



**Universidad de Cienfuegos**  
**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**  
**Carrera de Ingeniería Industrial**

# *Trabajo De Diploma*

**Título: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos.**

**Autores:**

**Marcia Rachel Blanco de Armas**

**Frank Ernesto Santana Cruz**

**Tutores:**

**Msc. Ing. Jenny Correa Soto**

**Ing. Sandra Rodríguez Figueredo**

**Cienfuegos**  
**2017**

*Pensamiento*





*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor,  
la electricidad y la energía atómica: la voluntad”*

*Albert Einstein*

A decorative graphic on the right side of the page, consisting of flowing, overlapping curves in shades of light blue and white, creating a sense of movement and depth.

*A mi papá para que en donde esté se sienta  
orgullosa de su niña.*

*A mi mamá por su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida.*

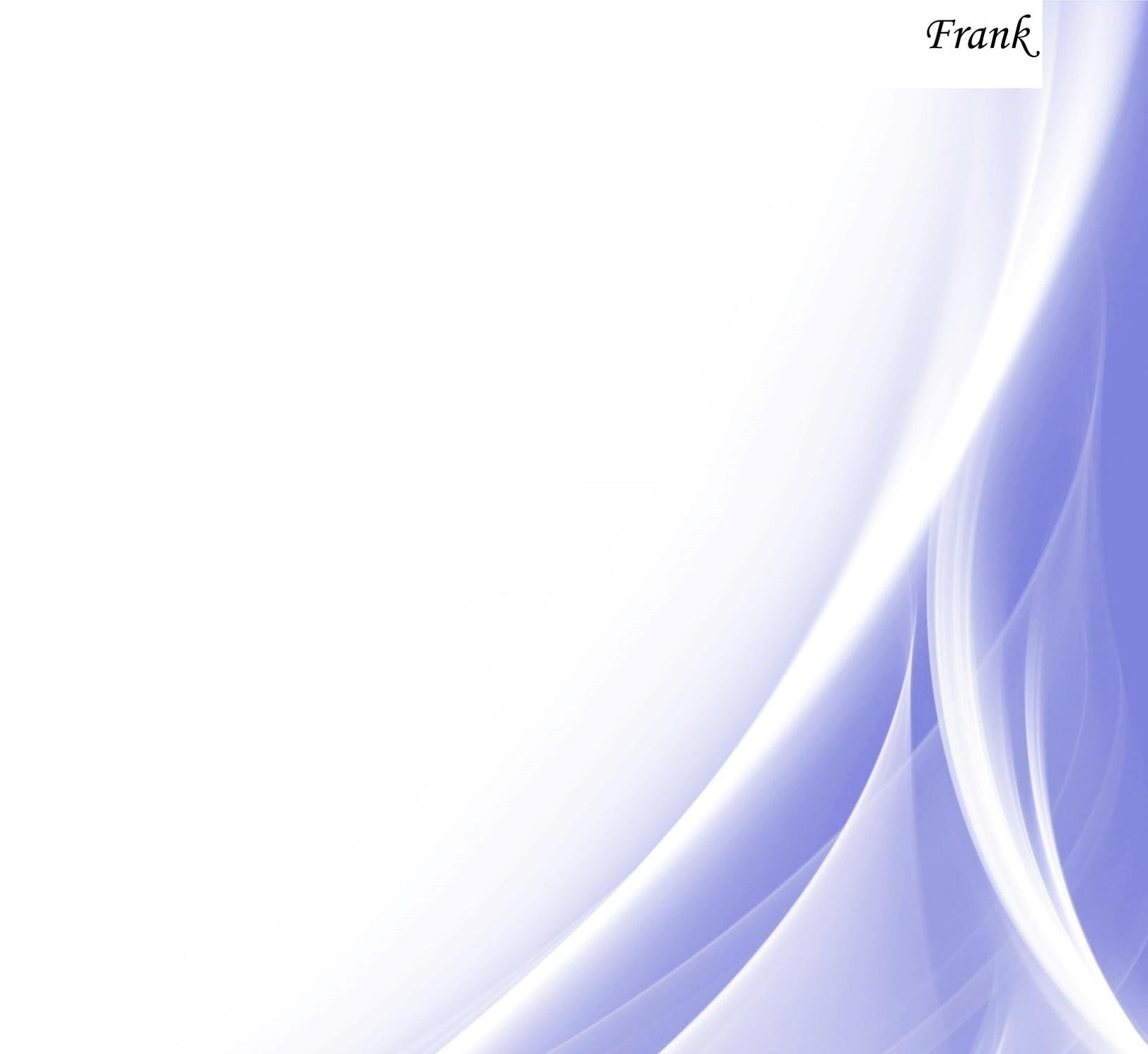
*A mi tutora Jenny por llevarme de la mano durante estos cinco años.*

*Marcia*

*A mis padres y a mi hermano por su apoyo incondicional durante estos cinco años de esfuerzos, que sin ellos no hubiesen sido posible.*

*A Alla donde quiera que esté por su inmenso amor y dedicación.*

*Frank*





*A mis padres Urbano y Llanires por darme la vida y por enseñarme que todo lo que te propongas lo puedes lograr. Gracias por nunca cortarme las salvas.*

*A mi familia, en especial a mis tíos Yamilé y Alexis por siempre estar ahí y a mi prima Solangel por ser la hermana que la vida no me regaló.*

*A mis amigas Amy, Baby y Yamy por los buenos y los malos momentos compartidos, por ayudarme, cuidarme, regañarme y soportarme. Gracias chicas por no solo ser mis amigas sino parte de mi familia.*

*A Reinier por indicarme el camino y a Sandra, no solo por ser mi tutora, sino mi consejera académica a lo largo de estos cinco años.*

*A mi tutora Jenny por todo lo que me ha enseñado, tanto de la escuela como de la vida. Gracias por ser única.*

*A Frank gracias por las noches de desvelo, por la música, por los karaokes, por los consejos y enseñanzas y, sobre todo, porque esta tesis no habría sido posible sin ti.*

*A Kiala por sorprenderme y a Víctor por sacarme siempre una sonrisa.*

*A los profesores que me impartieron clases durante toda la universidad.*

*A los técnicos de informática (Carlos, Jose, Manolo, Bryan y, en especial, a mi amiga María del Carmen) por hacerme más llevadera la vida universitaria.*

*A mis compañeros de aula por haber compartido esta maravillosa experiencia conmigo.*

*A todas las personas que de una forma u otra han contribuido de forma positiva o negativa a este empeño e inconscientemente olvido.*

*A todos, muchas gracias.*

*Marcia*

*A mis padres Maritza y Fidel por aconsejarme y apoyarme para lograr mis objetivos en la vida.*

*A mis abuelos Claridia, Leonor, Juan, José que desde pequeño me brindaron su amor y me inculcaron el deseo de ser un mejor ser humano.*

*A mi hermano Fidel por todo su cariño, amistad, guía y ejemplo de vida.*

*A toda mi familia por hacerme saber que puedo contar siempre con ellos. En especial a mi tío Frank y mi sobrina Daniela.*

*A mis amigos Dayron, Eduardo, Iván, Kiala, Miguel Alejandro y Víctor gracias por todos esos buenos recuerdos y momentos compartidos, por soportarme, por estar ahí cuando lo necesitaba y brindarme su amistad. Estos años han sido solo un preámbulo, la vida será nuestra verdadera aventura.*

*A mis tutoras en especial a Jenny por su dedicación y enseñanzas para hacer posible la realización de este proyecto.*

*A los profesores que me impartieron clases durante estos cinco años de universidad.*

*A mis compañeros de aula por el apoyo que me brindaron durante mi tiempo de estudio y por los agradables momentos compartidos, especialmente a Leidy, Sandra, Amanda, Bárbara, Marcia, Rocío, Yamilet, Lianismary y Natalí.*

*A las personas que de una forma u otra han aportado algo a este empeño, e inconscientemente olvido.*

*A todos, muchas gracias.*

*Frank*



## Resumen

La presente investigación titulada "Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos" tiene como objetivo general: Diseñar indicadores energéticos para el sector residencial en Cienfuegos; que permitan medir el desempeño energético del sector residencial municipal.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto, que aborda la gestión de la energía, los indicadores de gestión e indicadores energéticos. Se utilizaron técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, concertación de actores, diagrama causa-efecto, 5Ws y 2Hs, diagrama de flujo, análisis de distribución, análisis de regresión múltiple, redes neuronales. Además, se usaron softwares como Statgraphics, Visio, Access, Excel y Visual Basic para el procesamiento y creación de bases de datos.

**Palabras claves:** gestión energética municipal, gobierno local, indicador, sector residencial.

*Abstract*



## **Abstract**

The present investigation entitled “Design of energetics indicators for the residential sector in the municipality of Cienfuegos” has as a general goal: Design energetics indicators for the residential sector in Cienfuegos, which allows measuring the energetics performance of the local residential sector.

In the development of the investigation was done the review of the literature of impact, which involve the energy administration, the management indicators and the energetics indicators. Techniques and tools were used such as: interviews, documents reviews, expert working, brainstorm, actors concertation, cause-effect diagrams, 5Ws y 2Hs, flow diagram, distribution analysis, multiple regression analysis and neural networks. Also were used different softwares like Statgraphics, Visio, Access, Excel and Visual Basic for the processing and the creation of databases.

**Keywords:** Municipal energetics management, local government, indicator, residential sector

*Índice*



# Índice

Resumen

Abstract

Introducción

Capítulo 1: Indicadores energéticos para el sector residencial.....	4
Introducción del capítulo .....	4
1.1    Gestión de la energía .....	5
1.1.1    Norma Internacional ISO 50001: 2011.....	5
1.1.2    Norma Internacional ISO 50006: 2014.....	6
1.2    Gestión Energética Local (GEL) .....	8
1.3    Indicadores de Gestión.....	10
1.3.1    Indicadores energéticos.....	12
1.3.2    Indicadores energéticos por sectores .....	13
1.3.3    Indicadores energéticos locales.....	21
1.4    Experiencia de la GEL a nivel internacional.....	21
1.5    Ejemplos de indicadores energético locales para el sector residencial a nivel internacional.....	23
1.5.1    Ecuador.....	23
1.5.2    Chile .....	24
1.5.3    México.....	24
1.6    GEL en Cuba.....	25
1.7    Indicadores energéticos en Cuba .....	26
1.9    Conclusiones parciales del capítulo.....	27
Capítulo 2: Propuesta metodológica para el diseño de indicadores energéticos.....	28
Introducción del capítulo .....	28
2.1    Caracterización energética del municipio de Cienfuegos.....	28
2.1.1    Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos.....	28
2.1.2    Gestión energética en el municipio de Cienfuegos .....	30
2.2    Análisis de la Gestión de la Energía en el gobierno municipal .....	32
2.3    Metodologías para el diseño de indicadores.....	36
2.3.1    Guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible .....	37
2.3.2    Metodología general para el establecimiento de indicadores de gestión.....	41
2.3.3    Metodología para el diseño de indicadores de eficiencia energética.....	44
2.3.4    Metodología para el diseño de sistemas de indicadores de sostenibilidad (SIS).....	47

2.4	Definición de los elementos de comparación de las metodologías para el diseño de indicadores.....	50
2.5	Conclusiones parciales del capítulo.....	51
Capítulo 3: Propuesta y aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial .....		51
Introducción del capítulo .....		51
3.1	Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba.....	51
3.2	Análisis Clúster o conglomerado para la determinación de las etapas de la metodología	52
3.3	Propuesta de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba.....	55
3.3.1	Etapa 1: Formar el equipo de trabajo.....	56
3.3.2	Etapa 2: Identificación de las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial .....	56
3.3.3	Etapa 3: Análisis estadístico de las variables.....	58
3.3.4	Etapa 4: Diseño de indicadores energéticos en el sector residencial.....	59
3.3.5	Etapa 5: Aplicación de indicadores energético para el sector residencial .....	59
3.3.6	Etapa 6: Validación de indicadores energético para el sector residencial .....	59
3.3.7	Etapa 7: Mejora continua .....	59
3.4	Aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba.....	60
3.4.1	Etapa 1: Formación del equipo de trabajo .....	60
3.4.2	Etapa 2: Identificación de las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Cuba.....	60
3.4.3	Etapa 3: Análisis estadístico de las variables.....	62
3.4.4	Etapa 4: Diseño de indicadores energéticos en el sector residencial.....	66
3.5	Conclusiones parciales del capítulo.....	80
Conclusiones Generales.....		811
Recomendaciones .....		822
Bibliografía		
Anexos		

# *Introducción*



## Introducción

Los Indicadores de Gestión (IG) según (Camejo, 2012) son aquellos medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos. Los indicadores representan una unidad de medida gerencial que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de referencia; producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados; además, detectan y prevén desviaciones en el logro de los objetivos.

Constituyen una herramienta para el mejoramiento continuo de la calidad en la toma de decisiones, lo cual se traduce en una mejor calidad del producto o del servicio resultante. Los indicadores se caracterizan por poseer un objetivo, ser establecidos en consenso, ser comunicados y divulgados, y ser cuantificables y verificables; además, agregan valor al proceso de toma de decisiones, reflejándose el compromiso de quienes lo establecieron. (Garzón, 2013).

De ahí que los Indicadores Energéticos (IE) se consideran una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica, humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas donde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los IE pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía. (AIE, 2015).

La Gestión de la Energía (GE), en la actualidad, está normada por la ISO 50001: 2011 “Sistemas de la Gestión de la Energía” y complementada por la Norma Internacional ISO 50006: 2014 “*Energy management-measuring energy baselines (E<sub>n</sub>B) and energy performance indicator (E<sub>n</sub>PI) general principles and guidance*” que proporciona a las organizaciones orientación práctica sobre el cumplimiento de requisitos relacionados con el establecimiento, uso y mantenimiento de indicadores de rendimiento energético (IRE) y líneas base de energía (LBE) para medir el rendimiento energético y sus cambios. (ISO, 2014)

En Cuba los IE son los registrados por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) y publicados por el Anuario Estadístico de Cuba; relacionados con la producción, las importaciones, el consumo, la generación y la potencia instalada. De estos indicadores, que se registran a nivel de país, los únicos relacionados con el sector residencial son: el consumo de derivados del petróleo en actividades económicas y la población por año y tipo de derivado, y el consumo de energía en los hogares por año y fuente energética. Sin embargo, a nivel provincial y municipal,



no se registra ningún indicador relacionado con el sector residencial(ONEI, 2016a); (ONEI, 2016b); (ONEI. 2016c).

En la actualidad, los gobiernos locales en Cuba han mostrado interés en gestionar los recursos energéticos presentes en su territorio y su vínculo con la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía; y las dimensiones estratégicas para el desarrollo sostenible del país hasta el 2030 (Puig, 2014; Correa et al, 2017); teniendo en cuenta que la matriz energética cubana está sustentada sobre el uso y consumo de combustibles fósiles, donde la energía eléctrica generada es subsidiada por el Estado para el sector presupuestado y la población. El consumo de este último sector en el periodo 1990 al 2015 ha tenido una estructura ascendente con una tasa de crecimiento del 5.8%, en el año 2015 el consumo energía eléctrica en este sector fue de 8468,3 GWh a nivel nacional (ONEI, 2016).

En el período 2000 al 2014 el consumo de energía eléctrica aumentó en el país de 15032, 2 GWh a 19 366, 1 GWh (Rodríguez, 2016).La provincia de Cienfuegos manifestó un consumo similar, donde el sector residencial representó el 42,9% del consumo total de electricidad provincial, a ello se le suma que el municipio de Cienfuegos representa el 92% este consumo, quedando evidenciado, con el desarrollo de la primera fase del diagnóstico energético al municipio, las diferentes estructuras de consumo del sector residencial, dado a que se realizó teniendo en cuenta las características de los 19 Consejos Populares que lo conforman (Agüero, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016; Vieira, 2016). El análisis del consumo de energía eléctrica para el mes julio del 2016, considerado como uno de los meses de mayor consumo en el año en este sector ,representó 55.22 GWh, con estructuras por Consejo Popular de entre 10% y el 1.7%, que representan un subsidio del país equivalente a 13 Millones de pesos;sin embargo, se desconoce a nivel municipal el desempeño del uso final de la energía eléctrica en el sector residencial, lo que imposibilita al gobierno local incidir en la planificación energética, el uso de los recursos energéticos y su incidencia en la sociedad.

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

¿Cómo medir el desempeño energético del sector residencial del municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea el **objetivo general de la investigación** que consiste en: Diseñar indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos.



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

1. Realizar un análisis documental referente a los indicadores energéticos con énfasis en el sector residencial.
2. Diseñar una metodología para la propuesta de indicadores energéticos para el sector residencial cubano.
3. Proponer indicadores para la medición del desempeño energético del sector residencial en el municipio de Cienfuegos.

