicas, tales como la observación directa, entrevistas, el estudio documental y sesiones de trabajo con el CAM y el Consejo Técnico Asesor. A su vez se realiza la revisión de documentos y entrevistas donde se obtenga información relativa a la ubicación geográfica, las características medioambientales, la extensión territorial, el consumo energético por actividades económica y la población, las

tendencias de los consumos energéticos, el volumen de la producción (PIB o VAB municipal), el empleo, las características de la población, densidad poblacional, datos urbanísticos, número de viviendas.

- Paso 2: Definición del escenario.

En la definición del escenario se hace necesario el mapeo del proceso de toma de decisiones del CAM en la temática energética. En este paso se realiza la identificación de los actores e instituciones claves, así como sus interrelaciones, además de identificar como se realiza el control del consumo y eficiencia de los portadores energéticos que se utilizan en el municipio. Otros elementos para la definición del escenario actual es el período de tiempo para la recopilación de datos, que permita su procesamiento y análisis, teniendo en cuenta las instituciones que deben aportar la información, la identificación de barreras para el desarrollo de la GEL y las potencialidades de eficiencia energética y de FRE locales. La finalidad de este paso es la determinación del balance energético municipal, al considerar la energía demandada, entregada y su uso en el municipio.

- Paso 3: Inventario de las principales acciones desarrolladas para la reducción del consumo primario de energía.

Se realizará el inventario de las acciones desarrolladas en el período de análisis para la eficiencia energética y el incremento de la generación de energía a través de las FRE.

- Paso 4: Determinación de las potencialidades y barreras para la sostenibilidad energética local.

Como resumen del procedimiento, se identifican las potencialidades y barreras en función de la visión de desarrollo del municipio, que contribuirá a la Línea Estratégica que responda dentro de la Estrategia de Desarrollo Económico y Social Municipal (EDES) a la sostenibilidad energética y medioambiental. Este diagnóstico requiere de una actualización periódica que permita al gobierno local contar con información y datos actualizados para la toma de decisiones en la GEL.

1.6 Balance Energético

El balance energético pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global. Además, contabiliza flujos físicos consistentes que van desde la energía primaria hasta el consumo final. (OLADE, 2015).

Según Fernández (2011) en el balance se analizan las distintas fuentes energéticas (productos petrolíferos, gas natural, carbón, electricidad y energías renovables) y los principales agregados

que definen el balance energético (producción de energía, consumo de energía primaria, consumo de energía final y balance eléctrico). Dicho balance tiene como objetivo:

1. Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional.
2. Servir de instrumento para la planificación energética.
3. Conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional.
4. Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar cuando sea posible los procesos de sustitución.
5. Crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
6. Ser utilizado para permitir la proyección energética y sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo.

1.6.1 Balance Energéticos Locales

La participación activa de los consumidores, la explotación y la flexibilidad según Mengelkampe et al. (2018) pueden sentar las bases para la creación de balances energéticos y la descentralización de estos por niveles (regional, nacional, provincial y local).

Según Gómez y Morán (2015), un balance de energía en una localidad es una estructura de conteo para compilar y recolectar datos de la energía que entra, que sale, y que se usa dentro de un lugar específico como una empresa, una comunidad, una provincia, o un país durante un periodo de tiempo definido. El balance expresa todas las formas de energía en una unidad común de conteo y muestra las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones en los diferentes sectores pertenecientes a un lugar.

El balance energético tiene aplicación práctica y rutinaria, pero a un nivel de mayor agregación al de la ciudad: a nivel de país. Por lo tanto, es habitual encontrar la elaboración de balances y diagnósticos energéticos en diferentes estadios territoriales llámense nacionales, regionales o mundiales (Gómez y Morán, 2015).

La energía por sectores económicos, ello permitirá detectar cómo influyen en la demanda de energía primaria los cambios en los distintos sectores y actuar en consecuencia. (García, 2004). Los balances energéticos locales son resultados de los mercados energéticos locales al establecer un costo beneficio entre productores, transmisores y consumidores con la integración de los FRE (Mengelkampe et al., 2018)

Capítulo 2



Capítulo 2: Análisis del balance energético municipal en Cienfuegos

2.1 Introducción

En este capítulo se realiza la caracterización territorial y energética del municipio de Cienfuegos teniendo en consideración la información estadística de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en Cuba y de los diferentes actores que la gestionan, así como el análisis del balance energético al municipio Cienfuegos realizado por Sánchez (2019), determinándose las fuentes energéticas más consumidas durante el año 2015. Se propone adecuar la metodología para el BEM propuesta por Sánchez (2019) con el objetivo de establecer la estructura energética para el municipio de Cienfuegos en un periodo y su proyección para el 2030.

2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos tiene una extensión territorial de 356.63 Km². El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia de Cienfuegos, 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, 2018).

La Ciudad de Cienfuegos es el asentamiento principal del municipio de Cienfuegos declarada por la (UNESCO) Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura, 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, 2018).

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, 2018).

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, 2018).

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, 2018). El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 Consejos Populares (CP) de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.1 y Figura 2.1.

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

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



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

El municipio tiene una población residente de 177 615 habitantes, con 87 599 mujeres y 90 018 hombres, los menores de 15 años representan el 24.3 % de la población, las edades entre 15 y 59 años el 64.1% y los mayores de 60 años son 34 521 representando el 19.1% de toda la población cienfueguera, el Índice de Rocet es de 17.5% por lo que se clasifica como una población muy envejecida y la esperanza de vida al nacer para los hombres es de 76 años y las mujeres 79.6 años. El municipio tiene una tasa anual de crecimiento de 5,9 y una relación de masculinidad 973 y un total de 56946 viviendas (ONEI, 2018).

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

De los 115 470 habitantes del municipio en edad laboral 58 720 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 646 pesos, donde este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 miles de pesos en ventas netas. El sector estatal está conformado en el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y tres empresas mixtas), estos organismos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía que se desglosa en energía eléctrica, el gas, la gasolina motor, el combustible diésel, los aceites, grasas, lubricantes, petróleo crudo y petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) ,(ONEI, 2017; Correa et.al, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56946 viviendas consume energía eléctrica, gas, queroseno y alcohol, donde el portador de mayor significancia es la energía eléctrica siendo el CP Centro histórico el de mayor consumo y Guaos el de menor. Así como la generación de energía a través de la Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" (ETE) y la inserción de fuentes renovables de energía, como el parque fotovoltaico "Cantarrana", biodigestores, calentadores solares, paneles solares y arietes hidráulicos. (Campillo, 2018; Rodríguez, 2019).

2.3 Análisis del balance energético en el municipio de Cienfuegos

El balance energético del municipio se determinó por Sánchez(2019) al aplicar la metodología propuesta por F2I2 - UPM (2017) y adaptada a las condiciones cubanas por dicha autora, teniendo en cuenta lo siguientes elementos: clasificación de las fuentes energéticas, fuentes energéticas externas o importaciones, fuentes energéticas primarias propias, generación de energía eléctrica por fuentes primarias propias, consumo de portadores energéticos secundarios, consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores, generación bruta de energía eléctrica por fuente productora y por planta productora, consumo total de energía eléctrica y el consumo final de energía en el municipio (Sánchez, 2019)

Luego de contabilizar todos los flujos energéticos del municipio Cienfuegos se obtiene que el portador energético de mayor consumo es la electricidad con un 63,1% en el sector estatal, donde la industria es el mayor consumidor; y el 36,9% pertenece al sector residencial. El otro portador energético con consumo significativo es el combustible diésel correspondiente al sector estatal, el cual abarca la transportación de pasajeros y mercancía.

2.3.1 Metodología para el balance energético municipal en Cuba.

Sánchez (219) realiza el análisis de diferentes metodologías para el balance energético municipal propuestos por Enguix (2012), Gómez y Morán (2015), OLADE (2015), Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), (2017), Agencia Internacional de energía (AIE), (2017) y del Hoyo, Retuerto y Ronco(2017).Las cuales se enuncian a continuación:

- Balance energético y económico para el aprovechamiento de biomasa forestal en el término municipal de Enguera (Enguix, 2012).
- Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto (Gómez, Morán,2015).
- Balance Energético – Metodología OLADE (OLADE, 2015).
- Balance energético del municipio de Madrid año 2015 (F2I2-UPM, 2017).
- Balance energético metodología.
- Balances energéticos provinciales: notas metodológicas y consolidación de la información (del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017).

2.3.2 Resultados de la aplicación de la metodología para el balance energético en el municipio Cienfuegos

La metodología propuesta por Sánchez (2019) para el balance energético municipal, se aplica para el municipio de Cienfuegos para el año 2015, dado a la necesidad del gobierno de conocer su estructura para la proyección de los cambios de la matriz energética hacia el 2030.

Paso 1: Clasificación de las fuentes energéticas del municipio Cienfuegos

En el municipio de Cienfuegos las fuentes energéticas se clasifican en fuentes de energía primaria y fuentes de energía secundaria. A continuación, se muestra la clasificación de estas fuentes de energía.

Energía Primaria:

- Petróleo crudo
- Leña
- Solar fotovoltaica
- Solar térmica
- Biogás
- Residuos sólidos urbanos

Energía secundaria:

La energía secundaria en el municipio de Cienfuegos se subdivide en derivados del petróleo y otros componentes como se muestra a continuación:

- Derivados del petróleo:
 - Aceites y grasas lubricantes terminadas
 - Asfalto de petróleo
 - Combustible diésel
 - Fuel oil
 - Gas licuado de petróleo
 - Gasolina de motor (excluye aviación)
 - Nafta industrial y solventes
 - Queroseno
- Electricidad
- Carbón vegetal
- Alcohol desnaturalizado

Paso 2: Fuentes energéticas externas. Importaciones

En este punto se consideran las fuentes energéticas externas del municipio de Cienfuegos como se muestra en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Fuente energética	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Petróleo crudo	250,60	t	255,3614	0,7075673
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,60	t	1651,776	4,5768179
Asfalto	4749,20	t	4559,232	12,632932
Combustible diesel	24204,90	t	23236,704	64,385342
Fuel oil	2588,60	t	2485,056	6,8857089
Gases Licuados del Petróleo (GLP)	578,60	t	653,818	1,8116294
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,50	t	3237,285	8,9700201
Nafta industrial y solventes	8,50	t	9,1375	0,0253186
Queroseno	0,60	t	0,627	0,0017373
Alcohol desnaturalizado	1,10	HI	0,05852	0,0001622
TOTAL			36089,055	100

En términos de importaciones la Figura 2.2 destaca la gran dependencia de los productos petrolíferos en particular el combustible diésel que representa el 64.4%, evidenciándose la gran dependencia del municipio Cienfuegos de las fuentes convencionales de energía.

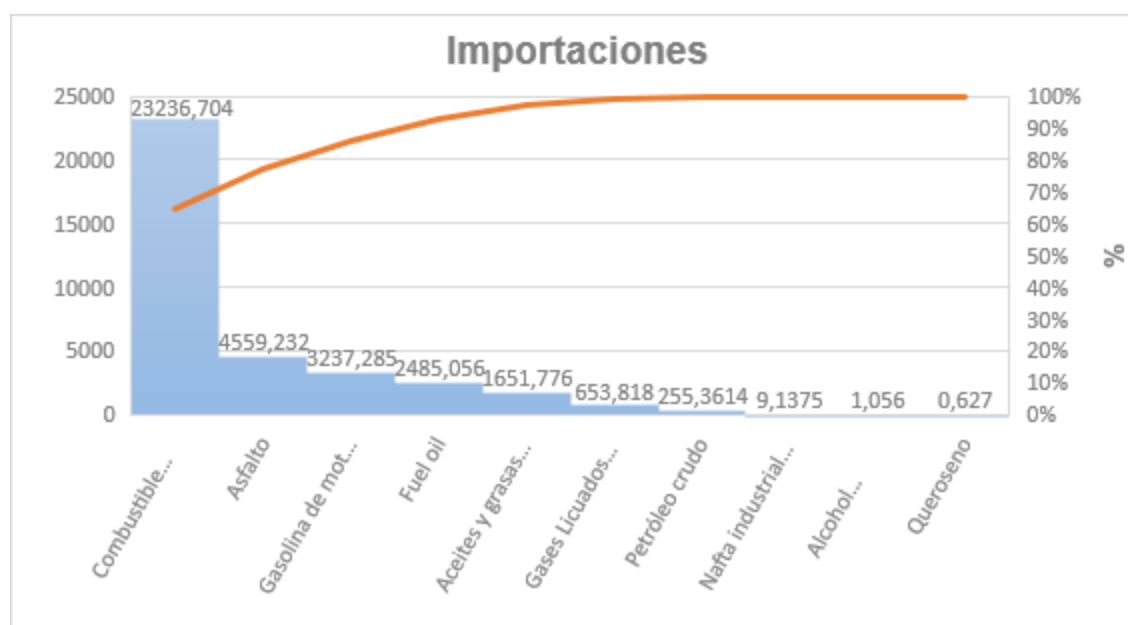


Figura 2.2: Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019)

Paso 3: Fuentes energéticas primarias propias. Generación de energía eléctrica

Fuentes energéticas primarias propias en el municipio de Cienfuegos

Las fuentes energéticas primarias propias en el municipio de Cienfuegos son principalmente las fuentes renovables de energía (FRE). La Tabla 2.3 recoge las fuentes de energía primarias propias disponibles en el municipio de Cienfuegos.

Tabla 2.3 Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Producción Primaria	Valor	Unidad	Fuente primaria en tep	% sobre TOTAL
Leña	7722,8	m ³	200,7928	35,43393903
Biogás	45,463	MWh	3,909818	0,689966237
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	63,87609473
TOTAL			3367,33688	100

En términos de energía primaria propia, la Figura 2.3 muestra la producción de la energía solar fotovoltaica como la mayor contribución, representando un 63,9 % del total de las fuentes primarias propias, seguido del aprovechamiento de la leña con un 35,4 %, siendo muy inferior la utilización del biogás con respecto a los demás portadores energéticos.

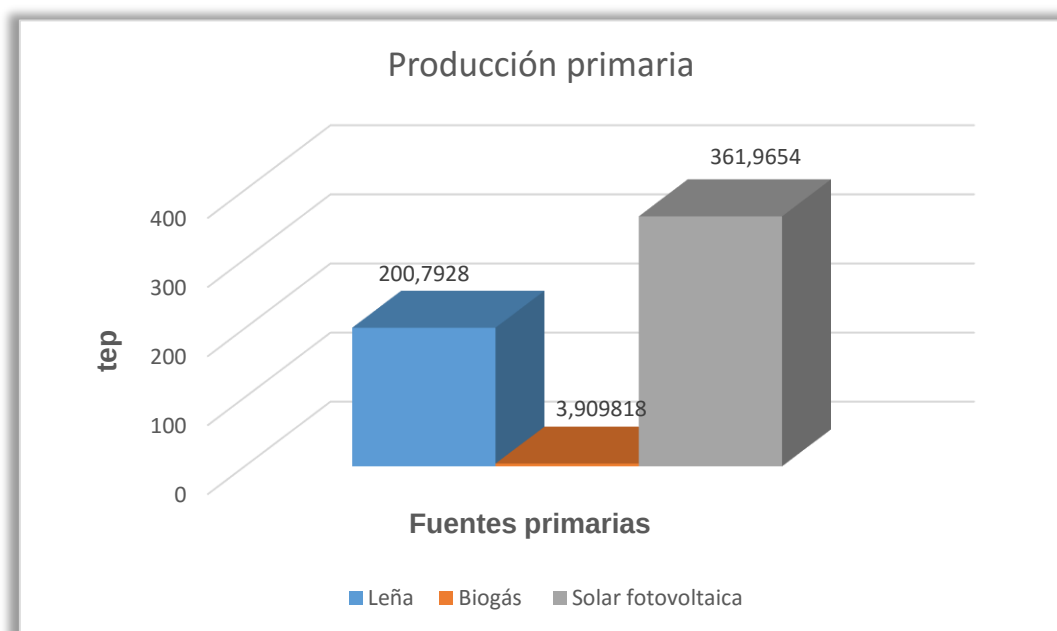


Figura 2.3: Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Generación de energía eléctrica a partir de fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos.