La Investigación se estructura de la siguiente forma resumen, abstract, introducción y tres capítulos en los que se abordan:

**Capítulo I:** Se realiza un estudio documental sobre la Gestión de la Energía (GE), la Gestión Energética Local (GEL), los Indicadores de Gestión (IG), los Indicadores Energéticos (IE) y los Indicadores Energéticos Locales (IEL).

**Capítulo II:** Se realiza la caracterización energética del municipio de Cienfuegos, el análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos determinando las causas que la afectan y se analizan diferentes metodologías de diseño de indicadores.

**Capítulo III:** Se diseña y aplica parcialmente la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos.

Otros elementos que constituyen la investigación son las conclusiones generales, recomendaciones, bibliografía y anexos.



# *Capítulo I*

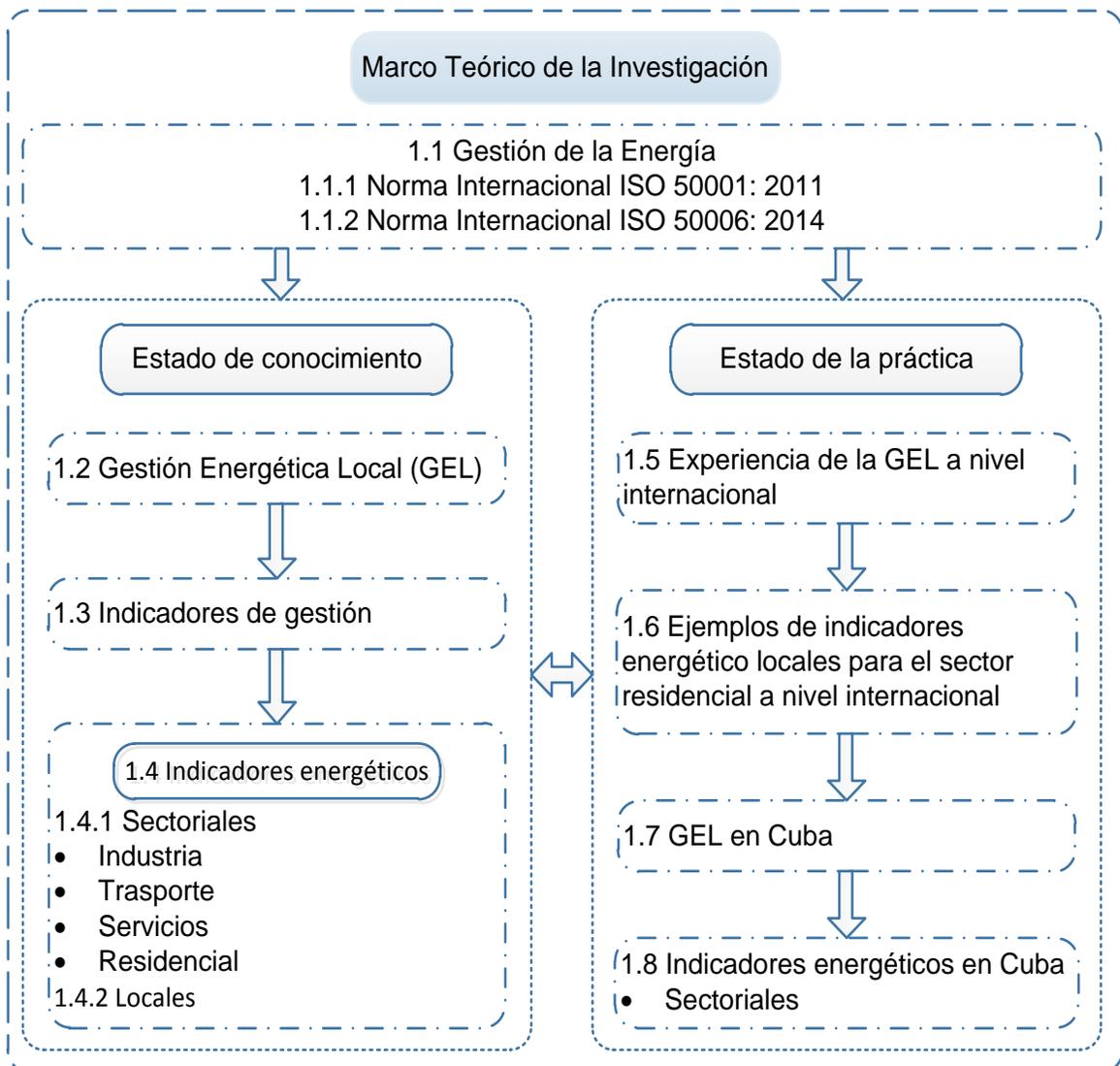




# Capítulo 1: Indicadores energéticos para el sector residencial

## Introducción del capítulo

En la construcción del marco teórico para la investigación se hace imprescindible la revisión bibliográfica que la sustente en función de la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con la Gestión de la Energía (GE), la Gestión Energética Local (GEL), los Indicadores de Gestión (IG), los Indicadores Energéticos (IE) y los Indicadores Energéticos Locales (IEL). 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.



## 1.1 Gestión de la energía

La gestión energética (GE) 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 organizacional 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 (Correa & et\_al, 2014); ha traído como consecuencia el aumento del interés internacional en la GE. 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 & da Silva, 2014; Jovanovic & Filipovic, 2016).

### 1.1.1 Norma Internacional ISO 50001: 2011

La solicitud para el desarrollo de la norma internacional ISO 50001:2011 de gestión de la energía provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien reconoció que la industria necesitaba plantear una respuesta efectiva al cambio climático. Para la ISO la gestión energética fue uno de los cinco campos principales dignos para el desarrollo de Normas Internacionales. La gestión eficaz de la energía es una prioridad ya que cuenta con un potencial significativo en cuanto al ahorro de energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo (ISO, 2011).

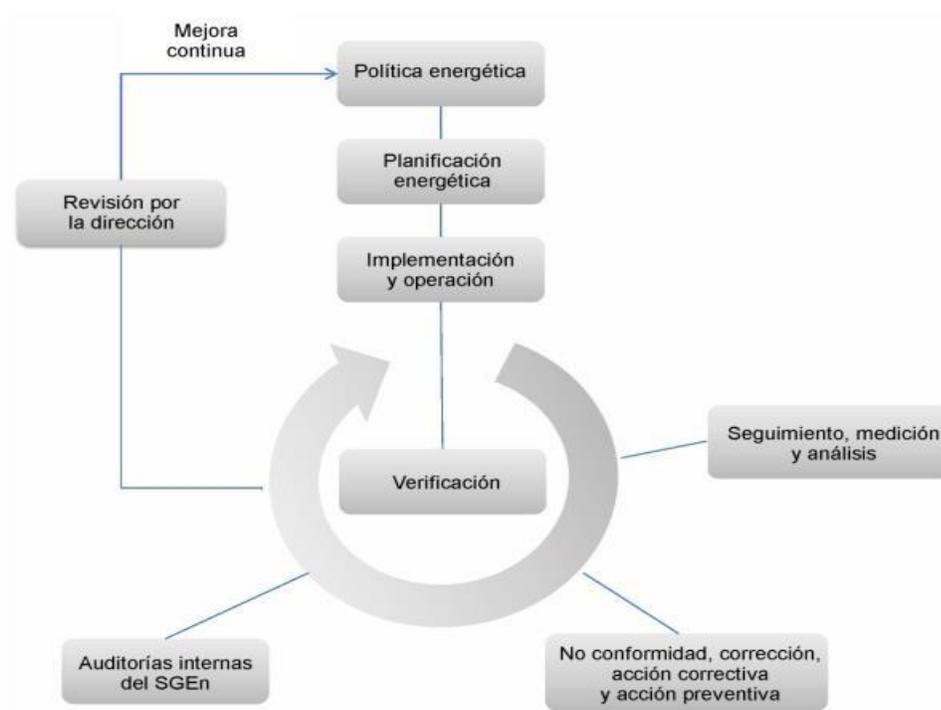
El objetivo de este estándar internacional es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento en el uso de la energía. El estándar lleva a reducciones de costo, emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales por medio de la gestión sistemática de la energía. Es aplicable a todo tipo de organizaciones independientemente de su ubicación geográfica, condiciones culturales o sociales. La implementación acertada depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y sobre todo de la dirección superior (ISO, 2011; Sánchez, 2013).

En la norma se definen los requisitos para un sistema de gestión energética (SGE), para desarrollar e implantar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información pertinente al uso significativo de



energía. El SGE permite a una organización alcanzar sus compromisos de política, tomar las acciones que sean necesarias para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. La norma se basa en el ciclo de mejora continua Planear-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión energética en las prácticas organizacionales diarias (Correa & et\_al, 2014; Sánchez, 2013).

La aplicación global de esta norma contribuye a lograr un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, incrementar la competitividad y reducir el impacto ambiental asociado al uso de la energía, al establecer un marco internacional para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad. La norma sugiere a las organizaciones las estrategias y herramientas de gestión, como los indicadores energéticos, para incrementar su eficiencia energética, reducir costos y mejorar su desempeño ambiental. Las bases de este enfoque se muestran a continuación en la (Figura 1.2).(Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)



**Figura 1.2:** Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50 001: 2011. **Fuente:**(ISO, 2011)

### 1.1.2 Norma Internacional ISO 50006: 2014

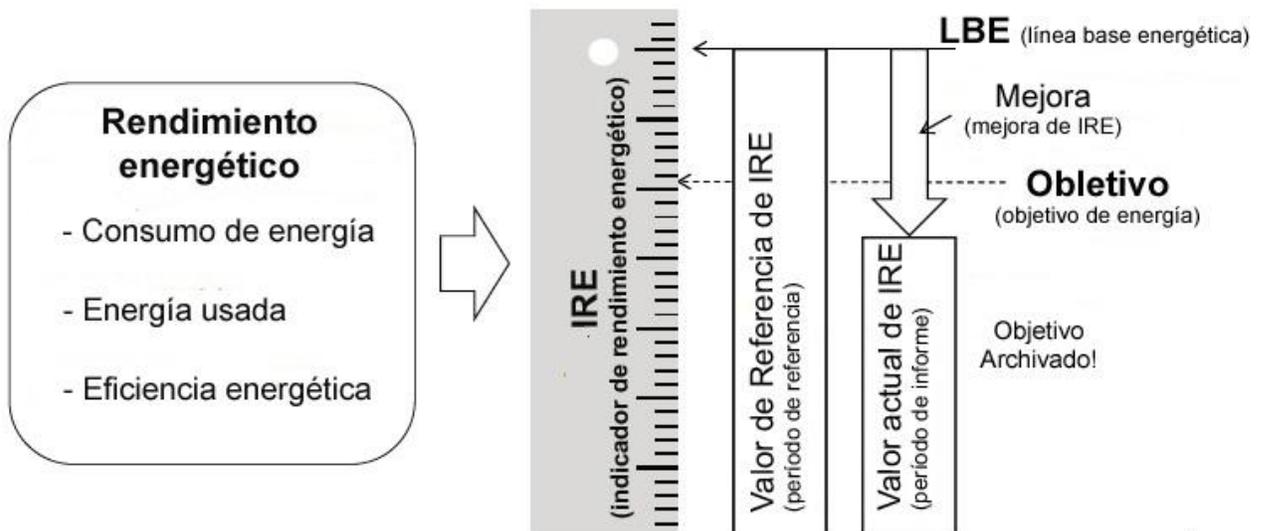
La Norma Internacional ISO 50006: 2014“*Energy management-measuring energy baselines ( $E_nB$ ) and energy performance indicator ( $E_nPI$ ) general principles and guidance*” proporciona a



las organizaciones orientación práctica sobre cómo cumplir los requisitos de la ISO 50001:2011 relacionados con el establecimiento, uso y mantenimiento de indicadores de rendimiento energético (IRE) y líneas base de energía (LBE) para medir el rendimiento energético y los cambios en su rendimiento. Los IRE y LBE son dos elementos interrelacionados claves de ISO 50001 que permiten la medición y, por tanto, la gestión del rendimiento energético en una organización (ISO, 2014).

Un IRE es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con la eficiencia energética, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos. Las organizaciones utilizan los IRE como una medida de su rendimiento energético. Por otra parte, una LBE es una referencia que caracteriza y cuantifica el rendimiento energético de una organización durante un período de tiempo específico. Las LBE permiten a una organización evaluar los cambios en el rendimiento energético entre periodos seleccionados y calcular los ahorros de energía, como referencia antes y después de la implementación de las acciones de mejora del rendimiento energético (ISO, 2014).

Las organizaciones definen metas para el desempeño energético como parte del proceso de planificación energética en sus sistemas de administración de energía (SAE), considerando los objetivos específicos de rendimiento energético al identificar y diseñar los IRE y LBE. La relación entre el rendimiento energético, los IRE, Las LBE y objetivos de energía se ilustra en la (Figura 1.3).(ISO, 2014)



**Figura 1.3:** Relación entre rendimiento energético, IRE, LBS y objetivos energéticos.  
Fuente:(ISO, 2014)



## 1.2 Gestión Energética Local (GEL)

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).

LaGEL se contempla como una línea estratégica de actuación en el marco del Mercado Interior de la Energía en el mundo. 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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).

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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).

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, 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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).

Para la elaboración y coordinación de los temas energéticos en general ya se promueve, desde 1990, 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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).



**Tabla 1.1:** Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local

**Fuente:**(Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)

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

- **Concepción de la GEL**

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, pues intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente,



estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación. Constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la GEL en los municipios(Draw, 2012).

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: los usuarios de la energía local que brindan la información relacionada con el crecimiento de la demanda a nivel local y su satisfacción; 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,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 de la dependencia de la importación de petróleo(Van & et\_al., 2003).

### **1.3 Indicadores de Gestión**

En los últimos años, las organizaciones están experimentando un proceso de cambios revolucionarios, pasando de una situación de protección regulada a entornos abiertos altamente competitivos. Esta situación de transformaciones constantes en el ambiente hace necesario que estas, para mantener e incrementar su participación en estas condiciones, deban tener claro la forma de cómo analizar y evaluar los procesos de su gestión, es decir, deben tener claro su sistema de medición de desempeño y toma de decisiones(Camejo, 2012).

Se conoce como indicadores de gestión a aquellos medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos. Los indicadores representan una unidad de medida gerencial que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de referencia; producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados; además, detectan y prevén desviaciones en el logro de los objetivos(Camejo, 2012). Constituyen una herramienta para el mejoramiento continuo de la calidad en la toma de decisiones, lo cual se traduce en una mejor calidad del producto o del servicio resultante. Los indicadores se caracterizan por poseer un objetivo, ser establecidos en consenso, ser comunicados y



divulgados y ser cuantificables y verificables. Agregan valor al proceso de toma de decisiones, reflejándose el compromiso de quienes lo establecieron (Garzón, 2013).

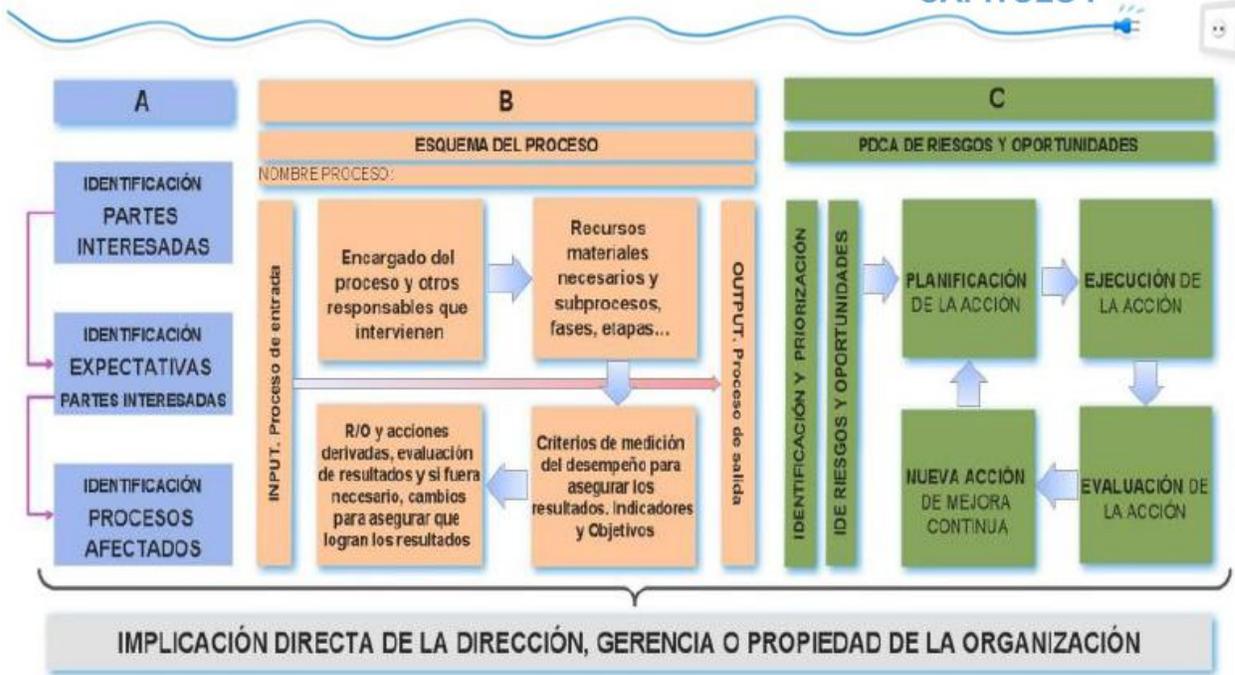
Las utilidades y aplicaciones fundamentales de los indicadores de gestión residen en constituir una herramienta de gestión esencial para hacer un diagnóstico de la situación actual, ayudar a revisar y marcar objetivos, y dar información en el momento de tomar las decisiones, contribuyendo a mejorar los estándares de calidad y planificación de los servicios, así como a la evaluación de la implementación de éstos y al diseño e implementación de políticas. Por otra parte, informan a los usuarios del servicio que se les ofrece y facilitan la oportunidad para introducir la contabilidad de costes en las organizaciones (Diputación de Barcelona, 2012).

Un indicador correctamente compuesto debe tener: nombre para diferenciarlo y definir claramente su objetivo y utilidad, forma de cálculo cuando se trata de indicadores cuantitativos con la identificación exacta de los factores y la relación entre ellos, unidades para determinar la manera que se expresan sus valores y glosario para documentarlo de forma precisa (Jaramillo, 2009).

Es deseable que los indicadores reúnan una serie de características (Diputación de Barcelona, 2012):

- **Pertenencia:** El concepto expresa que el indicador es claro y se mantiene en el tiempo. El indicador es adecuado para aquello que se quiere medir.
- **Disponibilidad:** Los datos básicos para la construcción del indicador deben ser de fácil obtención.
- **Simplicidad:** El indicador debe ser de fácil elaboración.
- **Objetividad:** El cálculo a partir de las magnitudes observadas no es ambiguo.
- **Fiabilidad:** El indicador no permite interpretaciones equívocas ni interpretaciones contrapuestas.
- **Sensibilidad:** La medida del indicador es suficientemente eficaz para identificar variaciones pequeñas.
- **Precisión:** El margen de error del indicador es suficientemente aceptable.
- **Fidelidad:** Las cualidades del indicador se mantienen en el tiempo y el espacio.
- **Relevancia:** La información que proporcionan debe de ser útil.

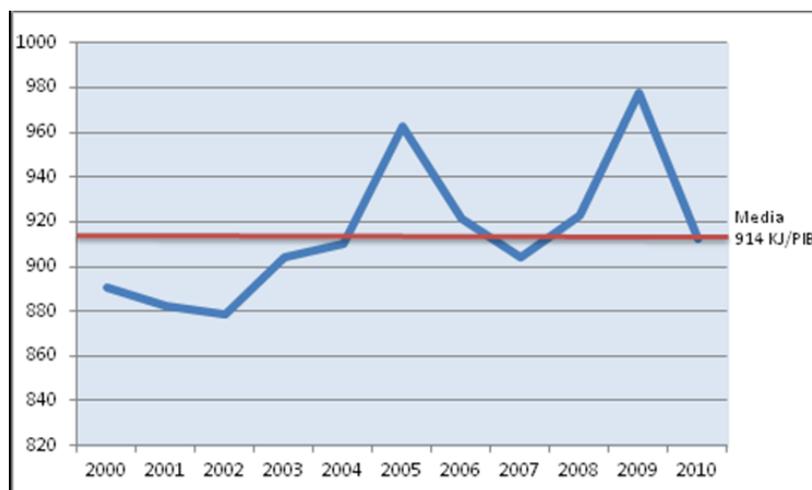
Los indicadores de gestión propician el control de los procesos e inciden en su mejora continua, según plantea la norma NC-ISO 9001: 2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad" (Figura 1.4), (Gómez, 2016).



**Figura 1.4:** Resumen esquemático - Directivas ISO/IEC para la ISO 9001: 2015. **Fuente:**(Gómez, 2016).

### 1.3.1 Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos (IE) son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas donde pueden efectuarse ahorros de energía. Proveen información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía y pueden ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía (Figura 1.5).(AIE, 2015)



**Figura 1.5:** Ejemplo de un indicador energético de la Intensidad Energética de México en el período 2000–2010 (kJ/\$ de PIB producido). **Fuente:**(MGM Innova, 2012)



Los IE son útiles para conocer los factores que determinan el consumo final de energía y su sustentabilidad económica, así como la construcción de una línea de tendencia de dicho consumo a partir de información adecuada, oportuna y de calidad, ya que describen de forma detallada cómo ciertos factores determinan o impulsan el uso de la energía en los distintos sectores de la economía. Asimismo, los IE permiten conocer las áreas potenciales de mejora en la eficiencia económica y el alcance en el ahorro de energía por sector. Proporcionan información desde una perspectiva social como la equidad en el acceso y distribución a los recursos energéticos (Secretaría de Energía, 2011).

La relación entre energía producida y la energía utilizada es descrita en varias ocasiones mediante los indicadores de eficiencia energética por la capacidad de medir y evaluar la eficiencia, aunque son inversamente proporcionales, cuanto menos energía se utiliza para un servicio, mayor será la eficiencia, por lo que la dimensión de la intensidad energética<sup>1</sup> implicará mayor eficiencia (Aceituno, 2011).

La eficiencia energética se realiza en sectores y por usos finales específicos, por tanto, los indicadores deberían ser desarrollados utilizando la demanda de energía final, calculándolos en el nivel más desagregado posible del uso final, a efectos de representar mejor las mejoras en eficiencia energética (AIE, 2015).

Seleccionar y desarrollar IE es tan sólo el primer paso para analizar la situación energética en un sector particular y poder obtener conclusiones iniciales en cuanto a cómo interpretar su tendencia pasada e influir en su evolución futura. Cada indicador tiene su propio propósito y sus limitaciones respecto a qué puede llegar a explicar. Dar una imagen precisa requiere de varios indicadores, que al ser analizados en conjunto proporcionarán una base más robusta para la formulación de políticas (AIE, 2015).

### **1.3.2 Indicadores energéticos por sectores**

Para entender el impacto de la eficiencia energética es necesario separar el impacto de los cambios en el nivel de actividad, estructura económica y otros factores exógenos que influyen en la demanda de energía, de los cambios en la intensidad energética en sí (que son una indicación de la eficiencia energética). Esto se logra empleando un método de descomposición que separe y cuantifique los impactos de los factores individuales de cambio en el nivel de actividad, estructura e intensidad energética en el consumo final de energía, en cada sector y en cada país (AIE, 2015).

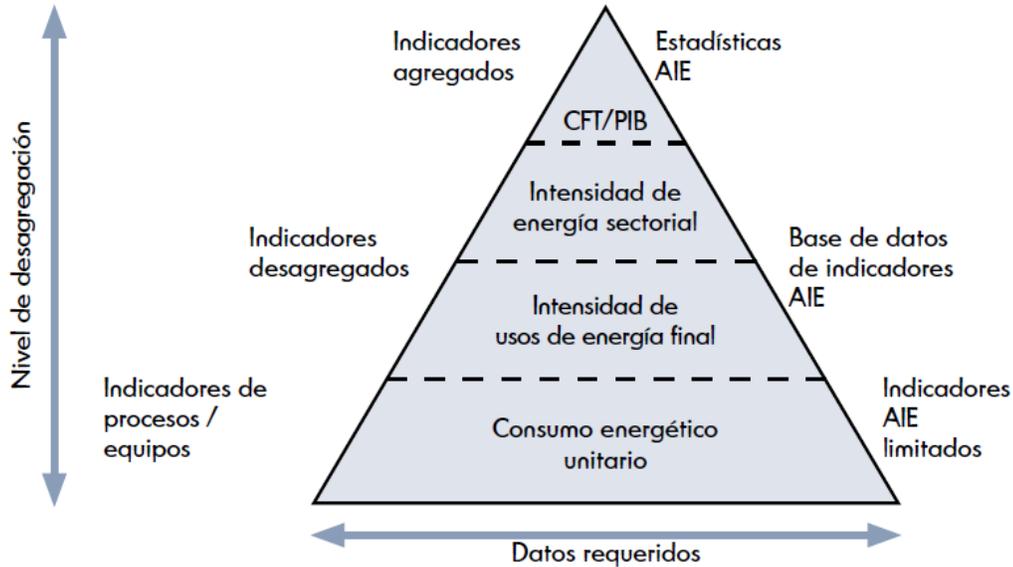
---

<sup>1</sup>Intensidad energética se define como la cantidad de energía consumida por actividad o producción entregada por sub-sector y uso final.



### 1.3.2.1 Método de descomposición de sectores para la evaluación energética

El método de descomposición de la AIE<sup>2</sup>, se basa en la estructura conceptual de una pirámide de indicadores, que presenta una jerarquía de indicadores energéticos, desde los más detallados al final de la pirámide a los menos detallados en la cúspide (Figura 1.6).



**Figura 1.6:** Pirámide de indicadores energéticos. **Fuente:** (AIE, 2015)

La fila superior de la pirámide (el indicador más agregado) se define como la relación entre energía consumida y el Producto Interno Bruto (PIB). Podría definirse como la relación entre el consumo energético y otra variable macroeconómica como, por ejemplo, la población. Resulta útil considerar simultáneamente indicadores basados tanto en el PIB como en la población para observar el efecto de los dos factores clave del consumo energético (AIE, 2015).

La segunda fila de elementos puede ser definida como la intensidad energética de cada gran sector, medida en base al consumo energético por unidad de actividad en cada sector. Nuevamente, es conveniente considerar el consumo energético respecto de los denominadores en ambas unidades (físicas y monetarias), de acuerdo con los motores clave del sector en cuestión. Las filas más bajas representan los sub-sectores o usos finales que conforman cada sector y aportan progresivamente más detalle al caracterizar servicios energéticos particulares, procesos físicos o aplicaciones clave de uso final (AIE, 2015).

Los indicadores agregados dan una idea general de las razones que explican las tendencias del consumo energético en un determinado sector. Sin embargo, se requiere información más detallada para entender los motores clave del consumo energético y para proporcionar un

<sup>2</sup> Agencia Internacional de Energía (AIE), es un organismo autónomo, creado en noviembre de 1974 con el objetivo fundamental de promover la seguridad energética entre sus países miembros.

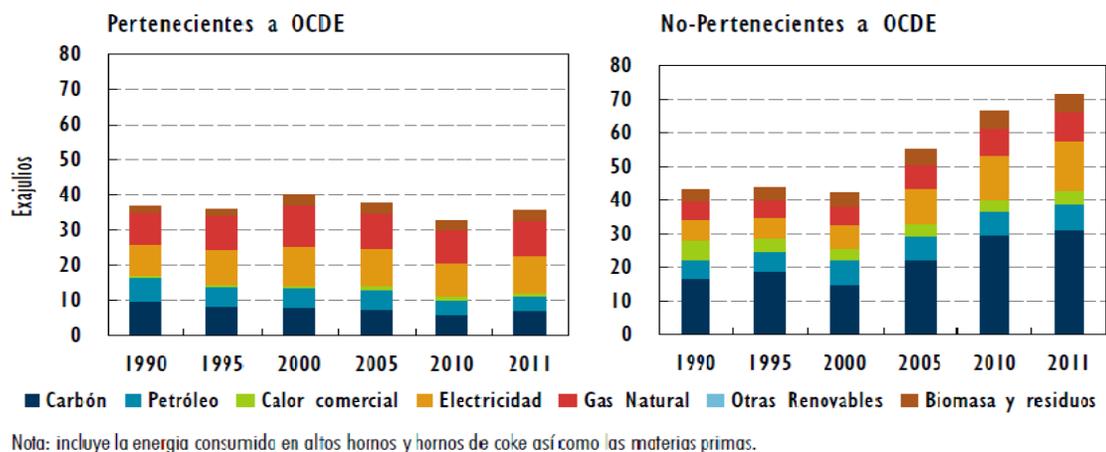


análisis más relevante en cuanto a cómo las políticas pueden influenciar tales tendencias (AIE, 2015).

Los sectores para la evaluación energética de un país se clasifican en: industriales, transporte, servicios y residenciales, cada uno con sus características propias que se detallan a continuación, tomando como base los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)<sup>3</sup>, (Anexo 1).

### 1.3.2.2 Sector Industrial

El sector industrial incluye la manufactura de bienes y productos, minería y extracción de materias primas, y la construcción. El consumo global final de energía en el sector industrial en el 2011 significó un 29% del consumo de energía total global, el cual se ha incrementado en un 41% desde 1990, con la mayor parte del crecimiento en países que no son miembros de la OCDE. El porcentaje de consumo energético global de la industria en los países de la OCDE disminuyó desde más del 46% en 1990 hasta el 33% en 2011, reflejando un cambio en la estructura económica a nivel global a medida que procesos más intensivos energéticamente se trasladaron a economías emergentes (Figura 1.7). (AIE, 2015)



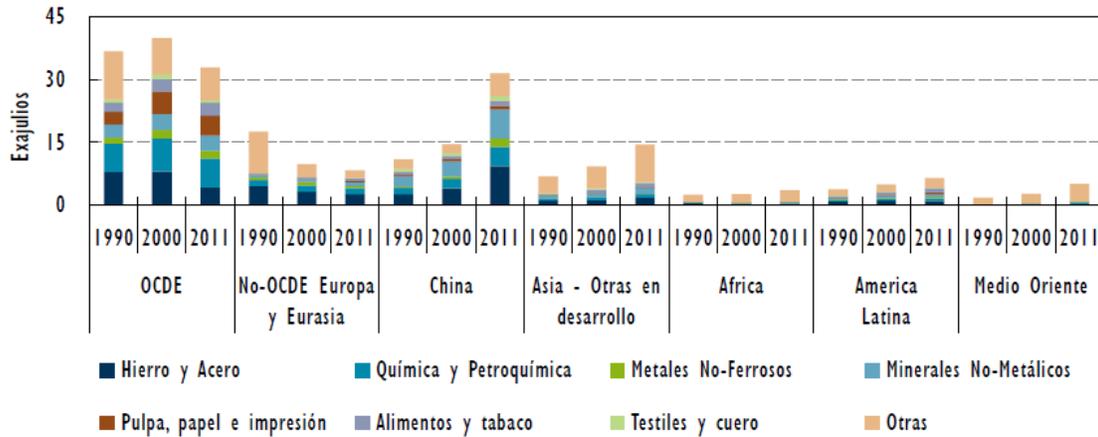
**Figura 1.7:** Consumo energético de la industria en países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE en el sector industrial. **Fuente:** (AIE, 2015)

La energía consumida por los cinco sub-sectores más intensivos de la industria (siderurgia, cemento, química y petroquímica, pasta y papel, y aluminio) se incrementó en relación a otros sub-sectores de la economía entre 1990 y 2011; estos subsectores fueron responsables de más

<sup>3</sup> La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es un organismo de cooperación internacional, compuesto por 35 estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. La OCDE fue fundada en 1960 y su sede central se encuentra en el Château de la Muette, en París (Francia).



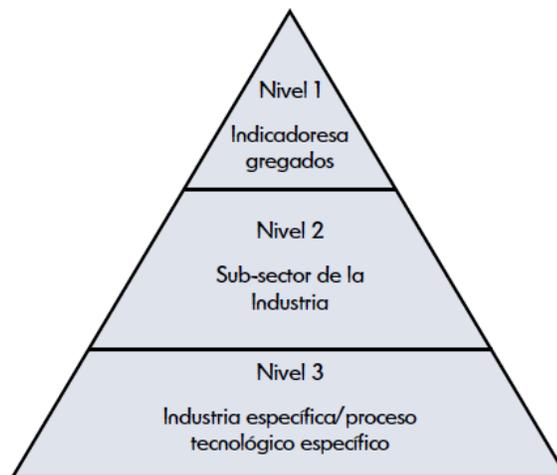
del 56% de la energía final consumida en el sector industrial en el 2011, en contraste con el 45% correspondiente a 1990 (Figura 1.8).(AIE, 2015)



**Figura 1.8:** Consumo energético por sub-sector industrial. **Fuente:**(AIE, 2015)

Para generar indicadores de eficiencia en el sector industrial lo ideal es utilizar la unidad de producción física, pero cuando no hay información disponible sobre ella, se utiliza la información sobre el valor añadido para indicar tendencias generales del sector, este último no es recomendado para desarrollar indicadores de eficiencia energética(AIE, 2015).