En este subepígrafe se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos. Dichos datos se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Fuentes energéticas primarias propias	Valor (generación)	Unidad	Valor en tep	%
Biogás	45,463	MWh	3,909818	1,068620614
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	98,93137939
TOTAL	4254,363		365,87522	100

La Figura 2.4 muestra la generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes primarias propias, destacándose la producción de electricidad mediante la energía solar fotovoltaica con un 98,9 % del total de la generación.

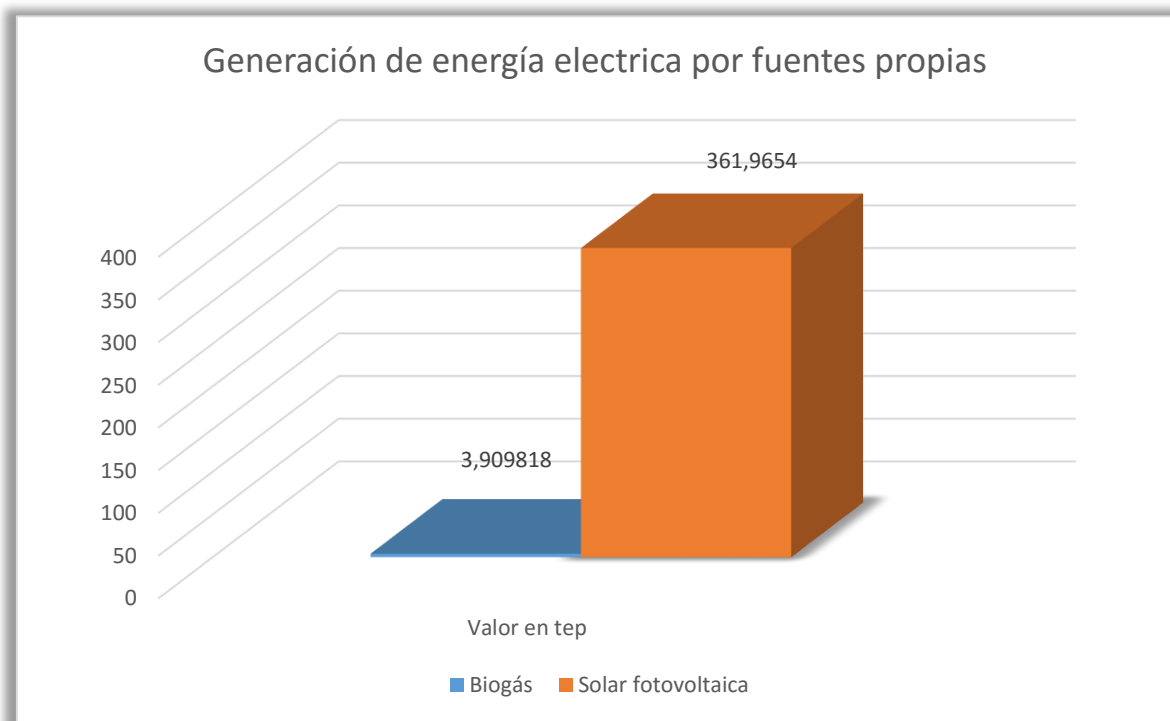


Figura 2.4: Generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes primarias propias. **Fuente:** Sánchez (2019)

Paso 4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos

En este apartado se recogen los valores de consumo de energía secundaria en el municipio Cienfuegos como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Consumo de energía secundaria en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Consumo de energía secundaria	Valor	Unidad	Fuente secundaria en tep	% sobre TOTAL
Electricidad	426400	MW/h	36670,4	49,6188668
Derivados del petróleo				
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,6	t	1651,776	2,2350248
Asfalto de petróleo	4749,2	t	4559,232	6,16911529
Combustible diesel	24204,9	t	23236,704	31,4416783
Fuel oil	2588,6	t	2485,056	3,36253934
Gas licuado de petróleo	578,6	t	653,818	0,88468378
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,5	t	3237,285	4,38038345
Nafta industrial y Solventes	8,5	t	9,1375	0,01236399
Queroseno	0,6	t	0,627	0,0008484
Carbón Vegetal	2815,0	t	1399,055	1,89306699
Alcohol desnaturalizado	1,1	HI	1,056	0,00142888
TOTAL			73904,1465	100

A través de la Figura 2.4 se evidencia el alto consumo de electricidad representando un 49,6% del total del consumo de energía secundaria. Además, se destaca el consumo de combustible diésel con un 31,4 % del total del consumo.

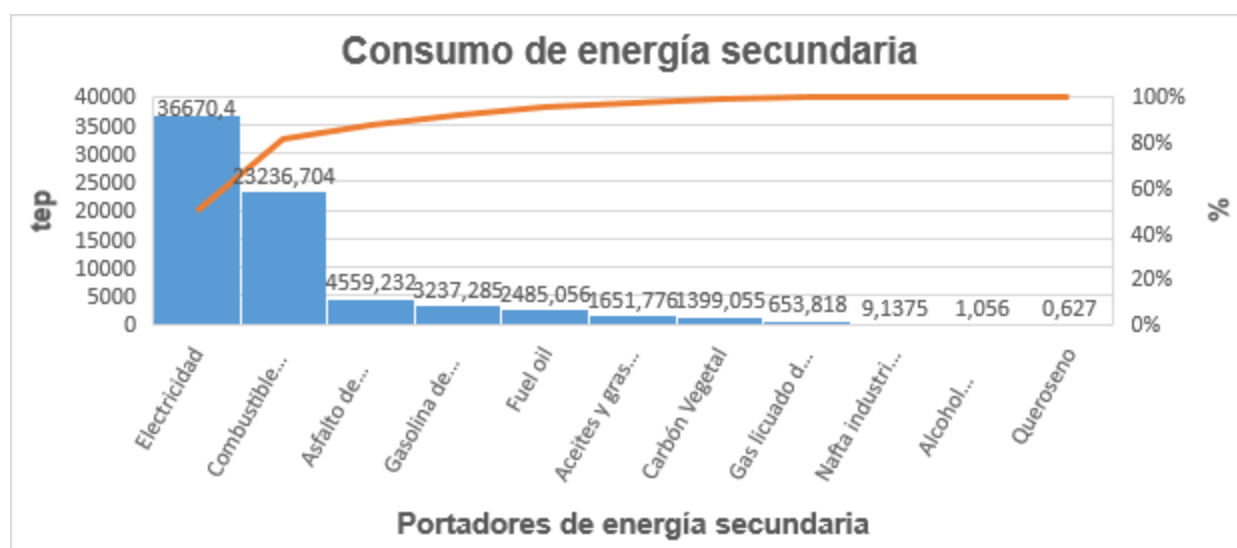


Figura 2.4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Paso 5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos

En este paso se recoge el consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. Se utiliza la Tabla 2.5 para mostrar las cifras.

Tabla 2.5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Sectores	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel Oil	Gas licuado de petróleo	Gasolina de motor (excluye de aviación)	Nafta industrial y Solventes	Queroseno	Total
Agricultura, ganadería y silvicultura	44,16		1012,704	-	-	49,541	-	-	1106,405
Explotación de minas y canteras	-		-	-	-	-	-	-	0
Industria azucarera	848,16		7303,488	-	-	-	-	-	8151,648
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	213,888		2818,176	85,152	24,86	273,171	-	-	3415,247
Suministro de electricidad, gas y agua	-		4749,504	-	-	258,619	-	-	5008,123
Construcción	255,456	4259,424	3339,744	1020,768	-	268,891	-	-	9144,283
Comercio y reparación de efectos personales	31,488		1182,24	-	35,482	180,081	-	-	1429,291
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	89,952		2841,504	-	-	650,346	-	-	3581,802
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	5,088		677,568	-	-	269,319	-	-	951,975
Administración pública	-		182,88	-	-	422,757	-	-	605,637
Población	-		-	-	-	-	-	-	0
Otros	-		-	-	-	-	9,1375	0,627	9,7645
Total	1488,192	4259,424	24107,808	1105,92	60,342	2372,725	9,1375	0,627	33404,1755

En la tabla anterior se evidencia que el sector más consumidor es la construcción mientras que la fuente energética más consumida es el combustible diésel.

Paso 6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos

En este subepígrafe se detalla la generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos a través de la Tabla 2.6.

Tabla 2.6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio. **Fuente:** Sánchez (2019).

Fuente productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Empresas de servicio público	1709200	MWh	146991,2	96,532249
Autoproductores				
Industria azucarera	61400	MWh	5280,4	3,467751
Total	1770600	MWh	152271,6	100

En la Figura 2.5 se muestra que las empresas de servicio público representan el mayor porcentaje de la generación bruta de energía eléctrica, representando un 96,5 % del total de la energía eléctrica generada.

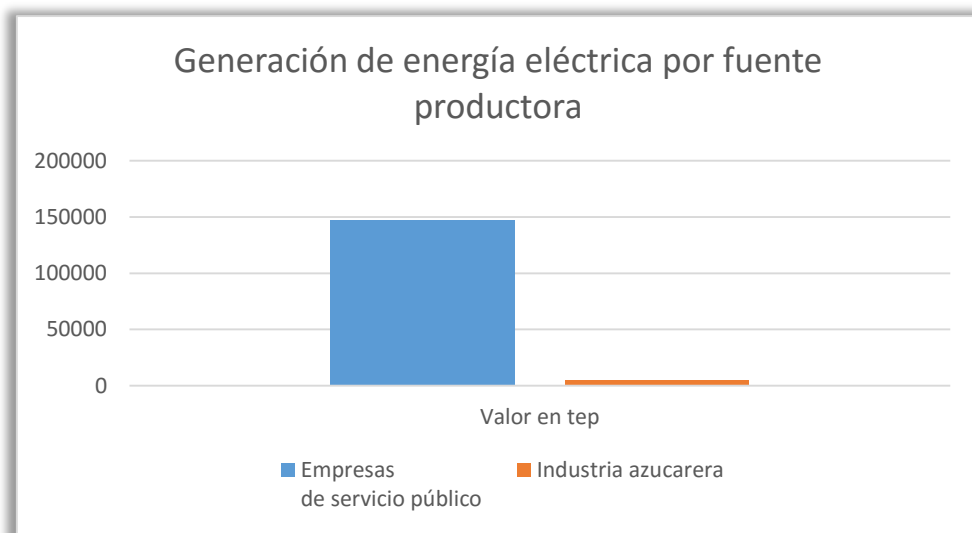


Figura 2.5: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio. **Fuente:** Sánchez (2019)

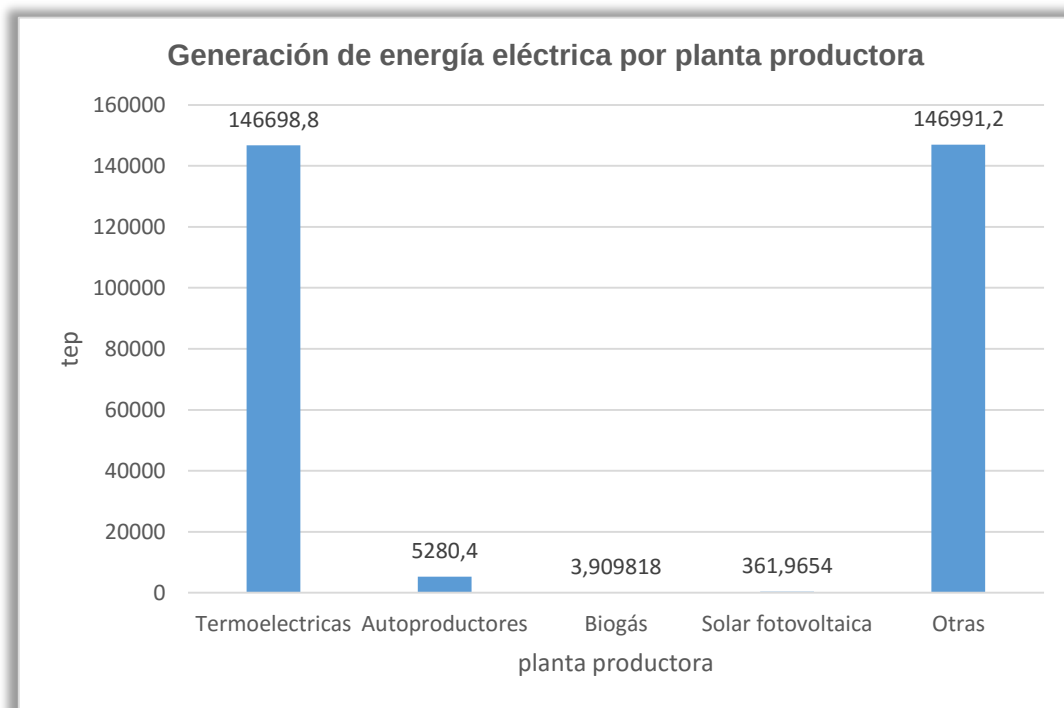
Paso 7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio Cienfuegos

En este apartado se analizan los datos de generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio mediante la Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio.**Fuente:** Sánchez (2019)

Planta productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Generación térmica				
Termoeléctricas	1705800	MWh	146698,8	49,0080261
Autoprodutores	61400	MWh	5280,4	1,76403611
Turbinas de gas	-			
Grupos Electrógenos				
Interconectados al sistema	-			
Aislados	-			
Renovables				
Hidroeléctricas	-			
Biogás	45,463	MWh	3,909818	0,00130616
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	0,12092266
Otras	1709200		146991,2	49,1057089
Total	1771454,36		299336,275	100

A partir de la Figura 2.6 se destaca la termoeléctrica como principal planta generadora de energía eléctrica en el Municipio de Cienfuegos.

**Figura 2.6:** Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019)

Paso 8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos

En este paso se considera el consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos, dichos valores se muestran en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Sectores	valor	Unidad	Valor en tep	%
Estatad	268800	MWh	23116,8	63,03939962
Población	157600	MWh	13553,6	36,96060038
Total	695200	MWh	36670,4	100

La Figura 2.7 muestra el consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos resultando el sector estatal más consumidor que el residencial con un 63,1% frente a un 36,9%.

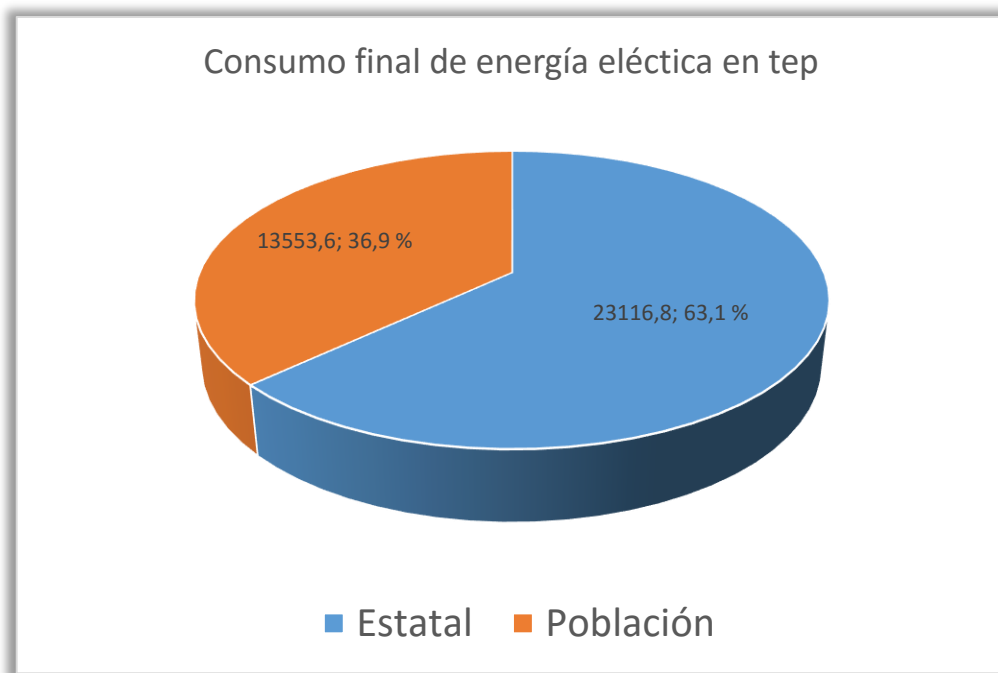


Figura 2.7: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

Al ser el sector estatal más consumidor que el residencial se hace necesario un análisis del consumo de electricidad dentro de dicho sector, la Tabla 2.9 recoge los datos referentes al sector estatal.