Un país para desarrollar indicadores energéticos debe dar prioridad al sub-sector industrial con mayor consumo energético, siempre que haya suficiente información disponible, de no existir la misma el país debe priorizar la búsqueda de información de consumo energético y de producción física del sub-sector. El Desarrollo de indicadores agregados permite entender la importancia del sector industrial en la economía ;a continuación se necesitarán indicadores por sub-sector industrial para evaluar dónde y cómo se utiliza la energía, y dónde hay un mayor potencial para reducir el consumo (Figura 1.9)(AIE, 2015).



**Figura 1.9:** Pirámide detallada de indicadores del sector industrial. **Fuente:**(AIE, 2015)

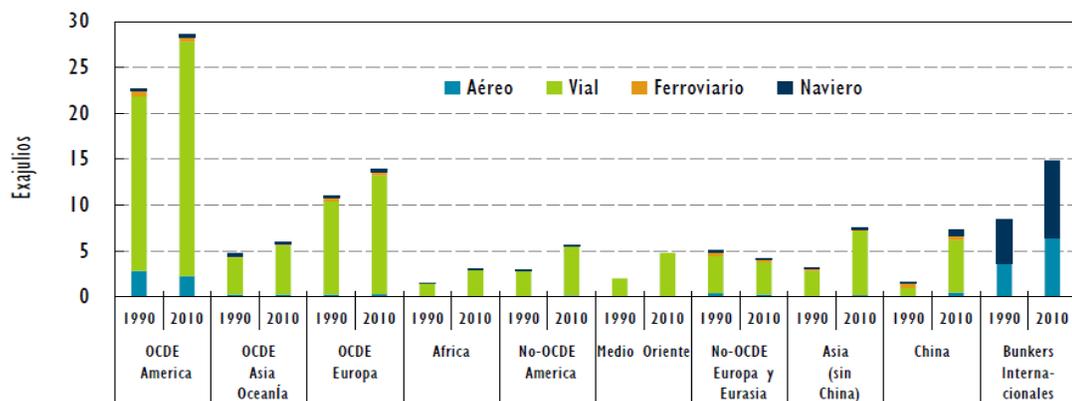


### 1.3.2.3 Sector Transporte

El sector transporte incluye el movimiento de personas y mercancías en las modalidades de transporte por carretera, ferroviario, marítimo/fluviál y aéreo. La información para cada una de estas modalidades de transporte se desglosa además por tipo de combustible como: el diésel, la gasolina y el Jet Petrol<sup>4</sup>(AIE, 2015).

Entre 1990 y 2011 el consumo de energía para el sector del transporte creció en casi un 55% (excluyendo suministros a barcos internacionales), siendo el sector de uso final de más rápido crecimiento. En el 2011, el 27% del consumo final total a nivel mundial se debió al consumo energético en el sector del transporte, representando el transporte por carretera el mayor consumidor de energía y alcanzando el 90% del total del consumo energético del transporte en el año 2010 (Figura 1.10).(AIE, 2015).

A efectos de desarrollar indicadores de eficiencia energética en el transporte de pasajeros, las principales variables de actividad consideradas para explicar las tendencias del consumo energético son: pasajero-kilómetro y vehículo-kilómetros(AIE, 2015).

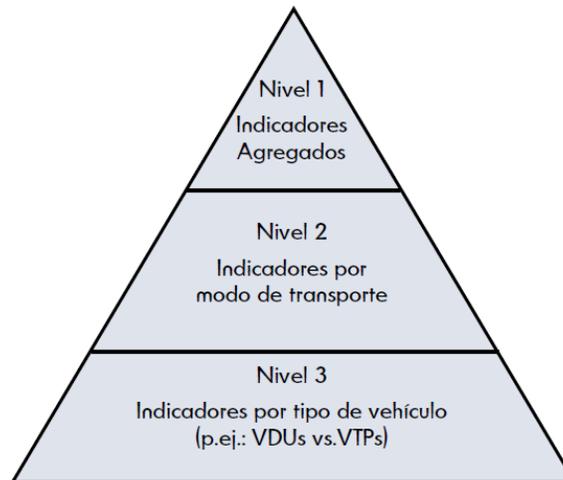


Nota: Toda la navegación internacional y aviación están incluidas en las últimas barras, y son consideradas por separado como una región. En consecuencia, sólo la navegación doméstica aérea y marítima se considera dentro de cada región o país. Para el resto del análisis, los suministros a barcos internacionales (bunkers) han sido excluidos.

**Figura 1.10:**Consumo energético por modos de transporte. **Fuente:**(AIE, 2015)

Una de las dificultades en el sector transporte es que el consumo energético está disponible como tal únicamente en los balances energéticos, y no se diferencia entre transporte de pasajeros y de mercancías. Por tanto, es necesario como primer paso desarrollar indicadores significativos que permitan elaborar una desagregación del consumo de energía total del transporte (Figura 1.11).(AIE, 2015)

<sup>4</sup>Combustible utilizado en los motores a reacción y de turbina de gas de los aviones.



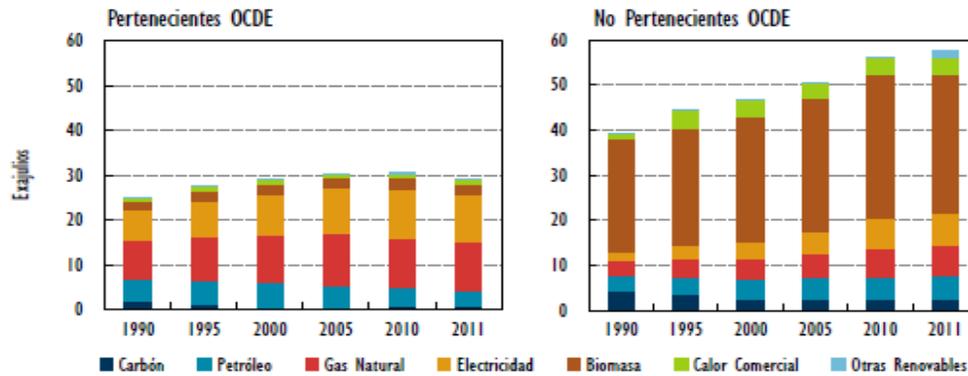
**Figura 1.11:** Pirámide detallada de indicadores del sector transporte. **Fuente:**(AIE, 2015)

Las tendencias de energía en el transporte de pasajeros están dadas por los cambios en la población y su densidad, extensión del uso de la tierra, infraestructura de transporte, hábitos de viaje, nivel de ingresos, tasa de equipamiento de vehículos, tasa de ocupación de vehículos, preferencias de los consumidores, y el consumo medio de combustible(AIE, 2015).

#### **1.3.2.4 Sector Servicios**

El sector servicios, también referido como el sector de comercio y de servicios públicos, o como el sector terciario; incluye todas las actividades relativas al comercio, finanzas, inmobiliario, administración pública, salud, alimentación y alojamiento, educación y servicios comerciales. Este sector abarca la energía consumida para calefacción de locales, enfriamiento de locales y ventilación, calentamiento de agua, iluminación y otros equipos diversos que utilizan energía(AIE, 2015).

El consumo de energía global final en el sector servicios en el 2011, estuvo alrededor del 8% del consumo energético final global y el consumo energético del sector servicios se incrementó en casi un 56 % entre 1990 y el 2011. Desde 1990, el consumo energético en el sector creció un 36 % en los países miembros de la OCDE y en un 123 % en los países no pertenecientes a la OCDE (Figura 1.12)(AIE, 2015).



**Figura 1.12:** Consumo energético para Servicios en países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE. **Fuente:**(AIE, 2015)

Para el desarrollo de indicadores significativos en este sector, se debe asegurar que la información de los balances energéticos represente, en forma precisa, el consumo energético dentro del sector; sin embargo, sólo unos pocos países tienen información respecto a la superficie total edificada en éste sector. El desarrollo de encuestas o modelos para estimar esta variable es otro paso necesario para la elaboración de indicadores en el sector de los servicios, por lo que se debería dar prioridad al diseño de procesos que aseguren la precisión y relevancia de indicadores de servicios(AIE, 2015).

Dada la dificultad para obtener información incluso al nivel más agregado, un primer paso puede ser el desarrollo de indicadores a nivel de uso final. Entender qué uso final es en términos relativos el más importante del sector puede proporcionar a quienes formulan las políticas información valiosa respecto a dónde podría estar el mayor potencial de reducción de energía (Figura 1.13)(AIE, 2015).



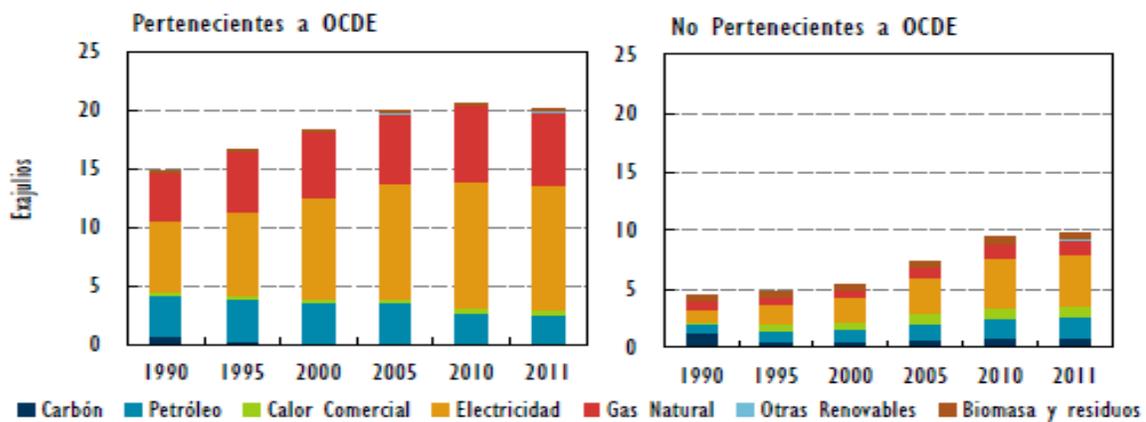
**Figura 1.13:** Pirámide detallada de indicadores del sector servicios. **Fuente:**(AIE, 2015)



### 1.3.2.5 Sector Residencial

El sector residencial incluye aquellas actividades relacionadas con viviendas privadas. Ello cubre todas las actividades que utilizan energía en apartamentos y casas, incluyendo la calefacción y el calentamiento de agua, aire acondicionado, iluminación, cocina y el uso de electrodomésticos (AIE, 2015).

Cerca del 23 % del consumo final de energía global fue utilizado en el sector residencial en el año 2011, como resultado de un amplio número de factores, incluyendo el aumento de población y el número de viviendas ocupadas, cambios en el tamaño de las viviendas, el aumento de equipamiento, y la mejora del bienestar el consumo de energía total residencial aumentó un 35 % (Figura 1.14).(AIE, 2015)



**Figura 1.14:** Consumo energético residencial en los países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE. **Fuente:**(AIE, 2015)

Para el desarrollo de indicadores energéticos se consideran principalmente dos variables para explicar las tendencias del consumo energético: superficie útil residencial (para la calefacción y enfriamiento de locales) y número de viviendas ocupadas (en cuanto al calentamiento de agua, iluminación y electrodomésticos). Sin embargo, para entender cómo cada factor influye en el consumo energético, es esencial determinar dónde está el mayor potencial de reducción de consumo energético y qué área debería ser priorizada para el desarrollo de políticas de eficiencia energética(AIE, 2015).

Hay varias formas de definir el marco analítico para desarrollar indicadores de eficiencia energética en el sector residencial. El nivel de detalle depende en gran medida de la información disponible y la situación del país ver figura 1.15.(AIE, 2015)



**Figura 1.15:** Pirámide detallada de indicadores del sector residencial. **Fuente:**(AIE, 2015)

### 1.3.3 Indicadores energéticos locales

Los indicadores energéticos locales (IEL) son instrumentos importantes para el estudio de las relaciones en materia energética de las actividades socio-económicas a nivel local como: los municipios, condados, distritos o ciudades. Los IEL son útiles en las predicciones de la demanda de energía ulterior, basándose en las tendencias de los registros de consumo que proporcionan y aportan a los gobiernos locales la información necesaria en la toma de decisiones para la adopción de políticas energéticas más efectivas, generando un ahorro considerable y la sostenibilidad de los sistemas de energía(Rad, 2010).

Actualmente, los IEL utilizados en muchos países se desarrollan en base a la información detallada sobre más de 20 usos finales de energía, que cubren el sector residencial, el de servicios, la industria y el transporte local, propuestos por la AIE; calculándolos de igual modo en el nivel más desagregado posible del uso final, para representar con más claridad los progresos en la gestión energética (Anexo 1).

## 1.4 Experiencia de la GEL a nivel internacional

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(Lim E. , 2012).

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).

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 E. , 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: (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)

- Modelo de optimización energético regional y municipal (DEECO), aplicado en la ciudad Würzburg Heidingsfeld, Alemania. (Bruckner & et\_al., 1997).
- Herramientas para la planificación energética municipal, aplicada en Palermo, Italia. (Butera, 1998).
- Indicadores para la integración de fuentes de energía alternativa, aplicado en Carinthia, Austria. (Wohlgemuth, 1999).
- Modelo de optimización del sistema energético (MODEST) y el Modelo de programación mixed integer linear para el análisis del sistema energético, aplicados en la Ciudad de Linköping, Suecia. (Sundberg & Karlsson, 2000); (Rolfman, 2004).
- Experiencias en la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la gestión energética local en 22 ciudades de Inglaterra y Gales. (Fleming & et\_al., 2004).
- Planes de Optimización municipal (POES), aplicado en cinco municipios de la provincia de Jaén, España. (García, 2006).
- Modelo de gestión de la energía para la ciudad de Lucknow en Suecia. (Zia & 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.(Lim & 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).(Neves & 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 & Polonara, 2012).
- Método y herramientas para la planificación energética de la comunidad, aplicados en Shanghai, China. (Huang & et\_al., 2015).
- Determinación de factores que influyen organizacional y la planeación energética municipal. (Fenton & et\_al., 2016)

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 & Cabello, 2016).

## **1.5 Ejemplos de indicadores energético locales para el sector residencial a nivel internacional**

En el mundo se evidencia la utilización de IEL en el sector residencial, ejemplo de ellas son las desarrollados en países latinoamericanos como: Ecuador, Chile y México.

### **1.5.1 Ecuador**

En la ciudad de Quito, Ecuador, los indicadores energéticos utilizados permiten evidenciar las actividades a las que se destina mayor cantidad de energía y, en consecuencia, las que tienen mayor potencial de ahorro; estos indicadores son los siguientes(López H. M., 2015):

- Consumo de gas licuado anual por usuario. (J/usuario)
- Consumo de energía eléctrica promedio anual por usuario. (kWh/mes\*usuario)



- Penetración de los calentadores solares anual. ( $m^2$ de colector/usuario)
- Consumo de energía anual per cápita. (J/usuario)

### 1.5.2 Chile

A continuación se muestran algunos indicadores que se obtienen considerando la totalidad del consumo energético del sector residencial en las comunas<sup>5</sup> Temuco, Coyhaique y Vitacura de Chile(Municipio de Temuco, 2016):

- Consumo de energía eléctrica anual por habitante (MWh/año)
- Consumo de energía térmica anual por habitante (MWh/año)
- Consumo de energía eléctrica anual por vivienda (MWh/año)
- Consumo de energía térmica anual por vivienda (MWh/año)

### 1.5.3 México

En muchos países del mundo, como México, los indicadores usados a nivel local para el sector residencial son los propuestos por la AIE, que permiten caracterizar y entender la composición del consumo energético (Tabla 1.2).

**Tabla 1.2:** Indicadores de eficiencia en el sector residencial. **Fuente:**(Secretaria de Energía, 2011)

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo de energía por usos finales	Cantidad de energía consumida por tipo de energético y uso final.	PJ
Consumo de energía eléctrica por aparato	Energía eléctrica consumida por cada tipo de aparato	kWh/unidad
Intensidad energética por vivienda	Energía utilizada por vivienda	GJ/vivienda
Intensidad energética por habitante	Energía consumida en las viviendas por habitante	GJ/habitante
Intensidad energética por m <sup>2</sup>	Energía utilizada por metro cuadrado de superficie de viviendas	GJ/m <sup>2</sup>
Existencias	Total de aparatos de uso doméstico en las viviendas	Millones de unidades
Difusión	Relación entre el número de unidades de un aparato específico y el número total de viviendas ocupadas	Unidades/viviendas

<sup>5</sup> Las **comunas** son la división administrativa menor y básica de Chile. Corresponde a lo que en otros países se conoce como municipio.



Los indicadores de consumo de energía por usos finales utilizados en la ciudad de México se detallan de acuerdo con el destino del consumo energético; los usos finales considerados son: calentamiento y enfriamiento del espacio, calentamiento de agua, cocción de alimentos, iluminación y aparatos de uso doméstico. Los últimos incluyen refrigeradores, congeladores, lavaplatos, lavadoras y secadoras de ropa, televisión y entretenimiento, computación y tecnologías de información y comunicación y otros aparatos. Estos indicadores permiten identificar de forma específica a qué actividades dentro de la vivienda se destina la mayor cantidad de energía y, en consecuencia, las áreas de mayor potencial de ahorro dentro de este sector (Secretaría de Energía, 2011).

Los indicadores de intensidad energética para el sector residencial son tres: intensidad energética por vivienda, que proporciona información sobre la cantidad de energía promedio que se utiliza por vivienda; intensidad energética por habitante, que da a conocer la energía promedio destinada al consumo en el sector residencial por cada habitante en la ciudad y, por último, la intensidad energética por tamaño de la superficie de la vivienda ( $m^2$ ), que refleja la relación entre el tamaño de la vivienda y el consumo energético en la misma. La importancia de este tipo de indicadores radica en que permiten obtener una perspectiva inicial de dónde se han dado los cambios en intensidad energética del sector (Secretaría de Energía, 2011).

## 1.6 GEL en Cuba

En el estudio documental sobre la GEL 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 & et al., 2006) con la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) (González & et al., 2013; Arencibia, 2014; Correa & Cabello, 2016).

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 (Correa & Cabello, 2016).



## 1.7 Indicadores energéticos en Cuba

La recopilación, estructuración y análisis de datos estadísticos vinculados con la economía energética no es reciente en Cuba, a partir de los acontecimientos de los primeros años de la década del 70 del siglo XX, con la reducción de los suministros de petróleo y la duplicación del precio de los crudos, adquiere un nuevo interés que se pone de manifiesto en el desarrollo de lo que ha venido en llamarse el “análisis energético”(ONEI, 2016a).

A nivel nacional dentro de los indicadores energéticos utilizados en el país según el Anuario Estadístico de Cuba 2015 de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) se encuentran: (ONEI, 2016a)

- La producción nacional de energía primaria y secundaria por año y fuente energética.
- La producción de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Las importaciones de productos energéticos por años y fuente energética.
- Las importaciones de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Consumo de portadores energéticos primarios y secundarios por año y fuente energética.
- Consumo de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Consumo de derivados del petróleo en actividades económicas y la población por año y tipo de derivado.
- Consumo de energía en los hogares por año y fuente energética.
- Generación bruta de energía eléctrica por año y fuente energética productora.
- Generación bruta de energía eléctrica por año y tipo de planta productora.
- Consumo específico de combustible (base 10 000 kcal/kg) en las empresas de servicio público por año y tipo de planta productora.
- Potencia instalada en plantas eléctricas por año tipo.
- Consumo de energía eléctrica por año y sectores.

Estos indicadores han adquirido mayor relevancia desde el último trimestre del año 2005, cuando el país comenzó un amplio movimiento energético, el cual trajo consigo las primeras transformaciones importantes en la generación y distribución eléctrica(ONEI, 2016a).

A nivel provincial y municipal los indicadores energéticos utilizados según el Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015 de la ONEI son(ONEI, 2016b):

- Consumo de energía eléctrica, diésel, fuel-oil, gasolina y gas licuado por año y organismo.
- Dispositivos generadores de energía alternativa por año y tipo de dispositivo.



- Consumo de energía eléctrica, petróleo crudo y sus derivados por año y actividad económica.

Se puede observar que los indicadores energéticos a nivel municipal en el país, a pesar que miden el consumo de las distintas fuentes de energía para todas las actividades económicas y el sector residencial(ONEI, 2016b), no aportan el suficiente nivel de detalle para determinar, de forma precisa, las actividades a las que se destina la mayor cantidad de energía y que, por ende, mayor potencial de ahorro poseen; como el que aporta la desegregación por usos finales de energía propuesto por la AIE(AIE, 2015).

Para la confección de estos indicadores se utilizan las informaciones captadas en el Sistema de Información Estadísticas Nacional (SIE-N), que tienen como base la contabilidad y registros primarios de las empresas, de las unidades presupuestadas (unidades de servicio de las administraciones públicas), unidades básicas, cooperativas, de los Sectores Estatal, no Estatal y la población; así como las estadísticas complementarias de los Organismos de la Administración Central del Estado y sus dependencias locales(ONEI, 2016a).

### **1.9 Conclusiones parciales del capítulo**

1. La Gestión Energética (GE) presupone la planificación de la energía e indicadores energéticos que permitan medir el desempeño de una organización o sector, las normas internacionales ISO 50001: 2011 e ISO 50006: 2014 los declaran como elementos de los sistemas de gestión de la energía, a ello se le suman las líneas bases energéticas como referencia cuantitativa para la evaluación del desempeño energético.
2. Los indicadores energéticos pueden ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía, sin embargo, en Cuba los indicadores no aportan el suficiente nivel de detalle para determinar las actividades a las que se destina la mayor cantidad de energía y, por ende, poseen mayor potencial de ahorro.
3. Los indicadores energéticos en Cuba han sido desarrollados en todos los sectores de la economía, no obstante, para el sector residencial, solo se considera el consumo de energía en los hogares por año y fuente energética a nivel nacional sin conocer los comportamientos de las provincias y municipios.



# *Capítulo II*





## Capítulo 2: Propuesta metodológica para el diseño de indicadores energéticos

### Introducción del capítulo

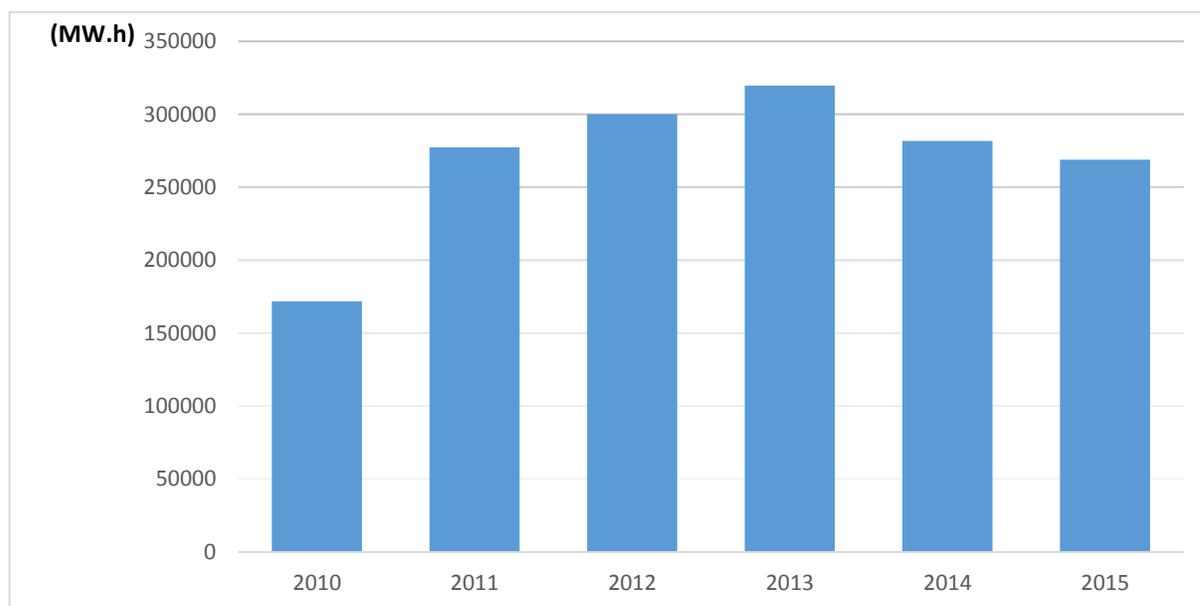
En este capítulo se realiza la caracterización energética del municipio de Cienfuegos, a través del consumo de energía eléctrica y de la gestión energética, así como un análisis de la Gestión de la Energía en el gobierno municipal y una revisión y comparación de metodologías para el diseño de indicadores.

### 2.1 Caracterización energética del municipio de Cienfuegos

El municipio Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355,63 km<sup>2</sup> con una población residente de 173 453 habitantes y una densidad de población de 487,7 hab/ km<sup>2</sup>. El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia, a los 220 7' y 30" de latitud Norte y 180 18' de longitud Oeste, sobre la península de Majagua. Limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, al Sur con el Mar Caribe, al Este con el municipio de Cumanayagua y al Oeste con el municipio de Abreus(ONEI, 2016b).

#### 2.1.1 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos

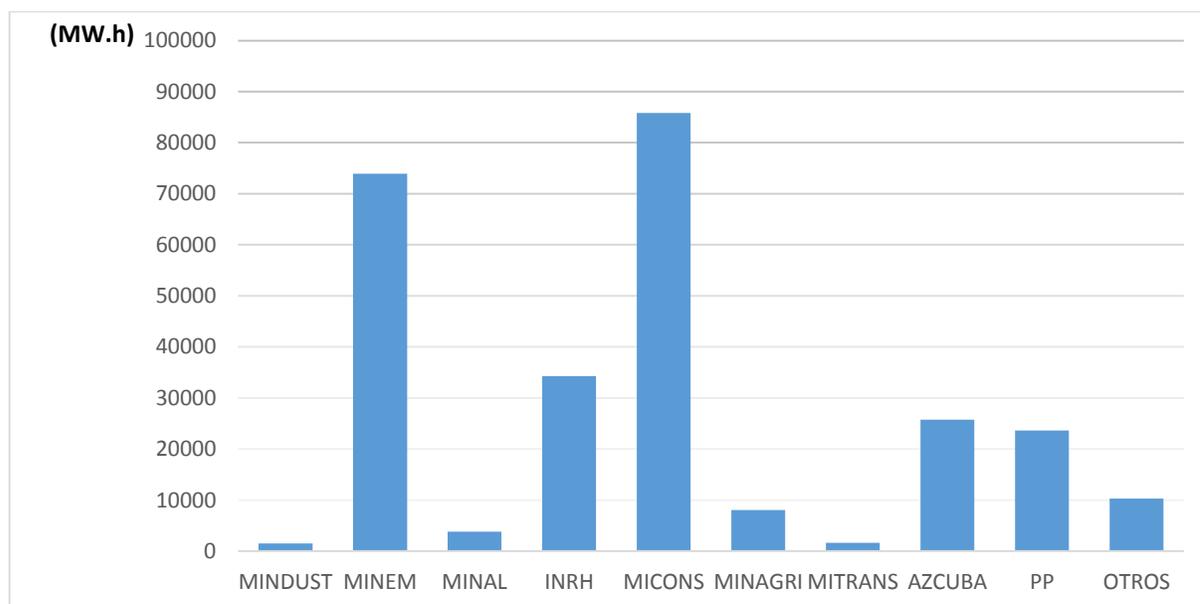
En el municipio se registra la estadística e información del consumo de energía eléctrica por organismos y actividades económicas, a través del Anuario Estadístico. En la figura 2.1 se muestra el consumo total de este portador energético en el período 2010-2015 (ONEI, 2016b):



**Figura 2.1:** Total del consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (ONEI, 2016b).



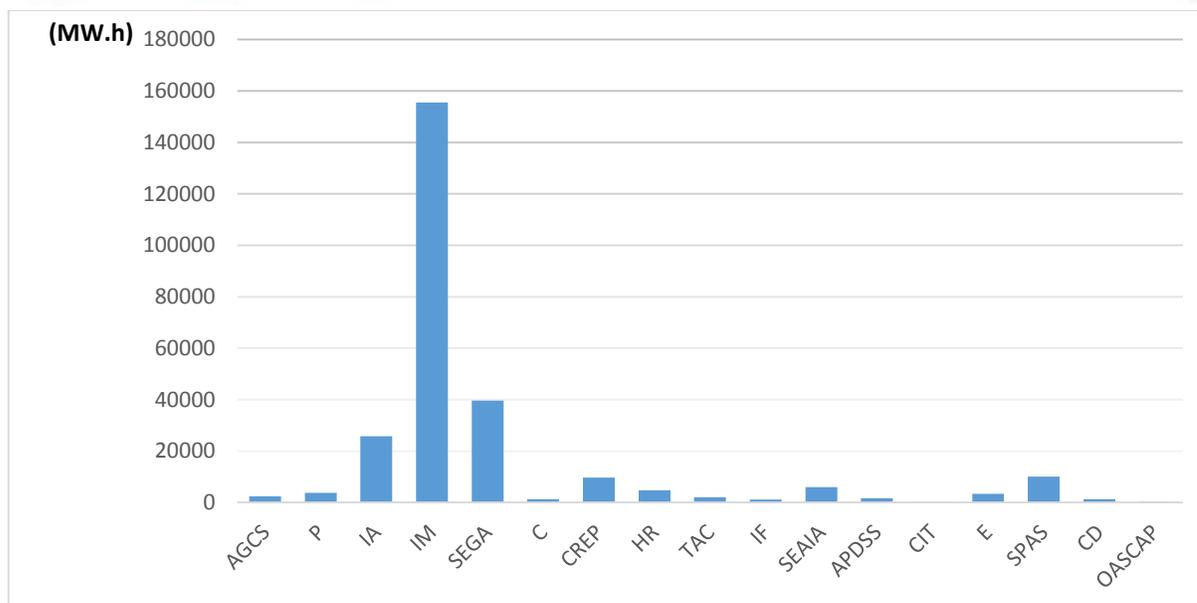
Los organismos que son fuente de información para el consumo de energía eléctrica a nivel municipal son: el Ministerio de Industria (MINDUST), el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos (INRH), el Ministerio de la Construcción (MICONS), el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI), el Ministerio del Transporte (MITRANS), el Grupo Azucarero (AZCUBA) y el Poder Popular (PP), en la figura 2.2 se muestra el consumo de energía eléctrica para estos organismos (ONEI, 2016b).



**Figura 2.2:** Consumo de energía eléctrica por organismo en el año 2015 en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (ONEI, 2016b).

Para el consumo de energía, por actividades económicas, se utiliza la siguiente clasificación: agricultura, ganadería, caza y silvicultura (AGCS); pesca (P); industria azucarera (IA); industria manufacturera (excepto azucarera) (IM); suministro de electricidad, gas y agua (SEGA); construcción (C); comercio y reparación de efectos personales (CREP); hoteles y restaurantes (HR); transporte almacenamiento y comunicación (TAC); intermediación financiera (IF); servicios empresariales, actividades inmobiliarias y alojamiento (SEAIA); administración pública, defensa y seguridad social (APDSS); ciencia e innovación tecnológica (CIT); Educación (E); salud pública y asistencia social (SPAS); cultura y deporte (CD); otras actividades, servicios comunales, asociaciones y personales (OASCAP), mostrándose en la figura 2.3 este consumo para el año 2015(ONEI, 2016b).

Sin embargo, en la información estadística del municipio de Cienfuegos no se evidencian los consumos de energía eléctrica para el sector residencial.



**Figura 2.2:** Consumo de energía eléctrica por actividad económica en el año 2015 en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (ONEI, 2016b).

### 2.1.2 Gestión energética en el municipio de Cienfuegos

En Cuba, el uso y consumo de los recursos energéticos y su impacto sobre el medio ambiente ha tenido un interés creciente en los últimos años, sustentado por los lineamientos para la actualización del Modelo Económico y Social Cubano aprobado en el 2011 en el VI Congreso del PCC, la Política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía en el 2014 y, por último, en el 2016, en el VII Congreso del PCC con el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, donde en el Eje Estratégico de Recursos Naturales y Medio Ambiente se plantea la eficiencia energética y el desarrollo de las fuentes renovables de energía (Correa J. , 2016).

Por otra parte, la provincia de Cienfuegos se declara sus líneas prioritarias para el desarrollo integral territorial, desarrollándose a través de la Plataforma Articulada para el Desarrollo Integral Territorial (PADIT) y, en el municipio, el diseño e implementación de la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDSM), donde la implantación de un Modelo para la Gestión Energética Local es un elemento de desarrollo que permite a las autoridades locales tomar decisiones sobre el consumo de energía. Para ello, se hizo necesario diagnosticar al municipio para determinar su balance energético; los primeros resultados del diagnóstico estuvieron en función de determinar los consumos de energía eléctrica de los 19 Consejos Populares (CP) del municipio (Correa J. , 2016).



- Primeros resultados del diagnóstico energético en el municipio de Cienfuegos

Los consumos energéticos se llevan a nivel municipal, sin tener en cuenta las características de los Consejos Populares que permitan tomar decisiones al gobierno local en cuanto a los consumos energéticos y el fomento de la utilización de las fuentes renovables de energía (Correa J. , 2016).

El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 Consejos Populares los que se muestran en la tabla 2.1.