Tabla 2.9: Consumo total de energía eléctrica en el sector estatal del municipio de Cienfuegos.

Fuente: Sánchez (2019).

Sectores estatales	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Industria	181200	MWh	15583,2	67,4107143
Construcción	1300	MWh	111,8	0,48363095
Agropecuario	2400	MWh	206,4	0,89285714
Transporte	2000	MWh	172	0,74404762
Comercio	9700	MWh	834,2	3,60863095
Otros	72200	MWh	6209,2	26,860119
Total	268800	MWh	23116,8	100

En la Figura 2.8 se detallan los consumos de electricidad en el sector estatal en el municipio de Cienfuegos.

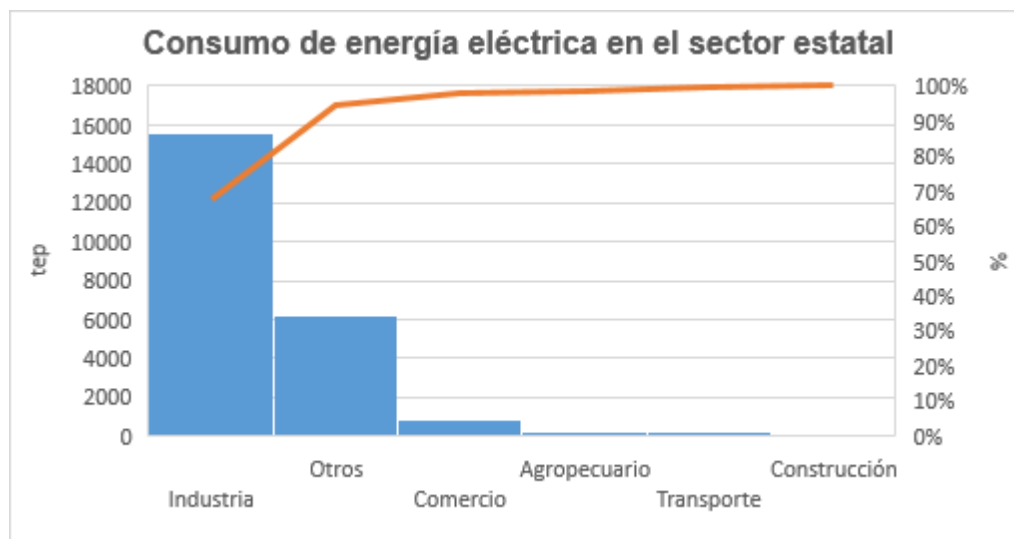


Figura 2.8: Consumo total de energía eléctrica en el sector estatal del municipio de Cienfuegos.

Fuente: Sánchez (2019).

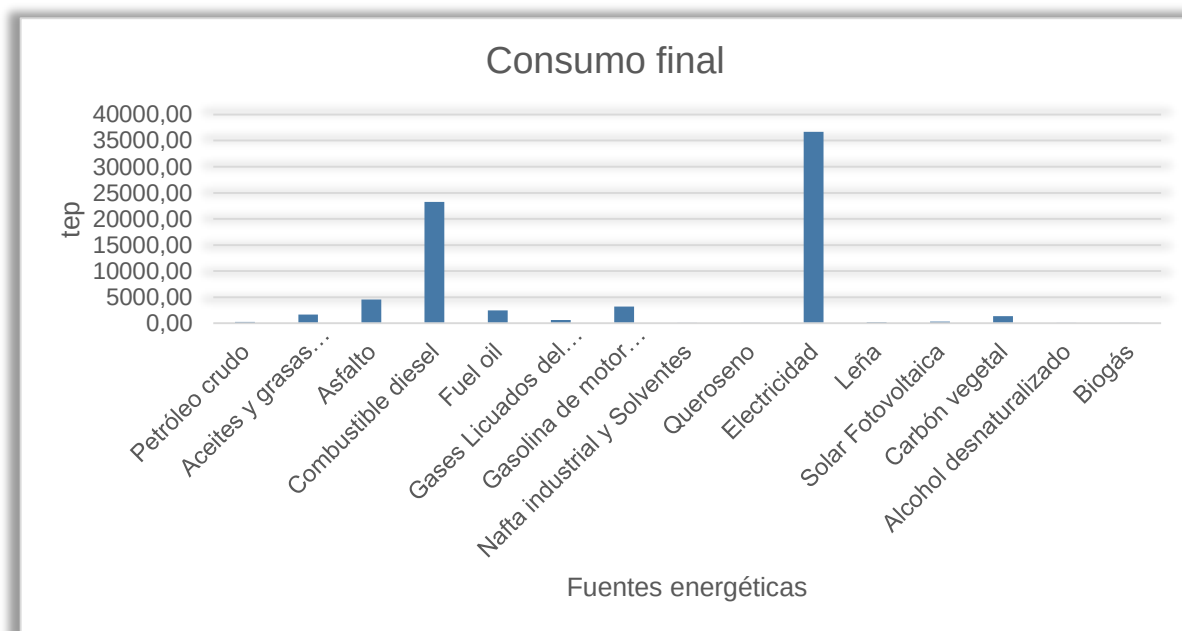
Paso 9: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos

En este apartado se contabiliza el consumo final de energía en el municipio. Los datos se muestran en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánches (2019).

Fuentes Energéticas	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Petróleo crudo	250,60	t	255,36	0,3417295
Derivados del petróleo				
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,6	t	1651,776	2,2104383
Asfalto	4749,2	t	4559,232	6,1012516
Combustible diesel	24204,9	t	23236,704	31,095802
Fuel oil	2588,6	t	2485,056	3,3255495
Gases Licuados del Petróleo (GLP)	578,6	t	653,818	0,8749518
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,5	t	3237,285	4,3321968
Nafta industrial y Solventes	8,5	t	9,1375	0,012228
Queroseno	0,6	t	0,627	0,0008391
Electricidad	426400	MW/h	36670,4	49,073032
Leña	7722,8	m3	200,7928	0,2687048
Solar Fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	0,484389
Carbón vegetal	2815	t	1399,055	1,8722422
Alcohol desnaturalizado	1,1	HI	1,056	0,0014132
Biogás	45,463	m3	3,909818	0,0052322
TOTAL			74726,18	100

En la Figura 2.9 se observa el consumo final de energía del municipio Cienfuegos, destacándose la electricidad con un 49,07% y el combustible diésel con 31,09% del total (74726,18 tep) de energía consumida durante el año 2015.

**Figura 2.9:** Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Sánchez (2019).

2.4 Metodología para el balance energético municipal en Cuba

Sánchez (2019) realiza la contabilización de los flujos energéticos para el año 2015, a través de la metodología propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017 adaptada para los municipios cubanos por esta autora.

2. 4. 1 Análisis de la metodología para el balance energético municipal

Para establecer el balance energético municipal (BEM) en Cuba, se utilizó la metodología F2I2-UPM (2017) adaptada por Sánchez (2019), sin embargo esta necesita ser revisada con este objetivo se crea un grupo de trabajo a través de la fórmula:

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

Donde:

1 - α : Nivel de significación estadística (nivel de confianza).

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. ($i \leq 12$).

1 - α	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

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

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

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos o tamaño del grupo de trabajo se obtiene que deben ser once, los mismos integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, profesores de la Facultad de Ingeniería(FI) de la Universidad de Cienfuegos, de los Departamentos de Contabilidad y Finanzas (DCF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

(CITMA), un representante de la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y del Gobierno municipal de Cienfuegos. El grupo de expertos queda conformado de la siguiente forma:

1. DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
2. DrC. José Monteagudo Llanes (CEEMA)
3. DraC. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
4. DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
5. DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
6. DrC. Nelson Castro Perdomo (FI)
7. DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
8. MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
9. MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
10. Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
11. MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

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 1. A continuación, se les realiza un análisis de experticia al grupo de trabajo 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	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
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

En este análisis se logra evidenciar los portadores energéticos de mayor consumo en el municipio de Cienfuegos, así la incidencia de los organismos, instituciones y la población. Sin embargo aunque este análisis le proporcionó al gobierno local el balance energético para el año 2015, no evidencia el comportamiento de este en determinado periodo, con el objetivo de establecer tendencias en los consumos de portadores energéticos que sirvan de base para la toma de decisiones sobre los recursos energéticos (Campillo, 2018) y las potencialidades energéticas municipales (Campillo, 2018) (Rodríguez, 2019); en función del desarrollo local a través de la Estrategia de Desarrollo Económico y Social Municipal (EDESME) del municipio de Cienfuegos y que esta haga simbiosis con la estrategia de desarrollo de fuentes renovables de energía (FRE) que lleva a cabo el país para propiciar el cambio de la matriz energética y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030 de las Naciones Unidas (ONU).

Del análisis realizado por el grupo de trabajo se evidencia con un nivel de concordancia de W-Kendall=0.85 que la metodología para el BEM en Cuba no establece la estructura energética para el municipio de Cienfuegos para un periodo, ni su proyección para el 2030.

Por lo que se concluye que la metodología para el BEM en Cuba se debe adecuar considerando la inclusión de:

- FRE tales como la biomasa y la solar térmica
- Los impactos medioambientales por el uso de portadores energéticos.
- Las potencialidades energéticas municipales para la proyección al 2030

En la adecuación de la metodología para el BEM en Cuba el grupo de trabajo propone la utilización del Quality Function Deployment (QFD) o Despliegue de la Función de Calidad, que es un proceso de planeación dirigido por el cliente por medio del cual productos y servicios se

adaptan a las necesidades de los consumidores. Comenzando con un conjunto de necesidades del consumidor, se establecen los requerimientos del diseño y se identifican las relaciones entre las necesidades y los requerimientos. Se crea un diagrama para ilustrar el plan en una forma que es llamada la Casa de la Calidad.

Las entradas para la construcción de la casa de la Casa de la Calidad son las que se muestran en la Figura 2.10, de la tabla de datos para su procesamiento en STATGRAPHICS Centurion.

	Necesidades del GL	Prioridad del GL	Requerimientos del BEM	Objetivo del diseño nuevo BEM	Metas nuevo diseño	nuevo BEM	actual BEM	\$MATRIX\$	\$INTERACTION\$
	peticiones del GL	orden de importancia	diseño nuevo BEM			rediseño			
1	estructura mat:10	10	confiable	no=0 si=1	raiser	5	0	ssm	—
2	potencialidades	10	accesible	no=0 si=1	raiser	5	0	ssm	P_
3	proyección mat:10	10	periodo de fall	365 dias	maintain	5	0	ssm	P+_
4	impactos medio:10	10				5	0	snm	
5	permita tomar c7	7				5	4	sss	
6	fácil la toma c7	7				5	3	sss	
7	datos confiable7	7				5	5	sss	
8	actualizable	8				5	5	ssm	
9									

Figura 2.10: Datos de entrada para la Casa de la Calidad. **Fuente:** Elaboración Propia.

Las entradas para la Matriz QFD son las siguientes:

- Necesidades del Gobierno local (GL) (peticiones del GL)
- Prioridad del GL (orden de importancia)
- Requerimientos del BEM (diseño nuevo BEM)
- Objetivo del diseño nuevo BEM
- Metas nuevo diseño
- Evaluaciones entre el BEM nuevo y el actual:
 - nuevo BEM (rediseño)
 - actual BEM

En la Tabla 2.12 muestra las necesidades del GL, las prioridades del GL y las evaluaciones entre el BEM nuevo y el actual.

Tabla 2.12: Tabla de Consumidor. **Fuente:** elaboración propia.

Necesidades del GL	Prioridad del GL	Calificación para	
		nuevo BEM	actual BEM
estructura matriz periodo	10.0	5.0	0.0
potencialidades FRE	10.0	5.0	0.0
proyección matriz 2030	10.0	5.0	0.0
impactos medioambientales	10.0	5.0	0.0
permita tomar decisiones	7.0	5.0	4.0
fácil la toma de decisiones	7.0	5.0	3.0
datos confiables	7.0	5.0	5.0
actualizable	8.0	5.0	5.0
Calificación original	345.0	345.0	124.0
Calificación por ciento	100.0%	100.0%	35.9%

La Tabla 2.13 resume las calificaciones ponderadas asociadas con cada requerimiento de diseño, ordenado del más importante al menos importante, basándose en las calificaciones, el requerimiento de diseño que está más fuertemente relacionado con las necesidades importantes para el GL es la estructura matriz periodo.

Tabla 2.13: Tabla de Requerimientos. **Fuente:** Elaboración Propia.

Requerimientos del BEM	Objetivo del diseño nuevo BEM	Metas nuevo diseño	Peso absoluto	Peso real.
confiable	no=0 si=1	raiser (aumentar)	72.0	621.0
accesible	no=0 si=1	raiser (aumentar)	66.0	561.0
periodo de falla	365 días	maintain (mantener)	42.0	333.0

Relación de pesos: Fuerte=9.0 Media=3.0 Débil=1.0

La Figura 2.11 muestra la Casa de la Calidad para la metodología del BEM para Cuba.

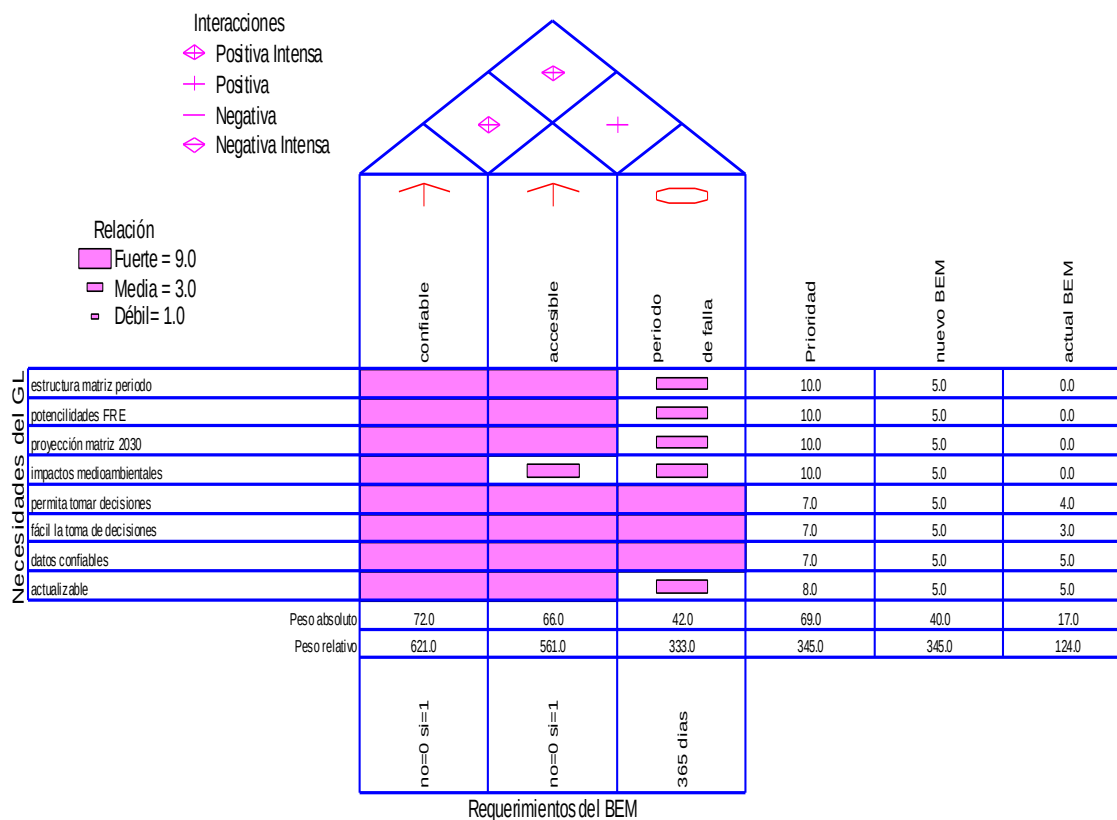


Figura 2.11: La Casa de la Calidad para la metodología del BEM para Cuba. **Fuente:** Elaboración Propia.