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

Municipio	Consejos Populares
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Griffo, Caonao, La Gloria, Tulipán, La Barrera, Buenavista- Esperanza, San Lázaro, Paraíso, Rancho Luna, Punta Gorda, Guaos, Pepito Tey, Castillo CEN.
<b>Total</b>	19

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

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

Los consumos de energía eléctrica por los sectores estatales y privados se muestran en el anexo 2; donde se evidencia que el sector estatal tiene la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular y tiene una tendencia creciente en este período. Se puede afirmar que, el sector privado para todas las sucursales tiene una tendencia a aumentar debido a que en el mismo se encuentran las cooperativas y el sector residencial, donde confluyen no solo los hogares sino una gran inserción del sector no estatal como: casas de renta, restaurantes etc. Por tanto, un análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado es de vital importancia, compuesto por análisis de variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo. En el análisis se obtuvo que, en todos los



Consejos Populares del municipio de Cienfuegos, el mes de febrero es el de menor consumo de energía eléctrica y el mes de julio es el de mayor consumo en el año (Correa J. , 2016).

## 2.2 Análisis de la Gestión de la Energía en el gobierno municipal

En función de realizar el análisis de la Gestión Energética en el gobierno municipal se conforma un grupo de expertos; el trabajo con estos permite conocer las opiniones de los especialistas que tienen mayor dominio del tema y así poder realizar una investigación con mayor profundidad. Se realizará el cálculo del número de expertos a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

k: constante que depende del nivel de significación estadística.

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

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

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b>k</b>
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

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

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

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos 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 del Departamentos de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM) y representante del Gobierno municipal de Cienfuegos:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- DraC. Margarita Lapido Rodríguez (CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)



- DrC. Félix González Pérez (CEEMA)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia (ONURE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005), la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto. Dicho método se muestra en el anexo 6.

A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

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

En el epígrafe 1.8 se realizó un análisis de la información energética e indicadores energéticos en Cuba, a través de los datos obtenidos en los Anuarios Estadísticos de la ONEI. Del análisis anterior, el grupo de expertos determina que a nivel provincial y municipal no se publican estadísticas referentes a:



- Consumo de energía en los hogares.
- Indicadores seccionados de electricidad.
- Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora y por tipo de planta productora.
- Consumo específico de combustible (base 10000 kcal/kg) en las empresas de servicio público.
- Consumo de energía eléctrica (estatal, población, industria).

De ahí que existe información que solo es registrada por organizaciones en el territorio, como son:

- Organización Básica Eléctrica (OBE) que registra el consumo de energía eléctrica tanto en el sector estatal como en el privado en las cinco sucursales, donde se insertan los 19 Consejos Populares del municipio.
- La generación y demanda de la energía eléctrica está dada por las fuentes convencionales renovables de energía, registrado por OBE, CITMA, CUBASOLAR, MINAGRI.
- El control de combustible por la dependencia provincial de la Oficina Nacional para el Uso Racional de la Energía (ONURE).
- Las ventas de portadores energéticos por la Empresa Comercializadora de Combustibles (ECC) en Cienfuegos por los sectores estatales y residenciales.

Otras de las deficiencias en la Gestión de la Energía en el municipio es que en el proceso de toma de decisiones sobre la energía eléctrica municipal, definido por (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016), (ver el anexo 3), no se consideran los consumos de los 19 Consejos Populares que componen el municipio de Cienfuegos; por otra parte, la información de la generación y consumo, no solo de la energía eléctrica, sino de todos los portadores energéticos están dispersos entre diferentes actores lo que no permite al gobierno local realizar una adecuada gestión de la energía y lograr visibilidad de su gestión ante la sociedad. En el anexo 4 se muestra este análisis a través del diagrama Causa-Efecto.

Se procede a realizar, por parte de los expertos, la lista de causas potenciales que inciden en una deficiente GEL en Cuba, teniendo como caso de estudio el gobierno local del municipio de Cienfuegos. En el consenso se obtuvo un índice de concordancia (W Kendall) igual a 0.87.



Lista de causas potenciales:

1. Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio.
2. No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares.
3. Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal.
4. Desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía.

Se procede a realizar la verificación de las causas y las acciones de mejora en la tabla 2.3:

**Tabla 2.3:** Verificación de las Causas y acciones de mejora. **Fuente:** Elaboración propia

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



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

Todas las acciones de mejora poseen la misma prioridad, es por ello que, conjuntamente a esta investigación, se realicen otras paralelas. En el caso del presente estudio se desarrolla la acción de mejora: Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial, que favorezcan a la propuesta de indicadores para medir el desempeño de la GEL, dando respuesta a la causa potencial: Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial; para llevarlo a cabo se elabora el Plan de Mejoras con la utilización de la técnica 5Ws y 2Hs que se muestra el anexo 5. Para ello, se hace necesario el desarrollo de una metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial municipal en Cuba, tomando como objeto de estudio el municipio de Cienfuegos.

### **2.3 Metodologías para el diseño de indicadores**

En las últimas décadas, a nivel internacional, se han desarrollado numerosas estrategias y metodologías para el diseño de indicadores. A continuación, se explican algunas de estas metodologías analizadas durante la revisión bibliográfica, relacionadas con los indicadores



compuestos, indicadores de gestión, indicadores de eficiencia energética y sistema de indicadores de sostenibilidad.

### **2.3.1 Guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible**

La Guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible, propuesta por (Schuschny & Soto, 2009), plantea que un indicador compuesto es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base en un modelo conceptual subyacente. Puede ser de carácter cuantitativo o cualitativo, según los requerimientos del analista.

Siguiendo la experiencia realizada por(Nardo & et\_al., 2005), a lo largo del proceso de construcción de un indicador compuesto, se debe seguir una serie de etapas minuciosas. Dichas etapas son:

Etapa 1: Desarrollo de un marco conceptual

El diseño de un indicador compuesto requiere partir de un marco conceptual, desde el que se realice la selección de los indicadores y se establezca la manera en que estos se combinarán entre sí. Para ello, es necesario tener categorizado en forma amplia el contexto de análisis y tener comprensión del fenómeno a medir(Nardo & et\_al., 2005). Finalmente, es necesario tener claramente identificados los criterios sobre los cuales se seleccionarán los indicadores fuente y documentar todo el proceso.

Etapa 2: Selección de los indicadores

La fortaleza (o debilidad) de un indicador compuesto recae en la calidad de las variables que lo definen. Por eso, la selección de cada una debe realizarse sobre la base de su relevancia, su calidad, la frecuencia con que se muestrea y su disponibilidad al dominio público. Un punto importante a tomar en cuenta es el objetivo o uso que se dará al indicador compuesto que se construya posteriormente, ya que la selección deberá ser enfocada de manera particular dependiendo de si el objetivo es de diagnóstico, de evaluación de desempeño o de pronóstico sobre escenarios futuros.

Etapa 3: Análisis multivariado

Es fundamental que la selección de los indicadores y variables que compondrán el indicador compuesto sea realizada respetando no sólo los criterios conceptuales, basados en el marco considerado, sino también los estadísticos. La naturaleza subyacente de los datos y la relación que pudiera haber entre ellos debe ser cuidadosamente analizada antes de proceder a integrar toda la información en un solo indicador. Para ello, se puede recurrir a diversos métodos de



síntesis estadística. El análisis combinado de la información puede realizarse sobre la base de dos criterios, a saber:

- Análisis de relaciones entre variables: agrupando las variables en sub-indicadores, definiendo una estructura anidada y determinando si la selección de éstas, resulta apropiada para describir el fenómeno en cuestión. Para ello es posible recurrir a técnicas estadísticas como el análisis de componentes principales (ACP)
- Estudio de relaciones entre unidades de análisis: estableciendo grupos de unidades de análisis vinculadas por su similitud: Para ello se puede recurrir al análisis de conglomerados (o *clusteranalysis*).

Si la muestra de información que contienen las variables (número de datos) es pequeña, en comparación con el número de variables seleccionadas, se debe evitar emplear estas técnicas, ya que los resultados no serán, por cierto, representativos. En este último caso, se puede recurrir a análisis exploratorios simples, contemplando tablas de frecuencias y de promedios simples, así como tablas de coeficientes de correlación o gráficos de dos y tres dimensiones, así como herramientas gráficas de análisis multivariado descriptivo como las “caritas de Chernoff” o las “estrellas de Andrews”(Johnson & Wichern, 2007).

#### Etapa 4: Imputación de datos perdidos

La ausencia de datos en algunas unidades de análisis, en algunos o todos los períodos bajo estudio, es una situación habitual cuando se realiza el ejercicio de construcción de un indicador compuesto, especialmente cuando se considera el conjunto de todos los países del mundo. Es muy frecuente que la información que alimenta el indicador no esté disponible para todos ellos. La pérdida de información puede ser ocasional, cuando el valor del dato perdido no depende de la variable en cuestión o sistemática (no aleatoria) cuando sí depende.

Se suelen considerar 3 posibles aproximaciones para lidiar con datos perdidos(Little & Rubin, 2002):

- Eliminar la información: en este caso se omite el registro de todo el análisis, con el consiguiente perjuicio de que podría haber diferencias sistemáticas entre usar o no la muestra completa, producir sesgos e incrementos en la dispersión. Cabe destacar que, si la unidad de análisis es el país, eliminar el registro significaría eliminar el país, lo que podría llegar a ser inaceptable. Alternativamente se puede eliminar la variable del análisis. En este caso como regla empírica, se puede considerar que, si una variable posee menos del 5% de datos perdidos respecto a todo el conjunto, no conviene eliminarla.



- Hacer una imputación simple de los datos, por ejemplo, a través del uso de promedios, medianas, modas, o mediante regresiones con la información disponible.
- Imputación múltiple: en este caso se recurre a técnicas más sofisticadas como los algoritmos de Monte Carlo vía usando la vía de las Cadenas de Markov.

#### Etapa 5: Normalización de los datos

En la construcción de un indicador compuesto de desarrollo sostenible muchas de las variables que se seleccionen estarán expresadas nominalmente en unidades económicas o físicas, en fracciones de una determinada unidad, en forma de tasas de variación o como porcentajes de variación, unidades con relación a un año base, etc. Por eso, antes de proceder a agregar las variables seleccionadas en un solo indicador compuesto para cada unidad de análisis, es necesario normalizarlas para evitar la congregación de variables de unidades de medida distintas y la aparición de fenómenos dependientes de la escala.

Se pueden identificar dos formas de enfrentar el proceso de normalización de la información: una de ellas concierne a las unidades de medida, las escalas y las magnitudes de las variables *per se*; la otra se refiere a la representación de estas en términos comparativos, según los valores que adquieran las unidades de análisis. Antes de normalizar los datos se deben identificar los valores atípicos y realizar transformaciones de escala y corrección de asimetrías.

#### Métodos de normalización:

- Empleo de tasas o porcentajes de variación
- Ordenamiento de indicadores entre unidades de análisis
- Estandarización (*z-score*)
- Re-escalamiento
- Distancia a una unidad de análisis de referencia
- Categorización de escalas
- Categorización de valores por encima o debajo del promedio

#### Etapa 6: Ponderación de la información

Esta etapa crucial del proceso consiste en componer los múltiples indicadores y variables seleccionados en el indicador compuesto propiamente dicho. Ello supone la necesidad de agregar la información de manera uniforme o establecer diferentes factores de peso que den cuenta de la importancia relativa de cada indicador en el agregado. La manera en que se pese la información disponible define en forma determinante el valor final de indicador; por ello, la metodología de agregación debe ser claramente explícita, de fácil y transparente reproducción.

A continuación, se mencionan las principales técnicas de ponderación:



- Establecimiento de pesos equiproporcionales
- Métodos participativos de ponderación
- Ponderación a través del cálculo de la distancia a objetivos planteados
- Ponderación mediante cálculos de regresión
- Análisis envolvente de datos
- Modelos de componentes no observados
- Ponderación usando Procesos de Jerarquía Analítica
- Análisis Conjunto

#### Etapa 7: Agregación de la información

Una vez determinados los factores de ponderación (pesos) se procede a agregar todas las variables o sub-indicadores en un indicador sintético, en aquellos casos en que el método de ponderación utilizado no establece de manera natural un método de agregación subsecuente. Considerando que el supraíndice  $i, 1 \leq i \leq p$  representa a las variables que intervienen y el  $j, 1 \leq j \leq N_{pais}$  a las unidades de análisis (por ejemplo países) de la muestra, mencionamos a continuación, las principales técnicas de agregación de la información.

- Suma de rankings
- Conteo de las variables que superan o exceden una referencia dada
- Media aritmética ponderada
- Promedio geométrico ponderado
- Aproximaciones multi-criterio

#### Etapa 8: Robustez y análisis de sensibilidad

Si el indicador se ha diseñado en forma deficiente pueden tener lugar errores de interpretación y producir mensajes poco robustos. Todas las etapas de desarrollo de un indicador compuesto deben ser sometidas al escrutinio de expertos y se debe procurar evitar la presencia de fuentes de subjetividad. Es por ello que debe llevarse a cabo una combinación entre el análisis de incertidumbre y de sensibilidad, para incrementar la transparencia del proceso de diseño. Es necesario juzgar lo realizado críticamente y evaluar la sensibilidad frente a cambios en la elección de las variables pues puede ocurrir que pequeños cambios de la arquitectura del indicador den lugar a grandes alteraciones de los valores o rankings obtenidos.

#### Etapa 9: Presentación, diseminación del indicador

El diseño de una estrategia comunicacional de difusión supone una simplificación adicional al propio proceso de desarrollo del indicador ya que, por lo general, los tomadores de decisiones suelen destinar poco tiempo al estudio y análisis de los temas, delegando en los cuadros



técnicos esta labor y, por lo tanto, demandando que los resultados les sean presentados de la manera más concisa y sintética posible. Es allí donde el indicador compuesto juega un rol protagónico, debido a la simplificación que este debería motivar, entendida esta como una connotación manifiestamente positiva.

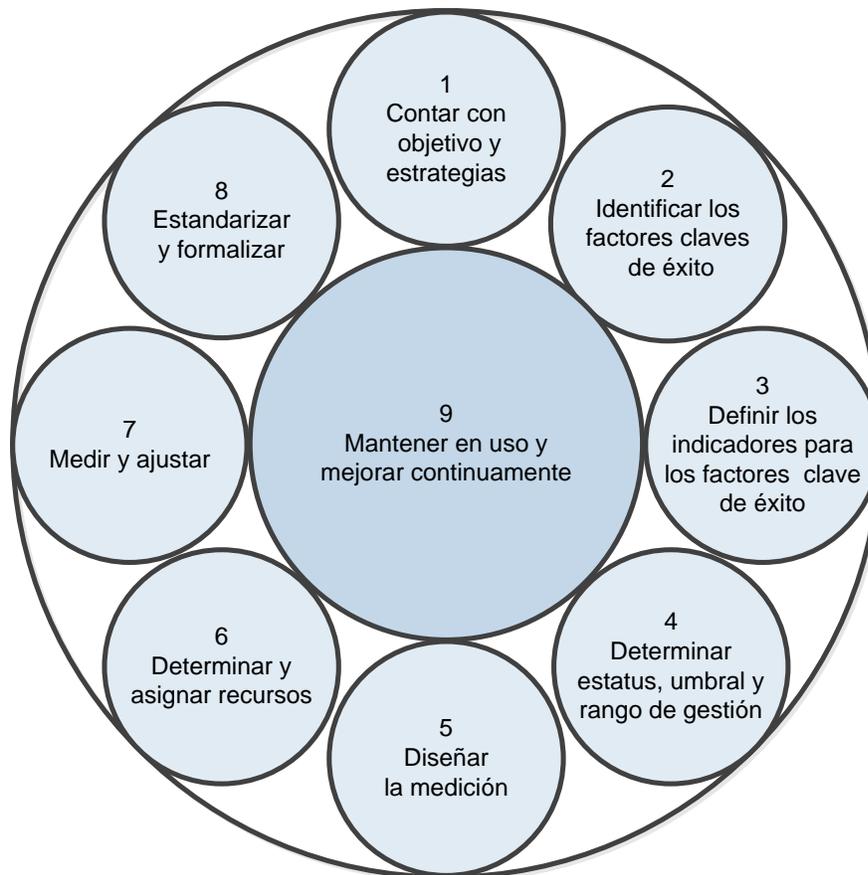
La presentación del indicador debe comunicar una imagen que facilite su visualización rápida y precisa. Su diseño visual de presentación debe proveer señales claras que alerten y expongan situaciones extraordinarias y que permitan identificar las posibles áreas de intervención.

Formatos de presentación:

- Tablas
- Gráficos de barras
- Listado del ordenamiento o ranking
- Gráficos de líneas
- Señales de tráfico
- Pictogramas
- Gráficos de radar o telaraña

### **2.3.2 Metodología general para el establecimiento de indicadores de gestión**

La Metodología general para el establecimiento de indicadores de gestión, propuesta por (Beltran, 2009), plantea los pasos que se detallan a continuación en la figura 2.4:



**Figura 2.4:** Pasos de la metodología general para el establecimiento de indicadores de gestión.  
**Fuente:**(Beltran, 2009)

#### Paso 1: Contar con objetivos y estrategias

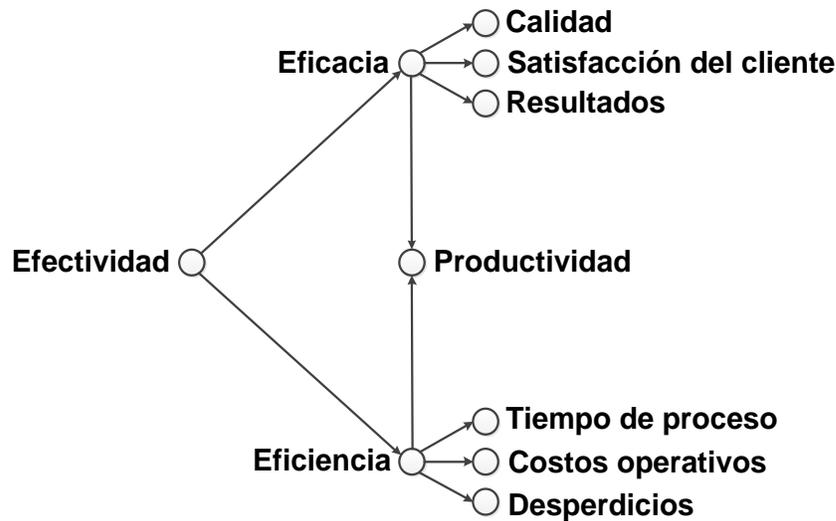
Es fundamental contar con objetivos claros, precisos, cuantificados y tener establecidas la o las estrategias que se emplearán para lograr los objetivos. Ello nos da el punto de llegada, es decir, las características del resultado que se espera. Para ello existen los siguientes factores:

- Atributo: Identifica la meta.
- Escala: Unidades de medida que especificará la meta
- Estatus: Valor actual de la escala. Punto de partida.
- Umbral: Valor que da la escala que se desea alcanzar.
- Horizonte: Período en el que se espera alcanzar el umbral.
- Fecha de iniciación: Cuando se inicia el horizonte.
- Fecha de terminación: Finalización del lapso programado para el logro de la meta.
- Responsable: Persona que tendrá a su cargo la ejecución de la estrategia o el logro de la meta.

#### Paso 2: Identificar factores claves de éxito del sistema (FCE)



En la figura 2.5 se muestra el Mapa de FCE de la Gestión, donde se mencionan los factores que se deben tener en cuenta siempre en la concepción, monitoreo y evaluación final de la gestión.



**Figura 2.5:** Mapa de factores claves de éxito de la gestión. **Fuente:**(Beltran, 2009)

Paso 3: Establecer indicadores para cada factor crítico de éxito

Una vez identificados los factores críticos de éxito, asociados a la eficiencia, eficacia, productividad, etc., es necesario establecer unos indicadores que permitan hacer el monitoreo antes del proyecto, durante este y después de la ejecución del proceso. Es fundamental tener establecida la capacidad de gestión y los recursos disponibles para el desarrollo de las actividades.

Paso 4: Determinar para cada indicador: Estado, Umbral y Rango de Gestión.

- Estado: Valor inicial o actual del indicador.
- Umbral: Valor del indicador que se quiere lograr o mantener.
- Rango de Gestión: Espacio comprendido entre los valores mínimo y máximo que el indicador quiere tomar.

Paso 5: Diseñar la medición.

Consiste en determinar fuentes de información, frecuencia de medición, presentación de la información, asignación de los responsables de la recolección, tabulación, análisis y presentación de la información. Una vez se hayan establecidos los indicadores, se determina la fuente que proveerá la información pertinente para su cálculo.

Paso 6: Determinar y asignar recursos.

Se establecen las necesidades de recursos que demanda la realización de las mediciones, lo ideal es que:



- La medición se incluya e integre al desarrollo del trabajo, sea realizada por quien ejecuta el trabajo y esta persona sea el primer usuario y beneficiario de la información.
- Los recursos que se utilicen en la medición sean parte de los recursos que se emplean en el desarrollo del trabajo o proceso.

Paso 7: Medir, probar y ajustar el sistema de indicadores de gestión.

La experiencia ha mostrado que la precisión de un sistema de indicadores de gestión no se logra a la primera vez. Cuando se realizan las primeras mediciones pueden surgir una serie de factores que es necesario ajustar o cambiar en los siguientes sentidos:

- Pertinencia del indicador
- Valores y rangos establecidos
- Fuentes de información seleccionadas
- Proceso de toma y presentación de la información
- Frecuencia en la toma de la información
- Destinatario de la información

Paso 8: Estandarizar y formalizar.

Es el proceso de especificación completa, documentación, divulgación e inclusión entre los sistemas de operación del negocio de los indicadores de gestión. Durante esta fase se desarrollan y quedan limpias las cartillas o manuales de indicadores de gestión del negocio.

Paso 9: Mantener y mejorar continuamente

El sistema de indicadores de gestión debe ser revisado a la par con los objetivos, estrategias y procesos de la organización. Hacer mantenimiento al sistema y mejorar continuamente incrementan el valor del sistema.

### 2.3.3 Metodología para el diseño de indicadores de eficiencia energética

La metodología para el diseño de indicadores de eficiencia energética, propuesta por (Guerrero, 2015), toma en cuenta las cuatro etapas que se mencionan en la figura 2.6:



**Figura 2.6:** Secuencia para el diseño de indicadores. **Fuente:** (Guerrero, 2015)



### Etapa 1: Formulación del problema

Para la formulación del problema se realiza un análisis de las posibles causas que lo estén generando, así como de los efectos que este produce, para alcanzar una comprensión más completa de sus dimensiones. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo.



**Figura 2.7:** Ejemplo de formulación de un problema para la posterior definición de variables.

**Fuente:** (Guerrero, 2015)

### Etapa 2: Definición de variables

La importancia del sistema de medición y sus objetivos se produce con las variables implícitas en los indicadores y la relación que existe entre ellas, con el único propósito que generen la información necesaria. Las variables necesarias se definen de manera estricta, para evitar la presencia de errores.

Etapa 3: Criterios generales, recolección y fuentes de información para el desarrollo de indicadores de eficiencia energética.

Los indicadores deben tener poco grado de complejidad y un fácil nivel de comprensión, de manera que permitan relacionarlos con el resto de indicadores. Las características de los datos obtenidos permiten tener criterios generales, que se utilizan como soporte por su relación con el tema energético.

Para la selección de indicadores existen varios criterios fundamentales como:

- Pertinencia: Deben describir la situación o fenómeno determinado.



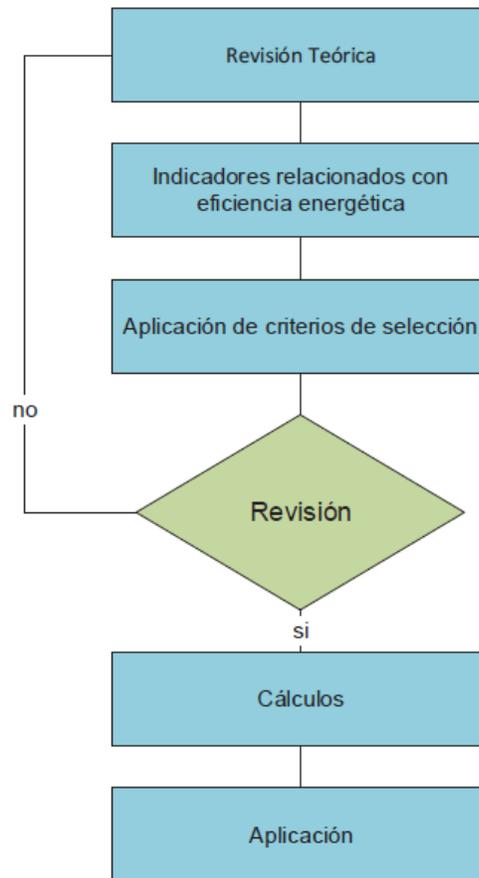
- Funcionalidad: Deben ser medibles, operables y sensibles a los cambios registrados en la situación inicial.
- Disponibilidad: Deben estar formados por variables que posean información estadística, permitiendo acceder a estos datos cuando sea necesario
- Confiabilidad: Deben poseer atributos de calidad estadística.
- Utilidad: Deben permitir la toma de decisiones a partir de los resultados y análisis.

En las actividades para obtener información se consideran cinco fases, las cuales se describe a continuación:

- Caracterización del sector de consumo: Se realiza una caracterización de los grupos de consumo y, finalmente, un análisis que tiene como objetivo definir una muestra de cada uno de ellos.
- Recolección de información mediante entrevistas: La recolección de información se realizó mediante entrevistas, las mismas que se utilizaron para obtener información de varios aspectos como: datos generales, del subsector, hábitos de consumo energético y fuentes de energía utilizadas.
- Consolidación y depuración de datos: La información obtenida por medio de las encuestas se digitaliza, para luego ser consolidada y depurada en una base de datos.
- Validación de la información: Con la información consolidada y depurada se inicia un proceso de análisis, a fin de seleccionar los datos certeros para el cálculo de los indicadores.
- Uso de la información: La información validada será procesada en el software Microsoft Excel en donde, mediante el uso de fórmulas y los cálculos pertinentes, se obtendrá los resultados de los índices seleccionados con anterioridad.

#### Etapas 4: Diseño de indicadores

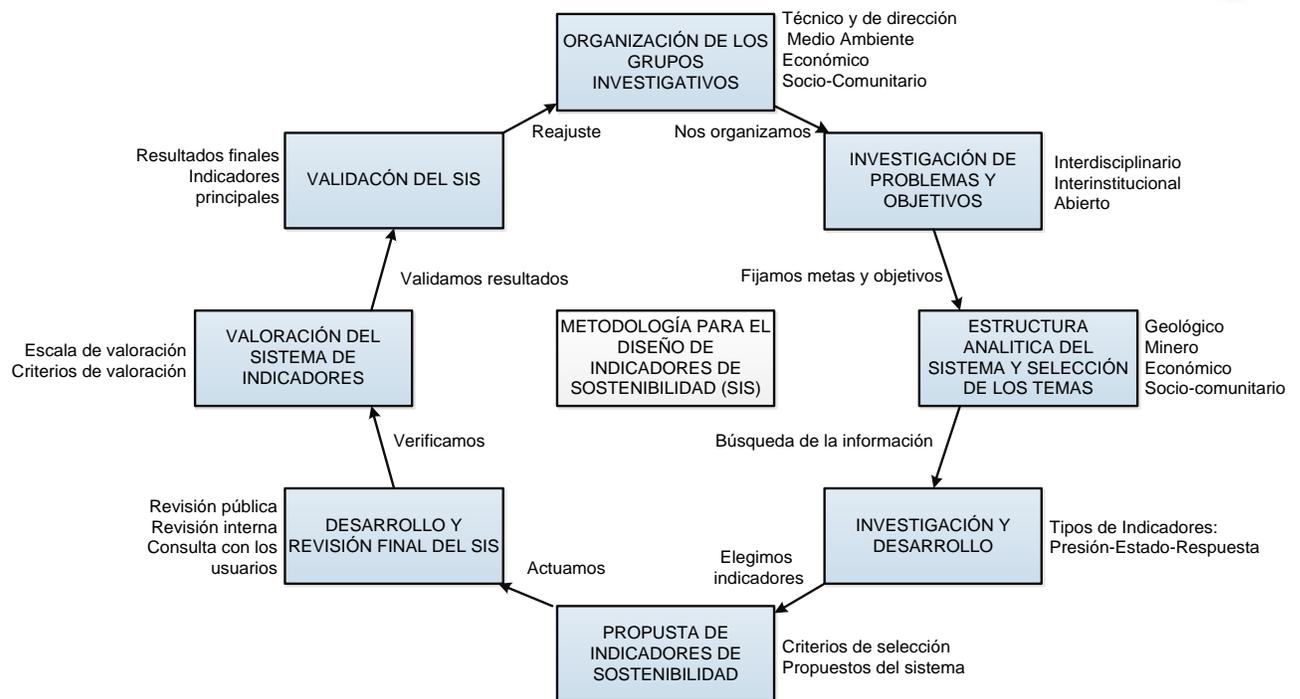
El diseño de indicadores consta de las fases que se muestran en la figura 2.8. En concordancia con la revisión teórica, se plantean indicadores sujetos a los criterios iniciales respecto del consumo energético, que se muestran seguidamente.



**Figura 2.8:** Diseño de indicadores de eficiencia energética. **Fuente:** (Guerrero, 2015)

#### **2.3.4 Metodología para el diseño de sistemas de indicadores de sostenibilidad (SIS)**

La metodología para el diseño de sistemas de indicadores de sostenibilidad (SIS), propuesta por (Guerrero, 2003), plantea los pasos que se detallan a continuación en la figura 2.9:



**Figura 2.9** Metodología para el diseño del Sistema de Indicadores de Sostenibilidad (SIS).

**Fuente:** (Guerrero, 2003)

#### Paso 1: Organización de grupos de investigación

Se inicia con el diagnóstico de los procesos tecnológicos de cada escenario. Para la organización de los grupos investigativos se identifican los actores y organizaciones claves, para lo cual se establecen contactos con los trabajadores y directivos a través de reuniones, consultas, entrevistas, conferencias y talleres donde se organizan, según las características de cada escenario y los diferentes grupos de especialistas que trabajan durante el diseño del SIS.

#### Paso 2: Identificación de problemas y objetivos

La identificación de los problemas relevantes de los escenarios a valorar se realiza sobre la base de los datos disponibles en cada unidad y la reducción de listas, teniendo en cuenta el nivel de incidencia de cada afectación al proceso productivo.

Con la identificación de los problemas se definen los objetivos de trabajo, donde se tiene en cuenta la planeación estratégica de la unidad en la etapa analizada. Estas actividades se llevan a cabo a través de un proceso interdisciplinario, interinstitucional y abierto, sobre la base del diagnóstico territorial.



### Paso 3: Estructura analítica del SIS y selección de los temas

La definición del marco analítico es una labor de carácter más técnico pero, al igual que la selección de temas, está determinada por los objetivos sociales del sistema y por el proceso de información y toma de decisiones a que va dirigido. Se incorporan aquellas temáticas y se enfocan de forma tal que los objetivos, valores y metas respondan a la misión, visión y política social de la unidad de manera que queden satisfactoriamente resueltos todos sus elementos. Esta fase fija el núcleo explicativo básico del sistema y determina el ámbito explicativo y la posibilidad de interpretación de los indicadores.

### Paso 4: Investigación y desarrollo

Una vez fijado el núcleo de temas se inicia el proceso de investigación y recopilación de información en torno a las relaciones causales conocidas en cada caso, mediante la revisión de datos la información bibliográfica y las discusiones de expertos.

### Paso 5: Propuesta de indicadores de sostenibilidad

Una vez superada la fase anterior, se realiza una propuesta de indicadores, para lo cual se aplican criterios de selección propios del sistema sin que se establezcan prioridades en esta fase. Adquieren gran importancia como criterios de selección, la disponibilidad y adecuación de datos, su validez científica y representatividad. La identificación de estos indicadores se realiza aplicando en cada escenario, métodos científicos que permitan obtener la información más confiable y actualizada de la situación.

### Paso 6: Desarrollo y revisión final del Sistema de Indicadores de Sostenibilidad (SIS)

En esta fase los criterios más próximos a los usuarios adquieren relevancia, aunque los aspectos conceptuales y de validez científica siguen vigentes. Después de la revisión empresarial y pública, se inicia una nueva ronda interna de revisión y consulta externa significativa con los grupos y expertos. En esta fase, los criterios relacionados con el uso final de los indicadores de sostenibilidad se vuelven prioritarios. El resultado de esta etapa es el conjunto de indicadores propuestos como representativos de las preocupaciones empresariales y sociales del estado del medio.

### Paso 7: Valoración del Sistema de Indicadores de Sostenibilidad (SIS), para el proceso de toma de decisiones

El SIS, ya definido, entrará a formar parte del ciclo de toma de decisiones de la empresa, para alcanzar el desarrollo sostenible. Su utilización es necesaria emplearla dentro del proceso de información y toma de decisiones para establecer prioridades en la obtención de datos. Por sus características propias, sólo tendrá éxito si pasa por una profunda valoración sociopolítica-institucional y será eficaz en la medida en que sus usuarios finales validen cada uno de los



momentos en los que la decisión tiene un carácter eminentemente sostenible. Además de este valor, a cada indicador se le asigna un coeficiente de ponderación o peso, que permite determinar su importancia con relación a los demás. Dichos coeficientes deben ser resultado del consenso entre los profesionales que participan en el análisis. Para su determinación, se deben estudiar los principales objetivos de los procesos tecnológicos de cada unidad, a partir del trabajo en grupo y el uso de su documentación técnica.