Capítulo 3



Capítulo 3: Balance energético al municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017 y proyecciones hacia el 2030

3.1 Introducción

En este capítulo se propone una metodología para el Balance Energético Municipal en Cuba a partir de la metodología propuesta por Sánchez (2019). Además, se aplica dicha metodología para el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017 y se presentan las proyecciones hacia el 2030.

3.2 Propuesta de metodología para el BEM en Cuba

La metodología propuesta por los autores de esta investigación parte de la adaptada por Sánchez (2019) con la inclusión de elementos determinados en el epígrafe 2.4.1, la metodología que permite realizar el BEM, su estructura y proyección se muestra a continuación.

3.2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones en el período 2012 – 2017

La Tabla 3.1 muestra la evolución de las importaciones energéticas en el municipio en el período 2012 – 2017 que son todas aquellas formas de energía que no se producen en el municipio, por lo que tienen que ser importadas para satisfacer su demanda.

Tabla 3.1: Fuentes energéticas externas. Importaciones. Período 2012 - 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Petróleo crudo	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Alcohol desnaturalizado	TOTAL
TEP											
2012											
2013											
2014											
2015											
2016											
2017											
%											
2012											
2013											
2014											
2015											
2016											
2017											

3.2.2 Fuentes energéticas propias en el período 2012 - 2017. Generación de energía

En la Tabla 3.2 se consideran las fuentes energéticas propias disponibles y la generación de energía eléctrica en el municipio en el período 2012 – 2017.

Tabla 3.2: Fuentes energéticas propias. Producción primaria de energía en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Leña		Biogás		Solar fotovoltaica		Total	
	Tep	%	Tep	%	Tep	%	Tep	%
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								

- Generación de energía eléctrica

En este apartado se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas propias del municipio en el período objeto de estudio como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Generación de energía eléctrica en el municipio a partir de fuentes propias primarias. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Solar fotovoltaica		Total	
	Tep	%	Tep	%
2012				
2013				
2014				
2015				
2016				
2017				

3.2.3 Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas

La Tabla 3.4 compara las importaciones de energía realizadas por el municipio (fuentes energéticas externas) con las fuentes primarias propias aprovechadas en el municipio.

Tabla 3.4: Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

Años	Importaciones (fuentes energéticas externas)		Fuentes energéticas primarias propias		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						

3.2.4 Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio en el período 2012 – 2017

En este subepígrafe se recogen los valores de consumo de energía secundaria en el municipio entre 2012 y 2017 como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Consumo de energía secundaria en el municipio. Período 2012 - 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Electricidad	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Alcohol desnaturalizado	Carbón Vegetal	Total
	TEP											
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
	%											
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												

3.2.5 Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

A continuación, se recoge en la Tabla 3.6 el consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio. Período 2012 – 2017.

Tabla 3.6: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Portadores energéticos por sectores	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Aceites y grasas lubricantes terminados							
Sector 1							
Sector 2							
Asfalto							
Sector 1							
Sector 2							
Combustible diesel							
Sector 1							
Sector 2							
Fuel oil							
Sector 1							
Sector 2							
Gas licuado de petróleo							
Sector 1							
Sector 2							
Gasolina de motor (excluye de aviación)							
Sector 1							
Sector 2							
Nafta industrial y Solventes							
Sector 1							
Sector 2							
Queroseno							
Sector 1							
Sector 2							
Total							

3.2.6 Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio entre 2012 y 2017

En este subepígrafe se detalla la generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el período 2012 - 2017 a través de la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Empresas de servicio público		Autoprodutores (Industria azucarera)		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						

3.2.7 Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio en el período 2012 – 2017

A través de la Tabla 3.8 se recogen los datos de generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio en el período 2012 – 2017.

Tabla 3.8: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Termoeléctricas	Autoprodutores	Solar fotovoltaica	Otras	Total
	Tep				
2012					
2013					
2014					
2015					
2016					
2017					
	%				
2012					
2013					
2014					
2015					
2016					
2017					

3.2.8 Consumo total de energía eléctrica en el municipio entre 2012 – 2017

En este apartado se considera el consumo total de energía eléctrica en el municipio en dicho período como se muestra en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9: Consumo total de energía eléctrica en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019)

Año	Industria	Construcción	Agropecuario	Transporte	Comercio	Otros	Población	Total
	TEP							
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								
	%							
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								

3.2.9 Consumo final de energía en el municipio Cienfuegos en el período 2012 – 2017

En este apartado se contabiliza el consumo final de energía en el municipio Cienfuegos. Los datos se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Consumo final de energía en el municipio. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Petróleo crudo	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Electricidad	Leña	Solar Fotovoltaica	Carbón Vegetal	Alcohol desnaturalizado	Biogás	TOTAL
	TEP															
2012																
2013																
2014																
2015																
2016																
2017																
	%															
2012																
2013																
2014																
2015																
2016																
2017																

3.3 Aplicación de la metodología para el BEM en Cuba

Esta metodología es adaptada a partir de la propuesta por Sánchez (2019), se aplica en el municipio de Cienfuegos en el período 2012-2017. El alcance de la aplicación se ve limitado solo hasta la estructura del mismo período por no contar con datos suficientes en los años posteriores debido a que no se pudo contactar con los actores locales que gestionan la información requerida.

3.3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones en el período 2012 – 2017

En este punto se consideran las fuentes energéticas externas del municipio de Cienfuegos como se muestra en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. Período 2012 - 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Petróleo crudo	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Alcohol desnaturalizado	TOTAL
TEP											
2012	471,797	1674,816	4611,456	25072,990	3333,792	609,409	4547,286	19,243	1,568	6,624	40348,980
2013	293,574	1820,352	4399,104	26702,690	2800,224	665,231	4443,389	17,878	1,672	1,824	41145,937
2014	248,940	1774,113	3618,240	25443,940	1705,056	606,245	3615,958	13,223	0,732	1,248	37027,694
2015	255,361	1651,776	4559,232	23236,700	2485,056	653,818	3237,285	9,138	0,627	1,056	36090,049
2016	269,933	1484,064	4022,208	22571,040	2194,752	579,351	2575,169	9,783	0,627	0,000	33706,927
2017	223,161	1303,680	2749,632	23698,180	2001,024	560,480	2679,173	8,063	0,836	0,000	33224,229
%											
2012	1,169	4,151	11,429	62,140	8,262	1,510	11,270	0,048	0,004	0,016	100
2013	0,713	4,424	10,691	64,898	6,806	1,617	10,799	0,043	0,004	0,004	100
2014	0,672	4,791	9,772	68,716	4,605	1,637	9,766	0,036	0,002	0,003	100
2015	0,708	4,577	12,633	64,385	6,886	1,812	8,970	0,025	0,002	0,003	100
2016	0,801	4,403	11,933	66,963	6,511	1,719	7,640	0,029	0,002	0,000	100
2017	0,672	3,924	8,276	71,328	6,023	1,687	8,064	0,024	0,003	0,000	100

De la Tabla 3.11 se derivan las Figuras 3.1 y 3.2 donde en la Figura 3.1 se evidencia un ligero decrecimiento en las importaciones de fuentes energéticas a partir del año 2013 aunque se mantiene considerable la dependencia de los productos petrolíferos en particular el combustible diésel que representa entre en 60-70% seguido del asfalto con 9-12% como se muestra en la Figura 3.2.

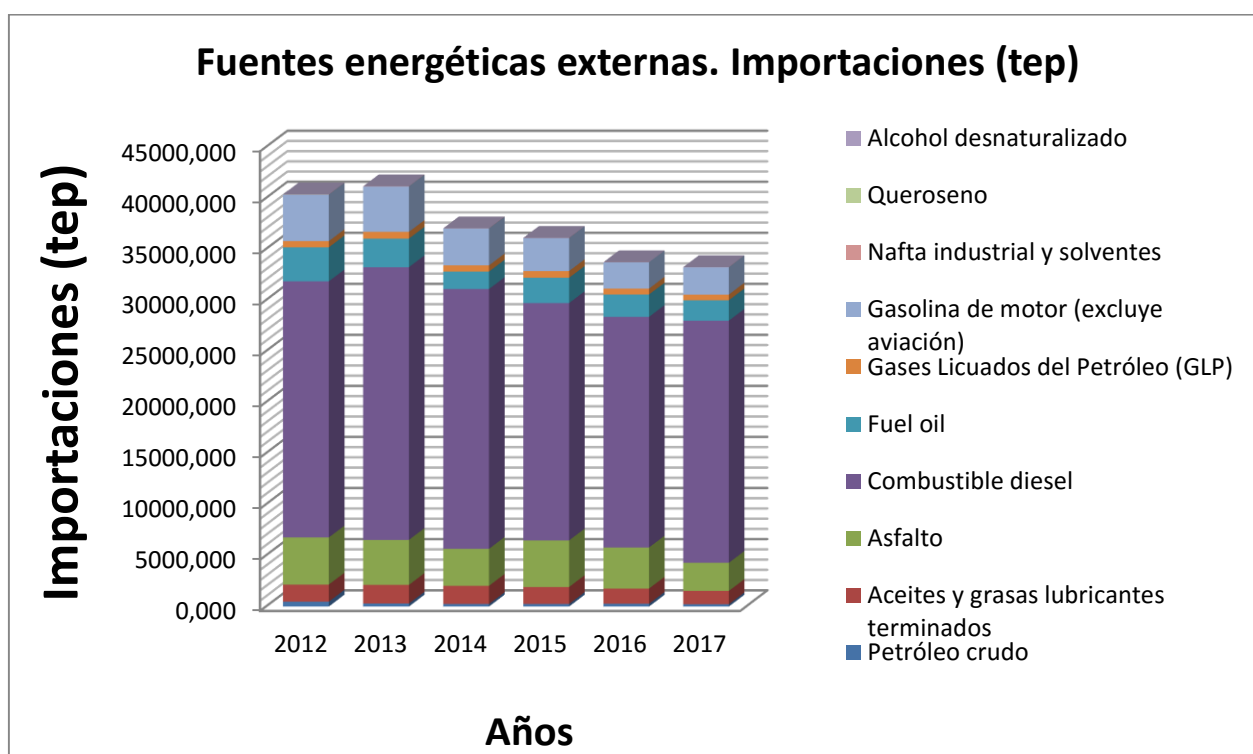


Figura 3.1: Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (tep). **Fuente:** Elaboración propia.

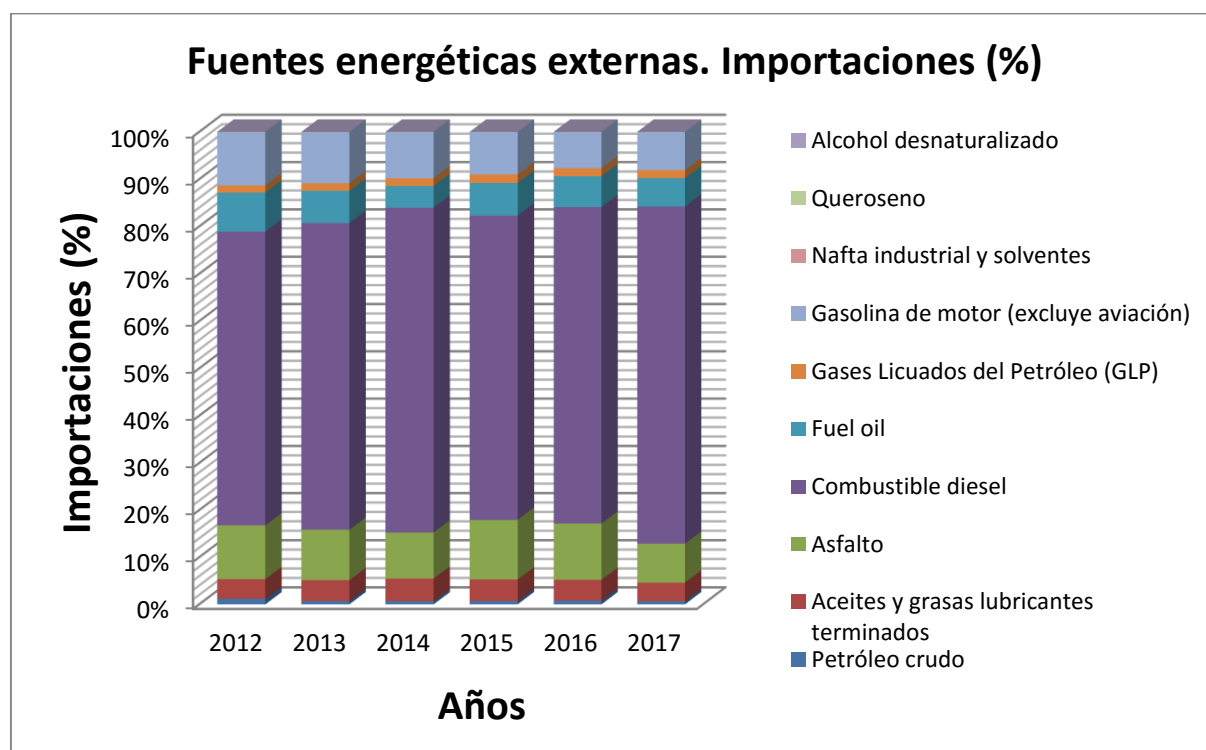


Figura 3.2: Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (%). **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.2 Fuentes energéticas propias en el municipio Cienfuegos en el período 2012 - 2017.

Generación de energía

Las fuentes energéticas primarias propias en el municipio de Cienfuegos son principalmente las fuentes renovables de energía. La Tabla 3.12 recoge las fuentes de energía primarias propias disponibles en el municipio de Cienfuegos.

Tabla 3.12: Fuentes energéticas propias. Producción primaria del municipio Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Leña		Biogás		Solar fotovoltaica		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%	tep	%
2012	144,357	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	144,357	100
2013	156,775	13,041	0,000	0,000	1045,400	86,959	1202,175	100
2014	107,629	2,350	0,000	0,000	4472,300	97,650	4579,929	100
2015	139,765	3,214	0,000	0,000	4208,900	96,786	4348,665	100
2016	105,433	2,109	684,300	13,690	4208,900	84,201	4998,633	100
2017	117,608	2,211	993,000	18,667	4208,900	79,122	5319,508	100

En la Tabla 3.12 se analiza que, a partir de la instalación, puesta en marcha y sincronización al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) del Parque Solar Fotovoltaico de Cantarrana en el año 2013, aumenta considerablemente el consumo de fuentes primarias propias de energía como se muestra en la Figura 3.3 y, cómo la energía solar fotovoltaica va a representar el mayor porcentaje del consumo de fuentes energéticas primarias propias considerándose entre un 79 - 98% del total de la energía primaria propia consumida entre 2012 – 2017, evidenciándose en la Figura 3.4.

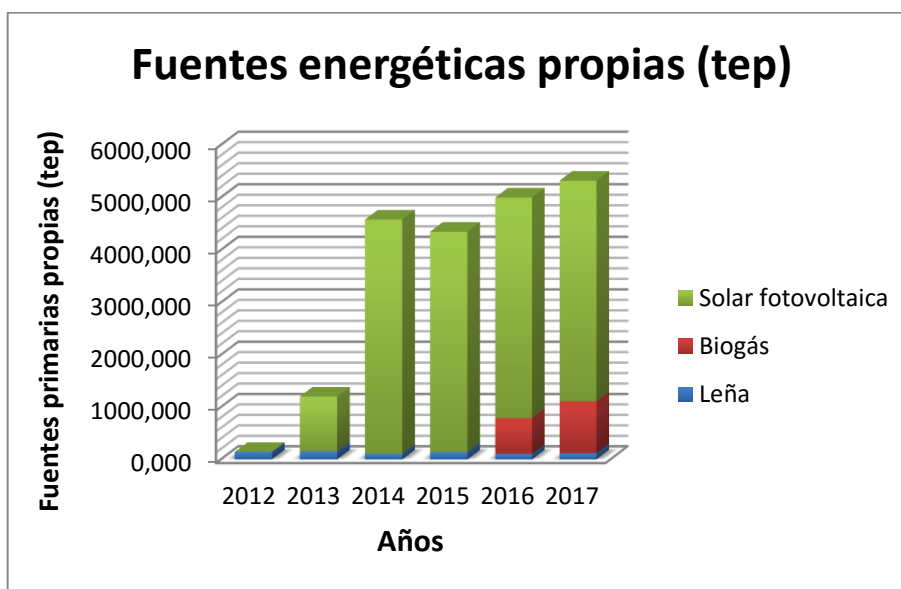


Figura 3.3: Fuentes energéticas propias. Producción primaria del municipio Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (tep). **Fuente:** Elaboración propia.

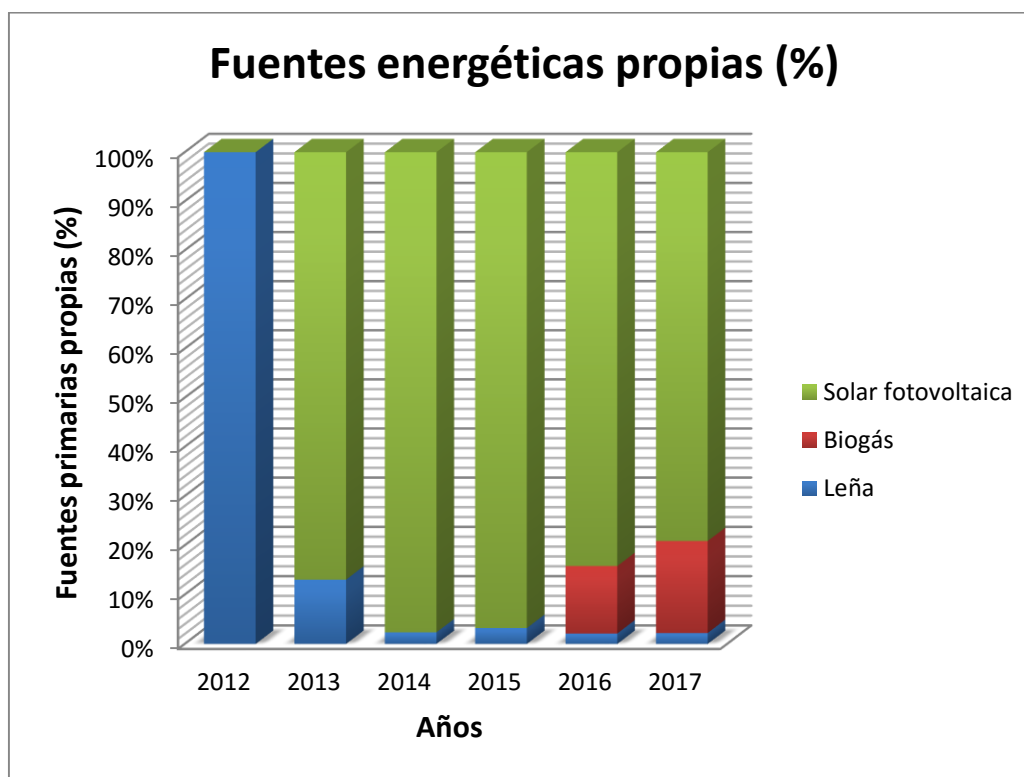


Figura 3.4: Fuentes energéticas propias. Producción primaria del municipio Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (%). **Fuente:** Elaboración propia.

- Generación de energía eléctrica por fuentes primarias propias en Cienfuegos en el período 2012 – 2017.

En la generación de energía eléctrica bruta a partir de las fuentes energéticas primarias propias se contabiliza únicamente la producción de electricidad mediante la energía solar fotovoltaica como se muestra en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Generación de energía eléctrica a partir de fuentes primarias propias en el municipio Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Solar fotovoltaica		Total	
	Tep	%	Tep	%
2012	0,000	100	0,000	100
2013	89,904	100	89,904	100
2014	384,618	100	384,618	100
2015	361,965	100	361,965	100
2016	361,965	100	361,965	100
2017	361,965	100	361,965	100

3.3.3 Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas del municipio Cienfuegos en el período 2012 - 2017

La Tabla 3.14 compara las importaciones de energía realizadas por el municipio de Cienfuegos (fuentes energéticas externas) con las fuentes primarias propias aprovechadas en el municipio entre los años 2012 y 2017.

Tabla 3.14: Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

Años	Importaciones (fuentes energéticas externas)		Fuentes energéticas primarias propias		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%
2012	40348,980	99,644	144,357	0,356	40493,337	100
2013	41145,937	97,161	1202,175	2,839	42348,112	100
2014	37027,694	88,993	4579,929	11,007	41607,623	100
2015	36090,049	89,246	4348,665	10,754	40438,714	100
2016	33706,927	87,085	4998,633	12,915	38705,560	100
2017	33224,229	86,199	5319,508	13,801	38543,737	100

En la Figura 3.5 derivada de la Tabla 3.14 se observa que las importaciones energéticas suponen, en el periodo analizado, un porcentaje que varía entre el 86 - 99,6% mientras que, las fuentes primarias propias aprovechadas oscilan entre 144 y 5320 tep/año, suponiendo un porcentaje variable de 0,3 – 14% respecto del total.

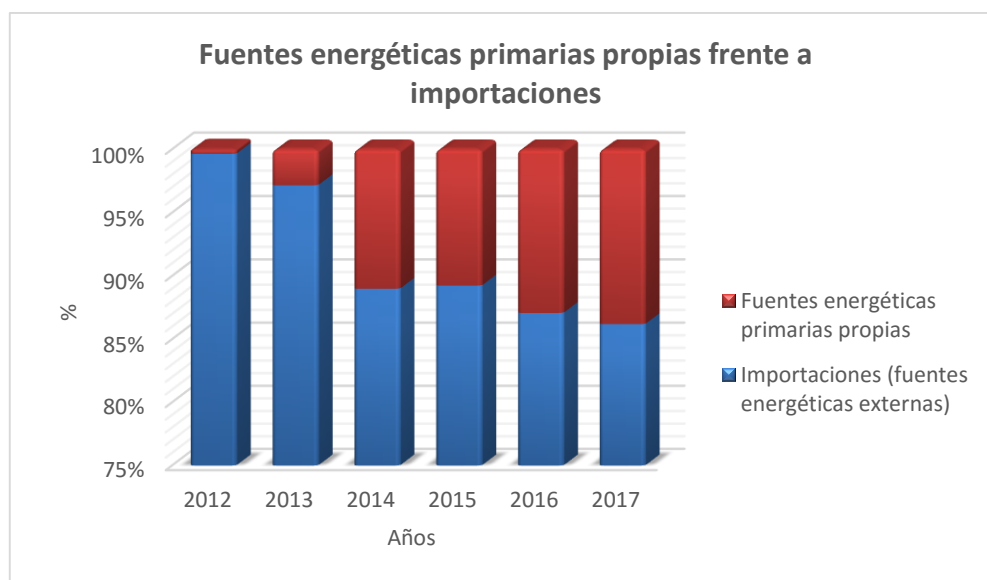


Figura 3.5: Fuentes energéticas primarias propias frente a importaciones energéticas. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.4 Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

En este apartado se recogen los valores de consumo de energía secundaria en el municipio Cienfuegos en el período 2012 – 2017 como se muestra en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Electricidad	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Alcohol desnaturalizado	Carbón Vegetal	Total
tep												
2012	38012,000	1674,816	4611,456	25072,992	3333,792	609,409	4547,286	19,243	1,568	6,624	769,157	78658,342
2013	40325,400	1820,352	4399,104	26702,688	2800,224	665,231	4443,389	16,878	1,672	1,824	836,103	82012,865
2014	37392,800	1744,128	3618,240	25443,936	1705,056	606,245	3615,958	13,223	0,732	1,248	1338,819	75480,384
2015	36670,400	1651,776	4559,232	23236,704	2485,056	653,818	3237,285	9,138	0,627	1,056	1399,055	73904,147
2016	33901,200	1484,064	4022,208	22571,040	2194,752	579,351	2575,169	9,783	0,627	0,000	1398,011	68736,205
2017	34314,000	1303,680	2749,632	23698,176	2001,024	560,480	2679,173	8,063	0,836	0,000	1483,346	68798,410
%												
2012	48,325	2,129	5,863	31,876	4,238	0,775	5,781	0,024	0,002	0,008	0,978	100
2013	49,170	2,220	5,364	32,559	3,414	0,811	5,418	0,021	0,002	0,002	1,019	100
2014	49,540	2,311	4,794	33,709	2,259	0,803	4,791	0,018	0,001	0,002	1,774	100
2015	49,619	2,235	6,169	31,442	3,363	0,885	4,380	0,012	0,001	0,001	1,893	100
2016	49,321	2,159	5,852	32,837	3,193	0,843	3,746	0,014	0,001	0,000	2,034	100
2017	49,876	1,895	3,997	34,446	2,909	0,815	3,894	0,012	0,001	0,000	2,156	100

A través de la Figura 3.6 se evidencia el alto consumo de electricidad oscilando entre el 48 – 50% del total del consumo de energía secundaria en el municipio Cienfuegos entre 2012 y 2017. Además, se destaca el consumo de combustible diésel variando entre el 31 y 35% del total del consumo en dicho período de tiempo.

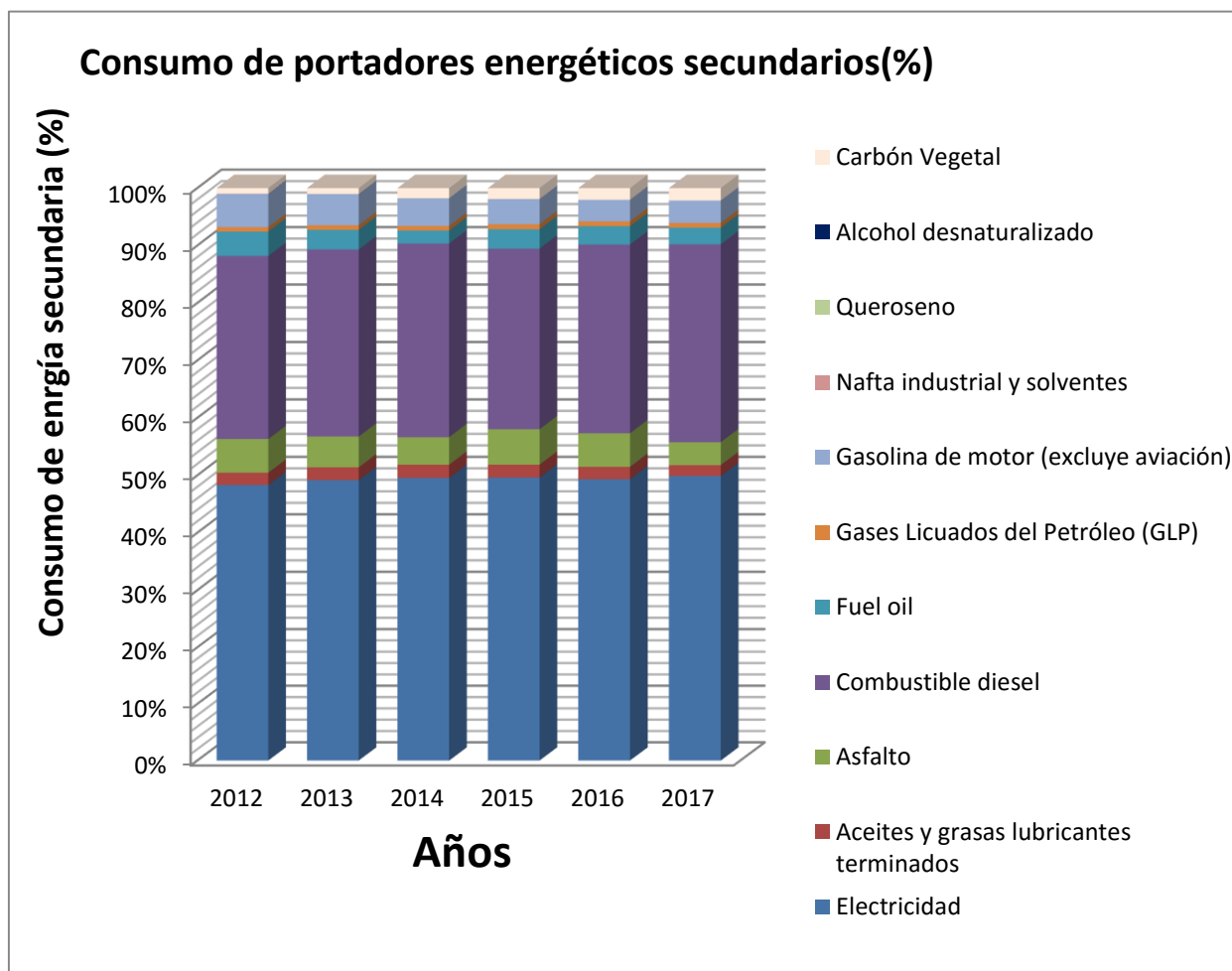


Figura 3.6: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.5 Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

A continuación, se recoge el consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos entre los años 2012 y 2017. Se utilizan las Tablas 3.16 y 3.17 para mostrar las cifras que evidencian que el 2013 fue el año donde más se consumieron estos productos petrolíferos y el portador energético más consumido fue el combustible diésel con un valor aproximado de 146725,536 tep. Además, la Tabla 3.17 muestra que, el sector más consumidor es la construcción con valores cercanos a las 62 mil tep.

Tabla 3.16: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

Portadores energéticos por sectores	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Aceites y grasas lubricantes terminados	1674,816	1820,352	1744,13	1651,776	1484,064	1303,68	9678,816
De ello:							
Agricultura, ganadería y silvicultura	38,4	38,88	39,36	44,16	53,568	9,024	223,392
Industria azucarera	779,136	798,048	864,384	848,16	814,368	661,536	4765,632
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	210,912	259,104	205,536	213,888	207,936	157,248	1254,624
Construcción	218,304	243,072	213,696	255,456	219,072	198,048	1347,648
Comercio y reparación de efectos personales	34,464	28,704	34,08	31,488	31,488	36,96	197,184
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	78,336	91,008	86,592	89,952	68,064	70,08	484,032
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	4,8	7,2	3,552	5,088	6,336	11,52	38,496
Otros	310,464	354,336	296,928	163,584	83,232	159,264	1367,808
Asfalto	4611,456	4399,104	3618,24	4559,232	4022,208	2749,63	23959,872
De ello:							
Construcción	4478,304	4006,848	3427,68	4259,424	4022,208	2749,63	22944,096
Otros	133,152	392,256	190,56	299,808	0	0	1015,776
Combustible diesel	25072,99	26702,69	25443,9	24106,56	22571,04	23698,2	147595,392
De ello:							
Agricultura, ganadería y silvicultura	916,224	1107,168	1016,64	1012,704	1072,992	2537,57	7663,296
Industria azucarera	6393,504	7340,064	7622,3	7303,488	7994,592	7287,74	43941,696
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	3237,792	3560,16	3209,28	2818,176	2100,48	1962,53	16888,416
Suministro de electricidad, gas y agua	1094,016	991,968	1056,58	4749,504	1184,064	1174,94	10251,072
Construcción	6782,688	6850,272	5971,3	3339,744	3385,056	3540,1	29869,152
Comercio y reparación de efectos personales	1122,816	1057,248	1006,46	1182,24	1113,984	956,448	6439,2
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	2671,968	2818,752	2643,84	2841,504	2633,28	2925,5	16534,848
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	242,304	279,072	207,072	677,568	626,016	650,784	2682,816
Administración pública	196,8	188,256	180,672	182,88	201,888	216,096	1166,592
Otros	2414,88	2509,728	2529,79	0	2258,688	2446,46	12159,552
Fuel oil	3333,792	2800,224	1705,06	2485,056	2194,752	2001,02	14519,904
De ello:							
Industria azucarera	1348,32	733,152	0	0	0	0	2081,472
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	338,592	409,44	325,344	85,152	145,152	0	1303,68
Construcción	1135,2	1118,016	888,096	1020,768	820,704	648,096	5630,88
Otros	511,68	539,616	491,616	1379,136	1228,896	1352,93	5503,872
Gas licuado de petróleo	609,409	665,231	606,245	653,818	579,351	560,48	3674,534
De ello:							
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	49,042	60,116	51,415	24,86	21,131	23,504	230,068
Comercio y reparación de efectos personales	39,55	41,584	32,431	35,482	27,685	30,397	207,129
Otros	520,817	563,531	522,399	593,476	530,535	506,579	3237,337
Gasolina de motor (excluye de aviación)	4547,286	4443,389	3615,96	3237,285	2575,169	2679,17	21098,26
De ello:							
Agricultura, ganadería y silvicultura	49,006	64,307	51,895	49,541	34,133	92,983	341,865
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	365,298	342,4	303,452	273,171	198,271	204,798	1687,39
Suministro de electricidad, gas y agua	246,314	266,751	229,729	258,619	212,288	195,703	1409,404
Construcción	345,289	348,713	303,131	268,891	269,747	299,172	1834,943
Comercio y reparación de efectos personales	237,754	216,568	171,307	180,081	129,042	130,968	1065,72
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1583,814	1517,688	1105,63	650,346	487,492	456,248	5801,219
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	255,516	254,553	219,992	269,319	217,317	228,552	1445,249
Administración pública	538,745	516,917	427,679	422,757	352,886	335,231	2594,215
Otros	925,55	915,492	803,142	864,56	673,993	735,518	4918,255
Nafta industrial y Solventes	20,5325	16,8775	13,2225	9,1375	9,7825	8,0625	77,615
Otros	20,5325	16,8775	13,2225	9,1375	9,7825	8,0625	77,615
Queroseno	1,5675	1,672	0,7315	0,627	0,627	0,836	6,061
Otros	1,5675	1,672	0,7315	0,627	0,627	0,836	6,061
Total	39871,85	40849,54	36747,5	36703,4915	33436,99	33001,1	

Tabla 3.17: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

Sectores	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gas licuado de petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye de aviación)	Nafta industrial y Solventes	Queroseno	Total
Agricultura, ganadería y silvicultura	223,392	0,000	7663,296	0,000	0,000	341,865	0,000	0,000	8228,553
Industria azucarera	4765,632	0,000	43941,696	2081,472	0,000		0,000	0,000	50788,800
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	1254,624	0,000	16888,416	1303,680	230,068	1687,390	0,000	0,000	21364,178
Construcción	1347,648	22944,096	29869,152	5630,880		1834,943	0,000	0,000	61626,719
Comercio y reparación de efectos personales	197,184	0,000	6439,200	0,000	207,129	1065,720	0,000	0,000	7909,233
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	484,032	0,000	16534,848	0,000	0,000	5801,219	0,000	0,000	22820,099
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	38,496	0,000	2682,816	0,000	0,000	1445,249	0,000	0,000	4166,561
Suministro de electricidad, gas y agua	0,000	0,000	10251,072	0,000	0,000		0,000	0,000	10251,072
Administración pública	0,000	0,000	1166,592	0,000	0,000	2594,215	0,000	0,000	3760,807
Otros	1367,808	1015,776	12159,552	5503,872	3237,337	4918,255	77,615	6,061	28286,276

3.3.6 Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

En este subepígrafe se detalla la generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos en el período de 2012 a 2017 a través de la Tabla 3.18.

Tabla 3.18: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Empresas de servicio público		Autoprodutores (Industria azucarera)		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%
2012	114792,800	96,362	4334,400	3,638	119127,200	100
2013	185029,000	97,591	4566,600	2,409	189595,600	100
2014	157165,000	97,032	4807,400	2,968	161972,400	100
2015	146991,200	96,551	5250,400	3,449	152241,600	100
2016	147128,800	96,188	5830,800	3,812	152959,600	100
2017	138030,000	96,768	4609,600	3,232	142639,600	100

En la Figura 3.7 se muestra que las empresas de servicio público representan el mayor porcentaje de la generación bruta de energía eléctrica, representando entre el 96 y 98% del total de la energía eléctrica generada.

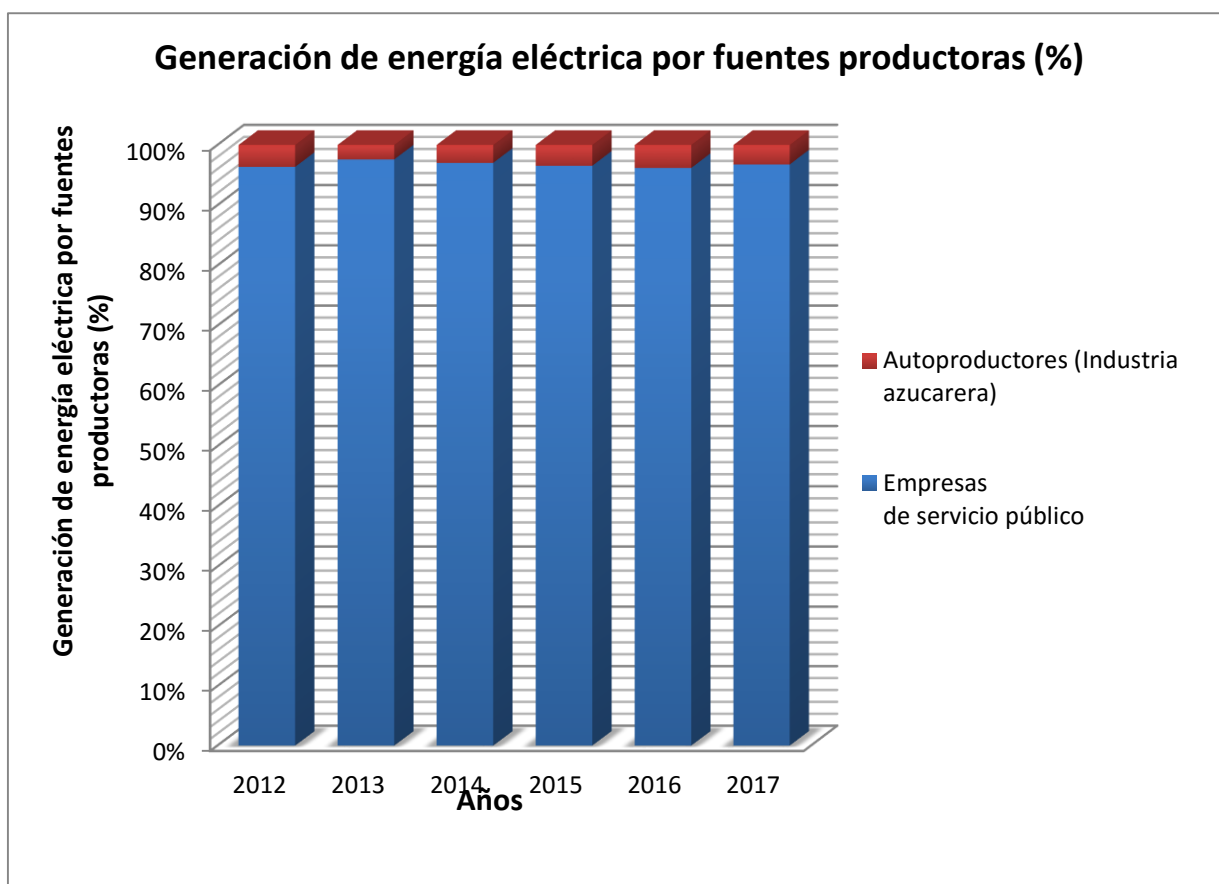


Figura 3.7: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.7 Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio Cienfuegos en el período 2012 – 2017

En este apartado se analizan los datos de generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio mediante la Tabla 3.19, mostrando además en la Figura 3.8 que, a partir del año 2015 se incorporan otras plantas productoras para aumentar la generación bruta de energía eléctrica por esta vía.

Tabla 3.19: Generación bruta de energía eléctrica por planta productora en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Termoeléctricas	Autoprodutores	Solar fotovoltaica	Otras	Total
tep					
2012	1151600	50400	0	0	1202000
2013	1913300	53100	1045,4	0	1967445,4
2014	1633200	55900	4472,3	0	1693572,3
2015	1705800	61400	4208,9	1709200	3480608,9
2016	1703200	67800	4208,9	1710800	3486008,9
2017	1592500	53600	4208,9	1605000	3255308,9
%					
2012	95,80698835	4,193011647	0	0	100
2013	97,24793379	2,698931315	0,053134893	0	100
2014	96,43520976	3,300715299	0,264074938	0	100
2015	49,00866627	1,764059156	0,120924244	49,1064	100
2016	48,85816557	1,944917582	0,120736926	49,0762	100
2017	48,92008866	1,646541132	0,129293414	49,3041	100

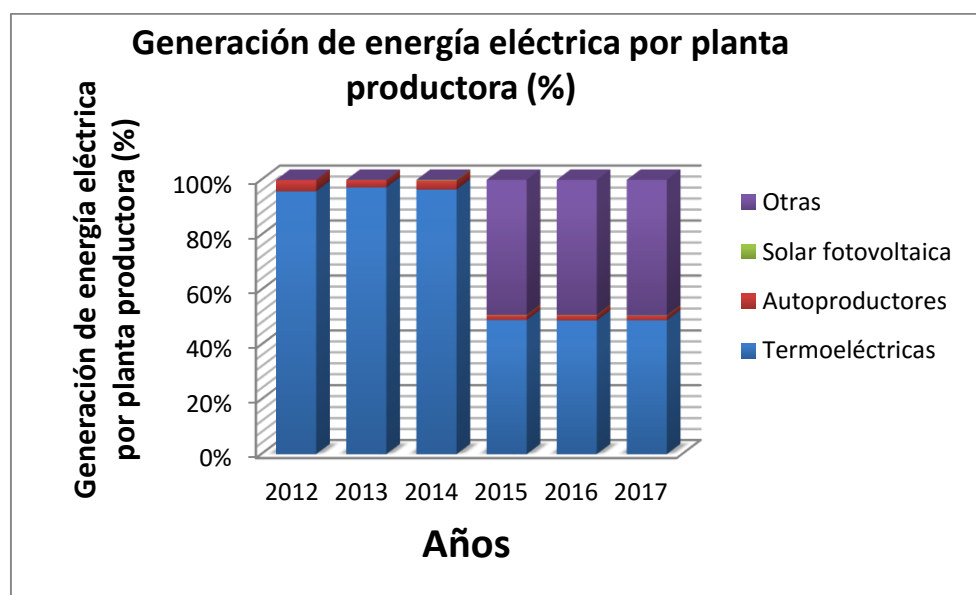


Figura 3.8: Generación bruta de energía eléctrica por planta productora en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.8 Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

La Tabla 3.20 expone los valores del consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos en el período objeto de estudio y en la Figura 3.9 se aprecia que la industria es el sector más consumidor de electricidad en los años analizados oscilando entre el 40 y 52% seguido del sector residencial con un 30 y 40%.

Tabla 3.20: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Industria	Construcción	Agropecuario	Transporte	Comercio	Otros	Población	Total
	tep							
2012	19487,600	120,400	189,200	146,200	627,800	5237,400	12212,000	38020,600
2013	20880,800	120,400	206,400	137,600	619,200	5478,200	12848,400	40291,000
2014	17423,600	111,800	215,000	172,000	610,600	5693,200	13166,600	37392,800
2015	15583,200	111,800	206,400	172,000	834,200	6209,200	13553,600	36670,400
2016	13166,600	146,200	197,800	163,400	765,400	5658,800	13803,000	33901,200
2017	13742,800	163,400	576,200	154,800	774,000	4996,600	13906,200	34314,000
Año	%							
2012	51,255	0,317	0,498	0,385	1,651	13,775	32,119	100
2013	51,825	0,299	0,512	0,342	1,537	13,597	31,889	100
2014	46,596	0,299	0,575	0,460	1,633	15,225	35,212	100
2015	42,495	0,305	0,563	0,469	2,275	16,932	36,961	100
2016	38,838	0,431	0,583	0,482	2,258	16,692	40,715	100
2017	40,050	0,476	1,679	0,451	2,256	14,561	40,526	100

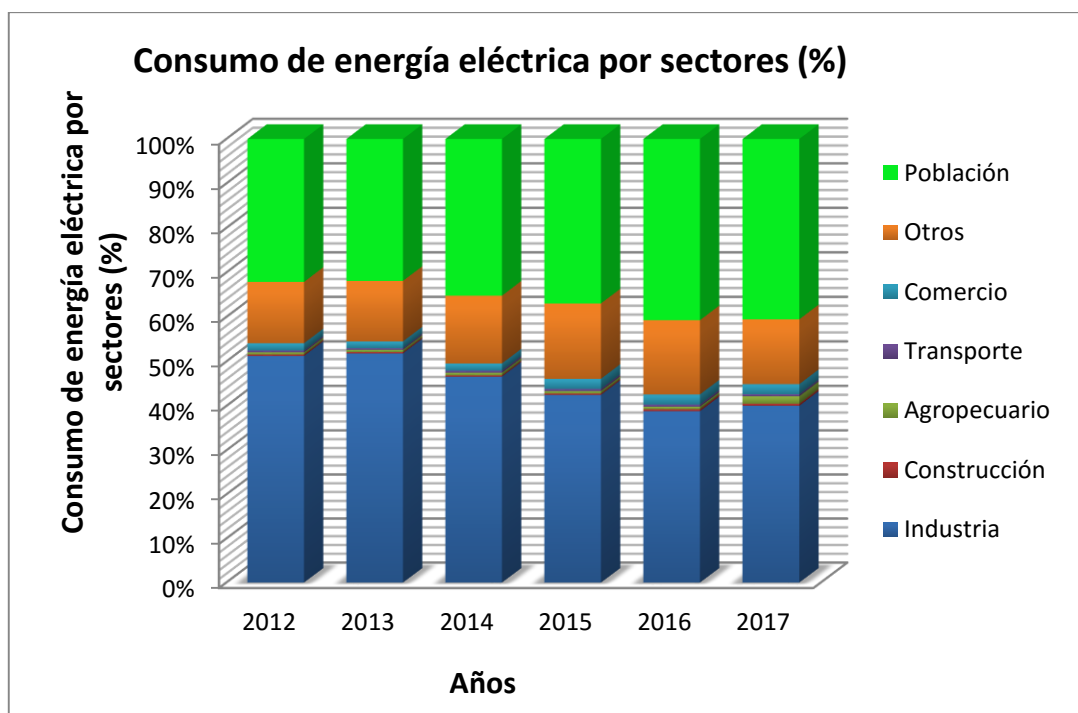


Figura 3.9: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.9 Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos en el período 2012 – 2017

En lo que se refiere al consumo de energía final, la Tabla 3.21 pone de manifiesto los valores del consumo total de energía en el municipio Cienfuegos entre los años 2012 – 2017.

Tabla 3.21: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017. **Fuente:** Adaptado de Sánchez (2019).

Año	Petróleo crudo	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Gasolina de motor (excluye aviación)	Nafta industrial y solventes	Queroseno	Electricidad	Leña	Solar Fotovoltaica	Carbón Vegetal	Alcohol desnaturalizado	Biogás	TOTAL
	tep															
2012	471,797	1674,816	4611,456	25072,990	3333,792	609,409	4547,286	19,243	1,568	38012,000	144,357	0,000	1547,600	6,624	0,000	80052,937
2013	293,574	1820,352	4399,104	26702,690	2800,224	665,231	4443,389	17,878	1,672	40325,400	156,775	1045,400	1682,300	1,824	0,000	84355,812
2014	248,940	1774,113	3618,240	25443,940	1705,056	606,245	3615,958	13,223	0,732	37392,800	107,629	4472,300	2693,800	1,248	0,000	81694,223
2015	255,361	1651,776	4559,232	23236,700	2485,056	653,818	3237,285	9,138	0,627	36670,400	139,765	4208,900	2815,000	1,056	0,000	79924,114
2016	269,933	1484,064	4022,208	22571,040	2194,752	579,351	2575,169	9,783	0,627	33901,200	105,433	4208,900	2812,900	0,000	684,300	75419,660
2017	223,161	1303,680	2749,632	23698,180	2001,024	560,480	2679,173	8,063	0,836	34314,000	117,608	4208,900	2984,600	0,000	993,000	75842,337
	%															
2012	0,589	2,092	5,761	31,321	4,164	0,761	5,680	0,024	0,002	47,484	0,180	0,000	1,933	0,008	0,000	100
2013	0,348	2,158	5,215	31,655	3,320	0,789	5,267	0,021	0,002	47,804	0,186	1,239	1,994	0,002	0,000	100
2014	0,305	2,172	4,429	31,145	2,087	0,742	4,426	0,016	0,001	45,772	0,132	5,474	3,297	0,002	0,000	100
2015	0,320	2,067	5,704	29,073	3,109	0,818	4,050	0,011	0,001	45,882	0,175	5,266	3,522	0,001	0,000	100
2016	0,358	1,968	5,333	29,927	2,910	0,768	3,414	0,013	0,001	44,950	0,140	5,581	3,730	0,000	0,907	100
2017	0,294	1,719	3,625	31,247	2,638	0,739	3,533	0,011	0,001	45,244	0,155	5,550	3,935	0,000	1,309	100

En la Figura 3.10 se puede observar un leve descenso en el consumo total de energía a partir del año 2013 y la Figura 3.11 refleja que la electricidad constituye la principal fuente de energía con una contribución del 45,2%, habiendo sufrido una reducción desde el año 2012 en el que representaba aproximadamente el 47,5% del consumo total de energía final. Por su parte, el combustible diésel representó entre el 29 y 32% del total de energía consumida entre los años 2012 y 2017.

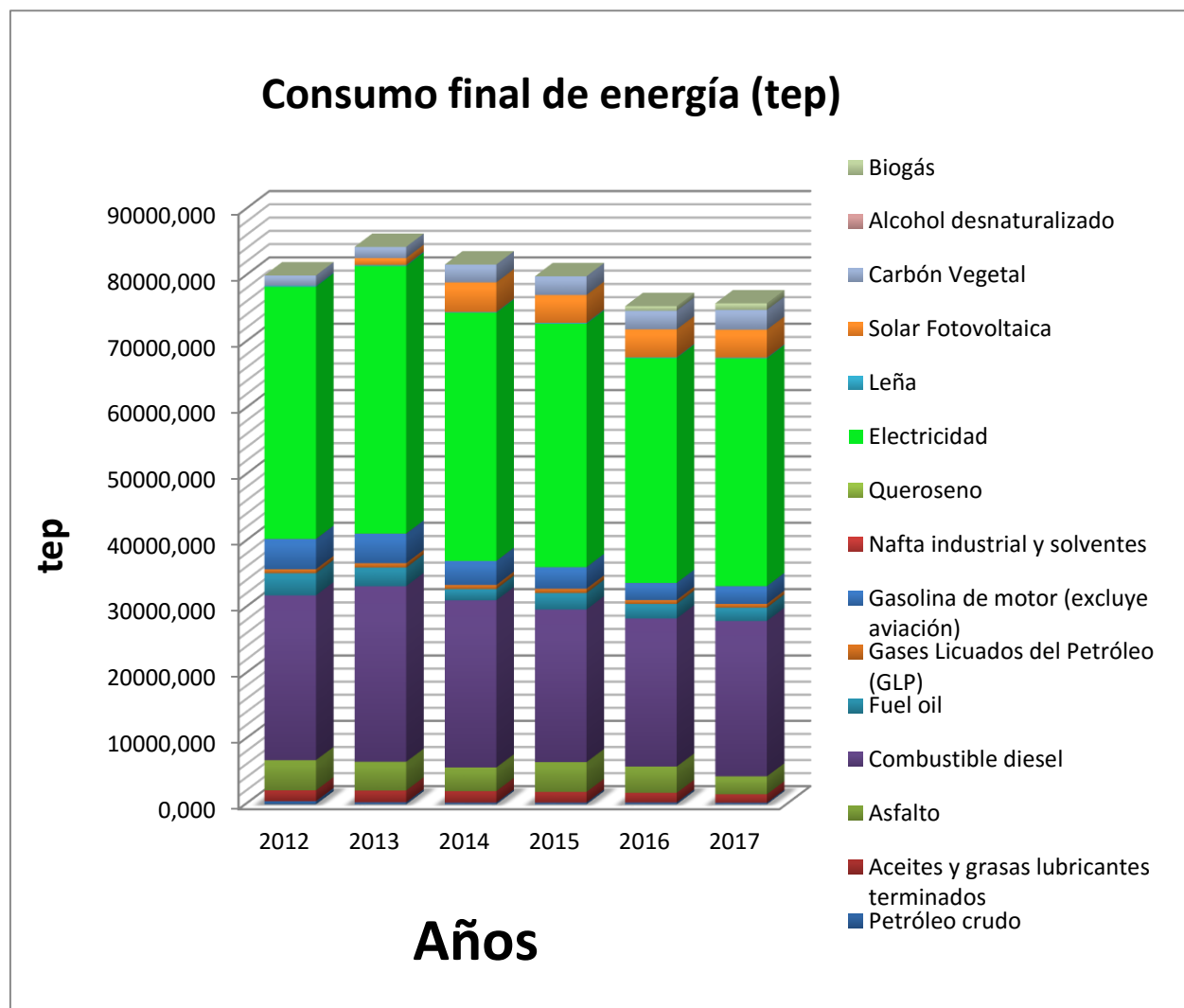


Figura 3.10: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (tep). **Fuente:** Elaboración propia.

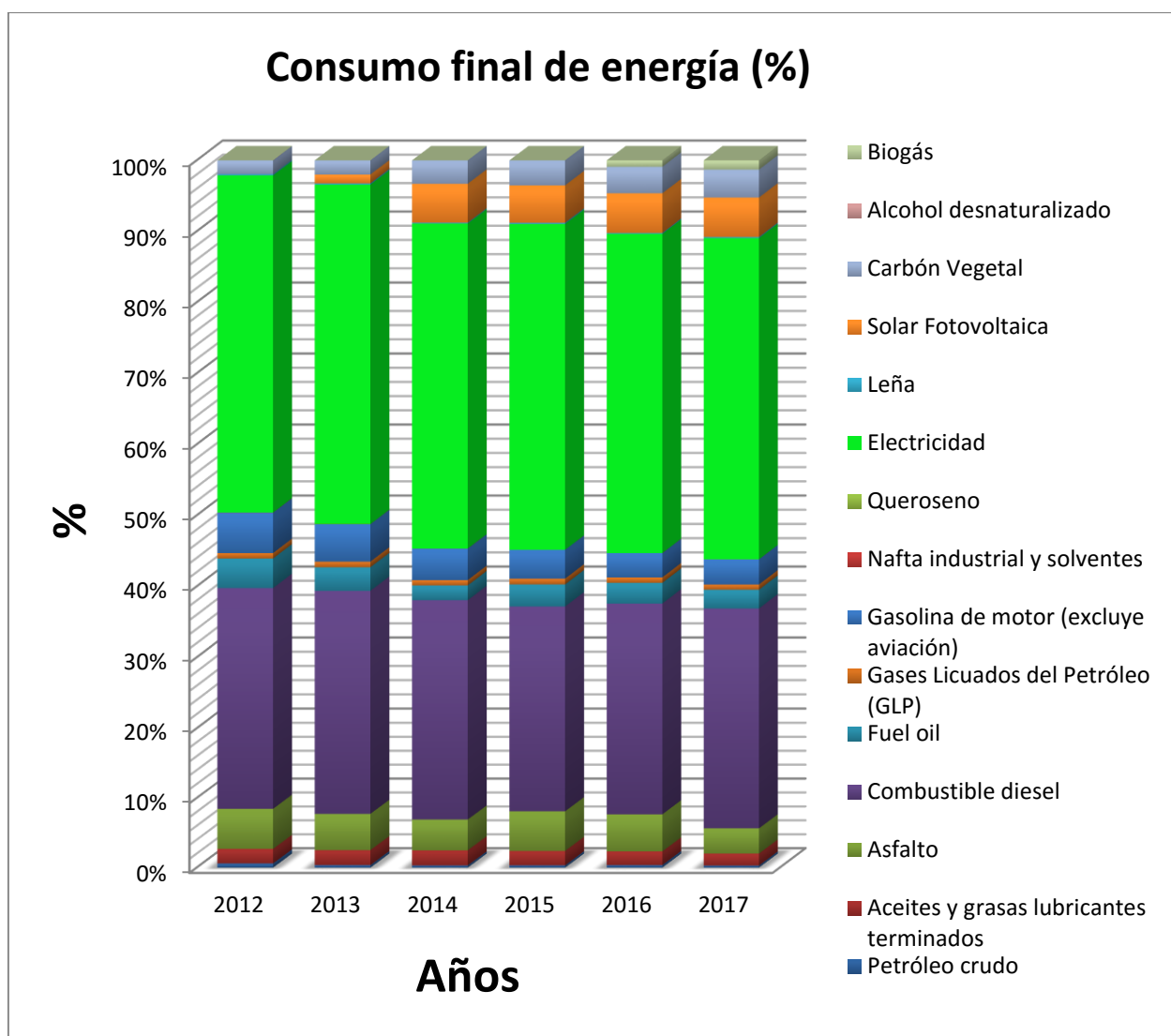


Figura 3.11: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. Período 2012 – 2017 (%). **Fuente:** Elaboración propia.

La Tabla 3.22 muestra los valores de los consumos tanto de fuentes energéticas convencionales como de fuentes renovables de energía y en la Figura 3.12 se evidencia un crecimiento significativo de la utilización de las FRE entre los años 2012 y 2017, aumentando de aproximadamente un 2% a un 11%.

Tabla 3.22: Consumo de fuentes convencionales de energía (FCE) frente a fuentes renovables de energía (FRE). Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

Años	Fuentes convecionales de energía (FCE)		Fuentes renovables de energía (FRE)		Total	
	tep	%	tep	%	tep	%
2012	78360,980	97,886	1691,957	2,114	80052,937	100
2013	81471,337	96,581	2884,475	3,419	84355,812	100
2014	74420,494	91,096	7273,729	8,904	81694,223	100
2015	72760,449	91,037	7163,665	8,963	79924,114	100
2016	67608,127	89,643	7811,533	10,357	75419,660	100
2017	67538,229	89,051	8304,108	10,949	75842,337	100

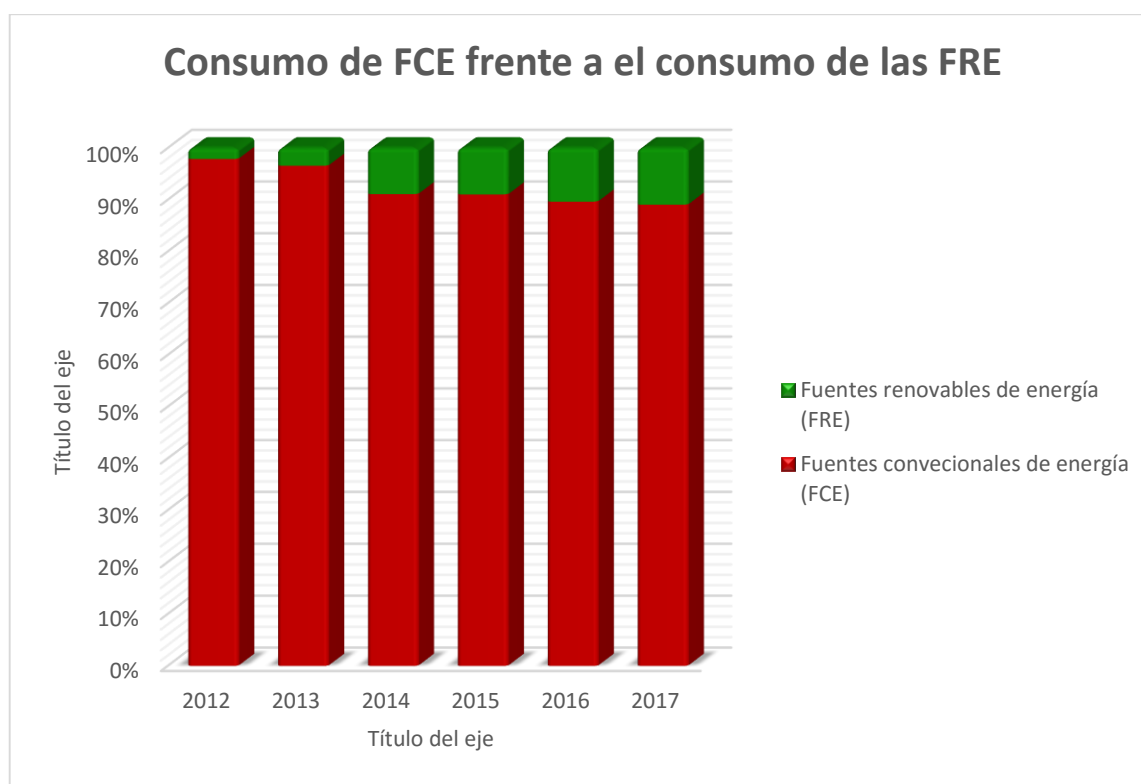


Figura 3.12: Consumo de fuentes convencionales de energía (FCE) frente a fuentes renovables de energía (FRE). Período 2012 – 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

3.4 Proyección hasta el 2030 del municipio de Cienfuegos

Dado el crecimiento paulatino del empleo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos es posible proyectar el consumo de las mismas hacia el 2030. La Tabla 3.23 proyecta los posibles valores de consumo de la FRE hacia el 2030, teniendo en cuenta las potencialidades energéticas municipales (Campillo, 2018; Rodríguez, 2019).

Tabla 3.23: Proyecciones del consumo de las FRE en el municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Proyección 2030	Leña		Biogás		Solar Fotovoltaica		Residuos sólidos urbanos		Biomasa		Solar Térmica	
	tep	%	tep	%	tep	%	tep	%	tep	%	tep	%
	117,608		615074,411		4208,900		109,863					

El consumo de la leña dependerá de estudios de potencialidad que realice la Empresa Forestal de Cienfuegos. En el caso de la energía solar fotovoltaica la proyección se basa en la capacidad de generación instalada en el parque solar fotovoltaico de Cantarrana, es necesario investigar si la Empresa Eléctrica de Cienfuegos tiene entre sus planes hacia el 2030 la instalación de nuevos parques solares fotovoltaicos en el municipio.

Por otra parte, existen potencialidades de explotación de biomasa pero no se exponen en la Tabla 3.23 pues no se pudo contactar con CUBASOLAR ocurriendo igualmente con la energía solar térmica pues se conoce que existen organismos que utilizan dicha energía contabilizada en CUBASOLAR y, además, se hace necesario contactar con Copextel para obtener los datos de ventas de calentadores solares realizadas al sector residencial y la proyección de ventas en los próximos 10 años.

A decorative graphic on the right side of the slide consisting of several overlapping, wavy, vertical lines in shades of orange, yellow, and white, creating a sense of movement and depth.

Conclusiones

Conclusiones Generales:

Con la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Los diagnósticos energéticos locales permiten a los municipios realizar el balance energético, el cual pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global proporcionando a los gobiernos locales elementos que permitan diseñar y ejecutar acciones para fomentar la eficiencia energética local, acompañado de la disminución del impacto negativo sobre el medio ambiente .
2. El balance energético al municipio Cienfuegos realizado por Sánchez (2019) permitió determinar las fuentes energéticas más consumidas durante el año 2015, así como los sectores más consumidores de energía.
3. Se propone la utilización del Quality Function Deployment (QFD) con el fin identificar las relaciones entre las necesidades del Gobierno local y los requerimientos del BEM para adecuar la metodología propuesta y validada por Sánchez (2019) en el municipio de Cienfuegos para 2015; permitiendo determinar la estructura energética para un periodo determinado incorporando otras FRE, los impactos medioambientales y las potencialidades energéticas municipales para la proyección al 2030.
4. El BEM de Cienfuegos en el período 2012 - 2017 permitió contabilizar todos los flujos energéticos del municipio donde se refleja que la electricidad constituye la principal fuente de energía con una contribución del 45,2%, habiendo sufrido una reducción desde el año 2012 en el que representaba aproximadamente el 47,5% del consumo total de energía final. Por su parte, las FRE mostraron un ascenso notable de aproximadamente un 10% entre los años 2012 y 2017, lo cual permitió proyectar la matriz energética con los posibles valores de consumo de la FRE hacia el 2030.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Contactar con los actores locales que gestionan la información necesaria para las potencialidades de uso de las FRE.

Bibliografía

Bibliografía

- Allende, J. (1983). Planificación energética territorial. *Mientras tanto*, (14), 103–140.
- Allende, J. (1995). Desarrollo sostenible: De lo global a lo local. *Ciudad y territorio. Estudios Territoriales*. (104), 267–281.
- Arencibia, A. (2014a, octubre 13). La gestión del conocimiento en energía para municipios cubanos. Cubasolar, 2014a. Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energía/Energía47/HTML/Artículo10.htm>.
- Arencibia, A. (2014b, octubre 13). Los retos de la gestión del conocimiento en energía para los municipios de Cuba. Cubasolar, 2014b. Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/artículo02.htm>.
- Arnkil, R., Järvensivu, A., Koski, P., & Piirainen, T. (2010). Exploring the Quadruple Helix. Report of Quadruple Helix Research For the CLIQ Project. Work Research Centre. *University of Tampere. Tampere, Finland*. Recuperado de http://kotisivukone.fi/files/testataan.kotisivukone.com/julkaisut/exploring_quadruple_helix-2010-1.pdf.
- Arocena, J. (1995). *El desarrollo local: un desafío contemporáneo*. Caracas: Editorial Nueva Sociedad.
- Antunes, P., Carreira, P. Mira da Silva, M. Towards an energy management maturity model. *Energy policy*. 2014, 73. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514003838.doi:10.1016/j.enpol.2014.06.011>
- Bayer, P., Dolan, L., & Urpelainen, J. (2013). Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. *Energy for Sustainable Development*, 17, 288–295.
- Beccatini, G. (1997). Cambio total en el paradigma de los distritos industriales. *Svilupo Locale*, 4(6).
- Bhattacharyya, S. (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. *Energy for Sustainable Development*, 16, 260–271.
- Bird, S., Achuthan, A., AitMaatallah, O., Hu, W., Janoyan, K., Kwasinski, A., et al. (2014). Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. *Energy for Sustainable Development*, 19, 83–91.
- Boffill, S. (2010). *Modelo general para contribuir al desarrollo local, basado en el conocimiento y la innovación. Caso Yaguajay*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial.
- Borroto, A. (2002). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.

- Borroto, A., E. (2006). *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.
- Boisier, S. (1999). *Desarrollo Local ¿De qué estamos hablando?* Santiago de Chile, Chile. Recuperado a partir de http://www.desarrollolocal.org/documentos/nuevos_docs/Boisier_Desarrollo_local.doc
- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*, 48, 323-338.
- Bruckner, T., & et al. (1997). Competition and technologies synergy in municipal between energy systems. *Energy*, 22, 1005-1014.
- BSI Group. (2018). ISO 50001: 2018. Energy Management Systems. BSI/NZ/1413/SC/0818/EN/GRP.
- Butera, F. (1998). Moving towards municipal energy planning - the case of Palermo: the importance of non-technical issues. *Energy*, 15, 349-355.
- Campillo, E. (2018). *Diagnóstico Energético Al Municipio De Cienfuegos*. (Tesis De Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Caño, M. (2004). *Cuba, desarrollo local en los 90*. La Habana, Cuba: Cátedra UNESCO de desarrollo sostenible, Universidad de la Habana.
- Capello, R., Nijkamp, P., & Pepping, G. (1999). *Sustainable Cities and Energy Policies*. Publisher SpringerVerlag.
- Castro Perdomo, N. A. y Agüero Contreras, F. C. Gestión del conocimiento, desarrollo sostenible y la relación universidad–empresa. *Multiciencias*, 2008, Vol8, No 3, 307-314.
- Castro Perdomo, N. A. La gestión integrada de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente como dinamizadora del desarrollo local en el vínculo universidad-empresa. *Revista Ciencia y Sociedad (INTEC Rep. Domin.)*, 2008, XXXIII (2), 275–290. Recuperado de: <http://www.cieniaysociedad.com>
- Castro Perdomo, N. A. La Red de Interfaces un puente a la Innovación. *Revista Ciencia y Sociedad. (INTEC Rep. Domin.)*, 2009, XXXIV (3), 405-417. Recuperado de: <http://www.cieniaysociedad.com>
- Castro Perdomo, N. A.; González Suárez, E. y Guzmán Martínez, F. Transferencia tecnológica, la integración ciencia, innovación tecnológica y medioambiente en la empresa. *Revista Ingeniería Industrial*, 2014, XXXV (3), 277-288. Recuperado de: <http://www.rii.cujae.edu.cu>
- Castro Perdomo, N. A.; Socorro Castro, A.; Nieblas Rodríguez, L. y Tartabull Contreras, Y. Los sistemas locales de innovación y la integración de la gestión en el desarrollo local. La Habana, Cuba: Universitaria Félix Varela. 389-403.

- Castro Perdomo, N. A. «Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial», (Tesis de Doctorado), Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba, 2015. 99.
- Castro Perdomo, N. A. y Rajadel Acosta, Olimpia N. El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. *Revista Universidad y Sociedad*, 2015, 7 (2), 69-78. Recuperado de: <http://www.ucf.edu.cu/ojsucf/index.php/uvs>
- Cheon A, Urpelainen J. Oil prices and energy technology innovation: an empirical analysis. *Global Environ Polit*, 2012; 22, 407–417.
- Consejo de Estado. (2019). Decreto-Ley No. 345 (GOC-2019-1063-O95) Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Ministerio de Justicia, 95, 2123-2128. La Habana. Cuba. ISSN 1682-7511, <http://www.gacetaoficial.gob.cu>.
- Correa Soto, J, Borroto Nordelo, A., Alpha Bah, M., González Álvarez, R., Curbelo Martínez, M. y Díaz Rodríguez, A.M. Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética*, 2014 XXXV (1), .38-47, Enero/Abril. ISSN 1815 – 5901.
- Correa Soto, J., González Pérez, S., & Hernández Alonso, Á. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Correa Soto, J; Cabello Eras,J.J; Nogueira Rivera,D; Haeseldonckx, D; Sagastume, A; Gutierrez and Silva de Oliveira, L.F. (2018). Municipal Energy Management Model for Cuban First Level Municipalities. *Journal of Engineering Science and Technology Review* , 11 (6), 1-6.
- Díaz, M. *Guía de planificación local para el ahorro energético y contra el cambio climático en municipios de Canarias*. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.Primer edición, 2009. www.itccanarias.org
- Díaz, R., & Rodríguez, L. (2011). Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río. *Revista Científica Avances*, 13 (14).
- Draw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I., Pirnie, M. Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities. Technical Report U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC. Contract No. DE-AC36-08GO28308, NREL/TP-7A30-53341. 2012.
- Droege, P. (2006). "The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution. HALCYON BOOKS (LONDON, United Kingdom): Published by John Wiley & Sons.
- DQS Holding GmbH. (2018). ISO 50001: 2018. The next generation of Energy Management. www.dqs-holding.com

- Erario, S. (2010). Local governments are critical to enforcing efficient building codes, such as the new Maine energy efficient building code. *The Maine energy handbook*. Recuperado a partir de <http://energy.gpcog.info>.
- Fleming, P., & et al. (2004). Local and regional greenhouse gas management. *Energy Policy*, 32 (8), 761-771.
- García, J. (2006). Eficiencia energética a nivel local: Los planes de Optimización Energética Municipal (POES) en la provincia de Jaén. *SUMUNTÁN*, 23, 153–184.
- García, I. E. (2009). Diseño de un sistema de monitoreo y control de la eficiencia energética en el municipio de Cienfuegos, Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. 2009.
- Garofoli, G. (1986). Modelos Locales de Desarrollo en Estudios Territoriales, 22.
- Genevieve, D., & et al. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(11), 2088-2095.
- González, A., & Samper, Y. (2005). *Iniciativa municipal para el desarrollo local: una propuesta novedosa. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- González, A., & et al. (2006). La Red Nacional de Gestión del Conocimiento de Energía (REDENERG) y la Gestión del Capital Intelectual para la solución a los problemas energéticos en Cuba. *Cuarto Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente*. ISBN: 959-257-110-4.
- González, A., & et al. (2013). Red Nacional de Gestión del Conocimiento de la Energía: espacio colaborativo para la solución de problemas vinculados con la gestión de la información de la energía en Cuba. *Ciencias de la Información*, 44(1).
- Guzón, A. (2005). *Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1335-1348.
- Hui, Y. L'énergie et la ville: constatations, réflexions et propositions sur la maîtrise de l'énergie dans les communes. *Revue de l'Énergie*, 1987, No 389, 26-33 p.
- Hui, S. *Low energy building design in high density urban cities*. *Renewable Energy*, 2001, 24 (3), 627–640. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00049-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00049-0).
- ICLEI. (2011). Local Government for Sustainability. The contribution of ICT to energy efficiency: Local and regional initiatives. Regional Environmental Centre.
- Iñiguez, L., & Ravenet Ramírez, M. (2005). Heterogeneidad territorial y desarrollo local. Reflexiones sobre el contexto cubano. *Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.
- Inver, J. (2009). "Municipal Energy Planning – Scope and Method Development". Dissertation no.1234. Department of Management and Engineering, Division for Environmental Technology and

- ISO. (2018). ISO 50001: 2018. Energy management systems- Requirements with guidance for use. Published in Switzerland.
- Jaccard, M, et al. *From equipment to infrastructure: community energy management and greenhouse gas emission reduction*. *Energy Policy*, 1997, 25 (13), 1065-1074.
- Jovanović, B. y Filipović, J. *ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry*. *Journal of Cleaner Production*. 2016, 112 (4), 2744-2755. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615014079>. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.023
- Lazo, M. (2002). *Modelo de Dirección del Desarrollo Local (MDDL) con enfoque estratégico. Experiencia en Pinar del Río*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, Facultad de Ingeniería Industrial, “Centro de Estudios de Técnicas de Dirección”.
- León, C., & Miranda, L. (2006). *Economía regional y desarrollo. Selección de lecturas*. Editorial Félix Varela.
- Lerch, D. *Post carbon cities: Planning for energy and climate uncertainty*. Sebastopol. 2007. Post Carbon Press.
- Lessard, M. (1999). *Energía, ordenamiento del territorio y desarrollo durable. La sustentabilidad y las ciudades hacia el siglo XXI*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (2003). Can the public be considered as a fourth hélix in university–industry–government relations? Report on the Fourth Triple Helix Conference. *Science and Public Policy*, 30(1). Recuperado Septiembre 9, 2015, a partir de <http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/beechn/03023427/v30n1/s7.pdf?expires=1267737777&id=55389978&titleid=898&accname=Guest+User&checksum=DA8A4FBFD4DF9A1B9B1C68EAEBF276D7>
- Lim, E. (2012). *Smart Energy Management for Small Municipalities*. Strategic Energy Innovations.
- Lin, G, et al. *An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level*. *Energy* 2010, 35, 2270-2280. Recuperado de: 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. Coordinado por V. David & J. Ndoutoum. Québec. Agence Intergouvernementale de la Francophonie/Institute de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie.
- Magnin, G., & Menanteau, P. (1995). *Ville et énergie: faut-il redéfinir la place des collectivités locales dans les politiques énergétiques?* *La revue de l'énergie*, 46(473), 806-813.

- Mateo, J. (2012). *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*. Científico-Técnica.
- Mengelkamp, E; Bose; Kremers, E; Eberbach, J; Hoffmann, B and Weinhardt, C. (2018). Increasing the efficiency of local energy markets through residential demand response. *Energy Informatics 1* (11). Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s42162-018-0017-3>.
- Michalus, J.C. (2011) «*Modelo alternativo de cooperación flexible de PYMES orientado al desarrollo local de municipios y micro regiones. Factibilidad de aplicación en la provincia de Misiones, Argentina*», (Tesis de Doctorado), Santa Clara, Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo, Departamento de Ingeniería Industrial. 97
- Monteagudo, J., & et al. (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa. *Revista Cubana de Gestión empresarial*, 9(3), 46-55.
- Neves, A., & Leal, V. (2010). Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2723-2735.
- Nie, H., & Kemp, R. (2013). Why did energy intensity fluctuate during 2000–2009? A combination of index decomposition analysis and structural decomposition analysis. *Energy for Sustainable Development*, 17, 482-488.
- Núñez, J. *La universidad y sus compromisos con el conocimiento, la ciencia y la tecnología. Memorias del VIII Congreso Internacional Universidad 2012*, La Habana, 2012.
- Páez, A. (2009). *Sostenibilidad urbana y transición energética: Un desafío institucional* (Tesis para obtener el grado de Doctor en Urbanismo. Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Páez, A. (2011). Energía y ciudad: un enfoque post ambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (927). Recuperado a partir de. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-927.htm>
- Pardo, M. (2006). Hacia una sociología de la energía. *Cuadernos de energía*, (11), 16–19.
- Pardo, M. (2007). La energía como hecho social causa y solución al cambio climático. *Abaco: Revista de cultura y ciencias sociales*, (52-53), 75–82.
- Pino, J. (2008). Desarrollo Local y su investigación. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.
- Pino, J., & Becerra Lois, F. (2003, Abril). Evolución del concepto de desarrollo e implicaciones en el ámbito territorial; experiencia desde Cuba. *Tomado de Revista Economía, Sociedad y Territorio*, V (017). Recuperado a partir de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/111/11101705.pdf>.
- Rodríguez, A. *Desarrollo local y colaboración internacional*. Compilación Guzmán Camporredondo, A. *Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. 2005. Ed. Academia, La Habana, 294- 296.
- Rodríguez, S. (2019). *Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos* (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cuba.

- Rojas, R. (2014). Energía en Cuba: iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables. Progreso Semanal. Recuperado Octubre 24, 2014, a partir de <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>.
- Rolfsman, B. (2004). Optimal supply and demand investments in municipal energy systems. *Energy Conversion and Management*, 45, 595-611.
- Ruíz, R., & Becerra, F. (2015). Una propuesta para la evaluación integral de los proyectos de desarrollo local. El caso de estudio TROPISUR. *Revista Economía y Desarrollo*, 154(1), 144-154.
- Sánchez, D. (2019). *Balance energético al municipio de Cienfuegos* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Sawaengsak, W., Silalertruksa, T., Bangviwat, A., & Gheewala, S. (2014). Life cycle cost of biodiesel production from microalgae in Thailand. *Energy for Sustainable Development*, 18, 67-74.
- Sawin, J., & Hughes, K. (2007). Chapter 5: Energizing Cities. *State of the World. Our urban future*. Recuperado de <http://www.worldwatch.org/node/4752>.
- Silva, I. (2007). *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. La Habana, Cuba: Dirección de Desarrollo y Gestión Local.
- Sosa, F. (1981). Ayuntamientos y ahorro energético. *Revista de estudios de la vida local*, (210), 309-318.
- Sovacool, B. (2012). The political economy of energy poverty: A review of key challenges. *Energy for Sustainable Development*, 16, 272-282.
- Sperling, K., & et al. (2011). Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark. *Energy Policy*, 39, 1338-1351.
- Sundberg, G., & Karlsson, B. (2000). Interaction effects in optimizing a municipal energy system. *Energy*, 25, 877-891.
- Valkila, N., & Saari, A. (2013). Attitude-behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas. *Energy for Sustainable Development*, 17, 24-34.
- Van, L., Harris, J., Breceda, M., Lapeyre, M., Campbell, S., Constantine, S., et al. (2003). Market Leadership by Example: Government Sector Energy Efficiency in Developing Countries. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), the US Agency for International Development (US AID), and the Assistant Secretary for Energy Efficiency and Renewable Energy of the US Department of Energy under Contract No. DE-AC03-76SF00098.
- Vázquez Barquero, A. Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo, 1988, Madrid.
- Vázquez Barquero, A. Desarrollo, redes e innovación. 1999. Editorial Pirámide.
- Vázquez Barquero, A. Desarrollo endógeno y globalización, *Revista Eure*, XXVI (79), 2000. 53. Santiago de Chile.
- Wene, C., & Rydén, B. (1988). A comprehensive energy model in the municipal energy planning process. *European Journal of Operational*.
- Wilson, E., & et al. (2008). Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural

- electric co-operatives and small municipal utilities. *Energy Policy*, 36(14).
- Wohlgemuth, N. (1999). Cost benefit indicators associated with the integration of alternative energy sources: a systems approach for Carinthia, Austria. *Renewable Energy*, 16, 1147-1150.
- Zhu, Y., & et al. (2011). An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning municipal energy systems – A case study of Beijing. *Applied Energy*, 88, 2846-2862.
- Zia, H. y Deyadas, V. *Energy management in Lucknow city. Energy Policy*. 2007, 35 (10), 4847-4868.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001589>.
doi:10.1016/j.enpol.2007.04.018

Anexos



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			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

Se utiliza la fórmula siguiente:

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

Donde:

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

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

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

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

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