#### Paso 8: Validación del Sistema de Indicadores de Sostenibilidad (SIS)

La evaluación del SIS es un proceso a través del cual se recoge e interpreta, formal y sistemáticamente, la información pertinente sobre un programa de desarrollo sostenible. Se producen juicios de valor a partir de esa información y se toman decisiones conducentes a mantener, proyectar, reformar o eliminar los elementos del sistema o su totalidad. Para esto se requiere validar y hacer explícito el sistema de indicadores, así como comprobar e interpretar sus logros y mejorar el sistema. Para valorar lo realizado hasta el momento, se deben tener en cuenta los siguientes criterios: logros del proyecto; principales obstáculos encontrados, efectividad del sistema para la identificación de problemas.

### **2.4 Definición de los elementos de comparación de las metodologías para el diseño de indicadores**

Para realizar la definición de los elementos de comparación se hace necesaria la intervención del grupo de expertos, definido con anterioridad, el trabajo con estos permite conocer las opiniones de los especialistas que tienen mayor dominio del tema y así poder realizar una investigación con mayor profundidad.

El grupo de expertos realiza un análisis de las metodologías antes expuestas, con el objetivo de definir elementos significativos para su comparación, seleccionando los siguientes:

- Tipo de indicador que evalúan
- Tipo de análisis que realizan
- Criterios que valoran
- Factores que influyen en la definición de indicadores
- Etapas que presentan
- Alcance
- Trabajo con expertos
- Aplicación

En la tabla 2.4 se muestra los resultados del análisis anterior realizado por los expertos:



**Tabla 2.4:** Elementos de las metodologías para el diseño de indicadores. **Fuente:** Elaboración propia.

Elementos								
Metodologías	Tipo de indicador	Tipo de análisis	Criterios que evalúan	Factores que influyen	Etapas o pasos que presentan	Alcance	Trabajo con expertos	Aplicación
1	Compuesto	Estadístico	Variables	Objetivos y calidad de las variables	9	Presentación y difusión	No	General
2	Gestión	No estadístico	Factores claves de éxito	Capacidad de gestión y recursos disponibles	9	Mantenimiento y mejora continua	No	Organizaciones
3	Eficiencia Energética	No estadístico	Variables	Calidad de la variables y relación entre ellas	4	Diseño y aplicación	No	Sector residencial
4	SIS	No estadístico	Problemas	Relaciones causales	8	Validación	Si	Organizaciones

## 2.5 Conclusiones parciales del capítulo

1. La gestión energética local en el municipio presenta deficiencias debido a que la información energética se encuentra dispersa y gestionada por diferentes actores, lo que no propicia una adecuada toma de decisiones por el gobierno local. En el análisis se determinaron cuatro causas potenciales, siendo estas: la interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio, que no se consideran los consumos de energía por Consejos Populares, el desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal y el desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía; proponiéndose acciones mejora al respecto.
2. Se analizan algunas de las metodologías encontradas durante la revisión bibliográfica relacionadas con los indicadores compuestos, indicadores de gestión, indicadores de eficiencia energética y sistema de indicadores de sostenibilidad, definiendo los elementos de comparación entre las metodologías analizadas, con el objetivo de diseñar una metodología que viabilice la propuesta de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba.

# *Capítulo III*





## Capítulo 3: Propuesta y aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial

### Introducción del capítulo

En este capítulo se realiza una selección de los elementos que integran la metodología de diseño de indicadores, un análisis Clúster o conglomerado para la determinación de sus etapas y su propuesta y aplicación.

### 3.1 Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba

La metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba se propone a partir del estudio y análisis de diferentes metodologías para el diseño de indicadores como:

- 1- Guía metodológica de diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible (Schuschny & Soto, 2009).
- 2- Metodología general para el establecimiento de indicadores de gestión (Beltran, 2009).
- 3- Metodología para el diseño de indicadores de eficiencia energética propuesta por (Guerrero H. , 2015).
- 4- Metodológica para el diseño de sistemas de indicadores de sostenibilidad (SIS) (Guerrero D. , 2003).

Con el objetivo de seleccionar los elementos que deben integrarla según el criterio de los expertos con un coeficiente de concordancia ( $W$  Kendall) entre ellos de 0.86, los elementos para el diseño quedan establecidos de la siguiente forma en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1:** Elementos de la metodología. **Fuente:** Elaboración propia.

Elemento	Clasificación	Justificación
Tipo de indicador	Compuesto	En el diseño es necesario determinar las diferentes variables que inciden en el consumo de electricidad en el municipio
Tipo de análisis	Estadístico	Se basa en el análisis estadístico de la información (datos de las variables que interfieren en el consumo de electricidad)



<b>Criterio de evaluación</b>	Variables	La base de diseño del indicador energético son las variables que inciden en el consumo de electricidad
<b>Factores que influyen</b>	Calidad de las variables y relación entre ellas	Veracidad de la información de las variables y determinación de sus interacciones y peso en el consumo de electricidad
<b>Etapas o pasos</b>	Según resultado de análisis clúster o conglomerado	Para buscar grado de similitud- semejanza entre las etapas de las distintas metodologías de diseño de indicadores consultadas
<b>Alcance</b>	Diseño, aplicación, validación y mejora continua	La metodología no solo propone el diseño de indicadores energéticos para el sector residencial sino que abarca su aplicación, validación y mejora continua de ellos en función de las condiciones del municipio
<b>Trabajo con expertos</b>	Sí	El trabajo con expertos permite el intercambio de ideas y decisiones acertadas
<b>Aplicación</b>	Sector residencial municipal	Abarca el sector residencial municipal desde el análisis en los Consejos Populares

### 3.2 Análisis Clúster o conglomerado para la determinación de las etapas de la metodología

En la determinación de las etapas o pasos de la metodología para el diseño de indicadores se utiliza el análisis clúster o conglomerados, que tiene como punto de partida una matriz de distancias o proximidades entre pares de sujetos o variables (para esta investigación se denominarán etapas), que permiten identificar su grado de “similitud- semejanza” (homogeneidad interna) en el caso de las proximidades o su grado de “disimilitud- desemejanza” (heterogeneidad externa) en el caso de las distancias (Visauta, 1998; Hair & et\_al, 1999).

Se procede a realizar la comparación de las metodologías estudiadas para determinar las etapas de la metodología a diseñar. En la tabla 3.2 se establecen los criterios de comparación propuesto por (Medina & et\_al, 2012), siendo estos los siguientes:



**Tabla 3.2:** Criterios de comparativos de las metodologías. **Fuente:** Elaboración propia

Metodología s consultadas	Etapas						
	Formación de equipos de trabajo	Identificación de variables	Análisis estadístico	Diseño del indicador	Aplicación del indicador	Validación del indicador	Mejora continua
(Schuschny & Soto, 2009)	NI	I	I	I	I	NI	NI
(Jaramillo, 2009)	NI	NI	NI	I	I	I	I
(López H. M., 2015)	NI	I	NI	I	I	PI	NI
(Guerrero, 2003)	I	NI	NI	I	I	I	NI

Referencia	Significado	Puntuación
NI	No incluye	1
PI	Parcialmente incluye	2
I	Incluye	3

Se procede a establecer los valores anteriormente fijados para la comparación, los cuales se muestran en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3:** Valores para la comparación de las metodologías. **Fuente:** Elaboración propia

Metodología	Etapa	Variable	Estadístico	Diseño	Aplicación	Validación	Mejora
(Schuschny & Soto, 2009)	1	3	3	3	3	1	1
(Jaramillo, 2009)	1	1	1	3	3	3	3
(López H. M., 2015)	1	3	1	3	3	2	1
(Guerrero, 2003)	3	1	1	3	3	3	1

Los criterios para realizar el análisis clúster o conglomerados se muestran en la tabla 3.4:



**Tabla 3.4:** Criterios para el análisis clúster o conglomerados. **Fuente:** Elaboración propia

Criterios	Opción seleccionada	Justificación
<b>Método</b>	Aglomerativo jerárquico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vecino más cercano</li> </ul>	Identifica las dos observaciones más parecidas (cercanas) que no estén en el mismo conglomerado y las combina
<b>Métrica de distancia</b>	Distancia Euclídea	Proporciona la medición de similitud y no es más que la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado entre los dos elementos en la variable considerada $D(x; y) = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2}$ (Visauta, 1998; Hair & et_al, 1999)
<b>Conglomerados</b>	Observaciones	Dado por los valores de datos obtenidos en la comparación de las metodologías
<b>Número de conglomerados</b>	1	Se establecerá una medida simple de homogeneidad
<b>Estandarización</b>	Sí	Los datos son estandarizados antes de hacer la conglomeración

Para el análisis se pueden utilizar los softwares estadísticos matemáticos SPSS para Windows y el STATGRAPHICS, en esta investigación se utiliza este último. Los resultados del análisis se muestran en el anexo 7.

En el análisis clúster o por conglomerados, para las cuatro metodologías, se crea un conglomerado; un dendrograma que muestra la sucesión de uniones que fueron hechas entre conglomerados; el gráfico de matriz, que se deriva de las distancias entre los elementos de comparación entre las metodologías, dando como resultado coincidente que las cuatro metodologías comparadas consideran:

- Diseño del indicador
- Aplicación del indicador

En los otros elementos se observa dispersión, por lo que el grupo de expertos consideran que la metodología debe contener los elementos coincidentes, pero también los que poseen dispersión

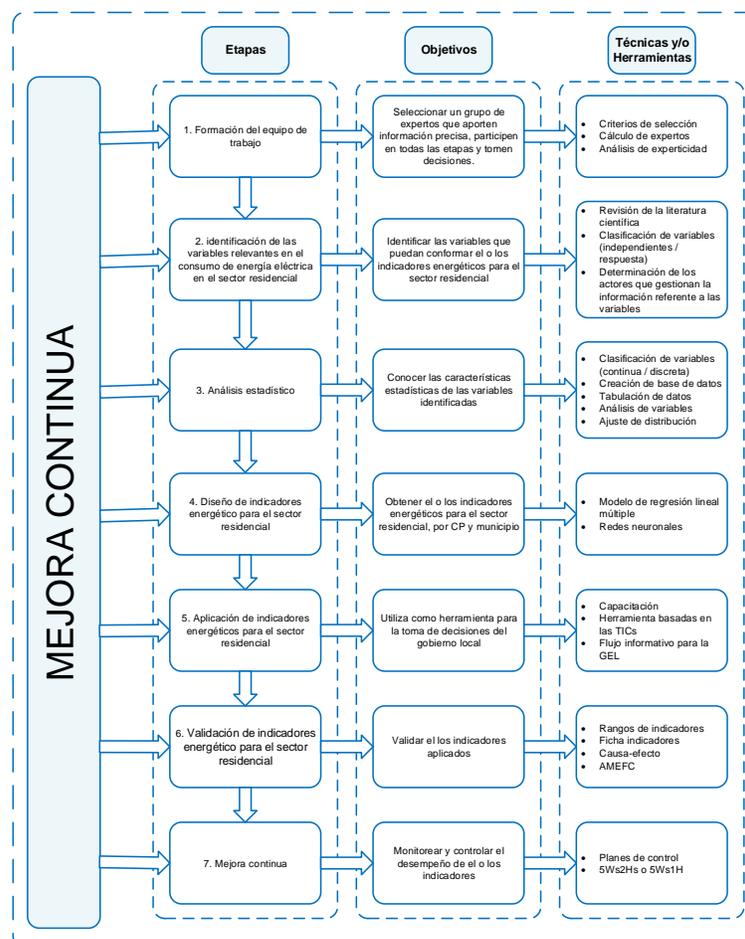


con el objetivo de diseñar una metodología que disminuya las brechas existentes entre las comparadas.

### 3.3 Propuesta de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba

- Etapa 1: Formación del equipo de trabajo.
- Etapa 2: Identificación de las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial.
- Etapa 3: Análisis estadístico de las variables.
- Etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial.
- Etapa 5: Aplicación de indicadores energético para el sector residencial.
- Etapa 6: Validación de indicadores energético para el sector residencial.
- Etapa 7: Mejora continua.

En la figura 3.1 se muestran las etapas, objetivo y las técnicas o herramientas a emplear.



**Figura 3.1:** Etapas, objetivos y técnicas o herramientas empleadas en la metodología de diseño de indicadores energéticos. **Fuente:** Elaboración propia



Las etapas de la metodología se describen a continuación:

### 3.3.1 Etapa 1: Formar el equipo de trabajo

El equipo de trabajo debe ser integrado por un grupo de expertos conocedores del tema e interesados en el mismo, de forma tal que aporten información precisa, participen en todas las etapas de la investigación y puedan tomar las decisiones convenientes.

Con el objetivo de formar el equipo de trabajo, se calculará el número de expertos necesarios, según la expresión:

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

Donde:

k: constante que depende del nivel de significación estadística.

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

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

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

Además, para la definición de los expertos, se establecen un grupo de criterios de selección en función de las características que deben poseer los mismos, siendo estos los mismos criterios señalados en el epígrafe 2.4.

### 3.3.2 Etapa 2: Identificación de las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial

Según diferentes autores existen una serie de variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en las edificaciones y en el sector residencial; según las características de Cuba y los datos e información registrada por los diferentes actores, las variables seleccionadas se muestran en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5:** Variables que inciden en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia

No	Variables	Autores que la declaran
1	Condiciones climáticas (temperatura, humedad del aire)	Bohnowncz & Martinac, (2007); Issac & van Vuuren (2009) Swan & Ugursal (2009); Kelly (2011); Matallanas et al. (2012); López- Rodríguez et al (2013); Mata et al (2013); Estiri (2014); Filippini et al



		(2014); Jessoe & Rapson (2014); Nie & Kemp (2014); Olaniyan & Evans (2014); Vučićević et al (2014); Xu & Ang (2014); Abu et al. (2015); Alfonso et al. (2015); Huang et al (2015); Wahlstrom & Harsman (2015); Cabello et al. (2016); Martínez Jentsch (2016)
2	Días Grado	Krese, Prek, & Butala (2012); Styles, Schonberger, & Galvez (2013); Cabello & et_al (2015)
3	Estilo de vida (hogares que usan la electricidad como fuente de cocción)	Hass (1997); Aroonvengsawat & Auffhamer (2011); López et al (2012); Hager & Morawicki (2013); López- Rodríguez et al (2013); Estiri (2014); ); Filippini et al (2014); Maadookhy et al. (2014); Nie and Kemp (2014); Olaniyan & Evans (2014); Tso & Guan (2014); Vučićević et al (2014); Xu & Ang (2014); Gálvez et al. (2015); Wahlstrom & Harsman (2015)
4	Demográfica ( población)	Hass (1997); Kelly (2011); Kialaski & Reisel (2013); López- Rodríguez et al (2013); Filippini et al (2014); Nie & Kemp (2014); Xu & Ang (2014); Martínez Jentsch (2016)
5	Ubicación (urbanos o rurales)	Kelly (2011), Tso & Guan (2014)

Para una adecuada definición de variables estas se clasificarán en: variable de respuesta (ver tabla 3.6) y variables independientes (ver tabla 3.7), siendo para el caso cubano:

**Tabla 3.6:** Variable de respuesta. **Fuente:** Elaboración propia:

Nombre de la variable	Siglas	Unidad de medida	Fuente
<b>Consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal</b>	CEERM	kW.h	OBE



**Tabla 3.7:** Variables independientes. **Fuente:** Elaboración propia:

Nombre de la variable	Siglas	Unidad de medida	Fuente
Temperatura	Temp	°C	Página web Meteomurcia
Humedad relativa	Hr	%	Página web Meteomurcia
Temperatura de bochorno	TB	°C	Página web Meteomurcia
Días grado	DGE	°C	Relacionado con Colling Degree Day (CDD) o Días Grado de Enfriamiento (DGE), que considera la influencia de la temperatura exterior ( $\Theta_0$ ) y la temperatura de referencia ( $\Theta_b$ ), según consideran Krese, Prek, & Butala (2012); Styles, Schonberger, & Galvez (2013); Cabello & et_al (2015). Para esta investigación $\Theta_b$ será considerada como temperatura de confort en los hogares cubanos con un valor de referencia de 24 °C y se calculará DGE según (Cabello & et_al, 2015) como: $DGE = \sum(\theta_0 - \theta_b)$
Hogares que usan la electricidad como fuente de cocción	HFCE	u	Censo, Diagnóstico energético
Población	P	u	Censo, Diagnostico municipal
Ubicación – Urbano – Rural	Ur Ru	-	Dirección Municipal de Planificación Física

### 3.3.3 Etapa 3: Análisis estadístico de las variables

Para el análisis estadístico de las variables se hace necesario crear las bases de datos e información de las variables previamente declaradas y posteriormente clasificarlas en:

- Continua: Cuando puede tomar cualquier valor entre dos valores. (Spiegel, 1991)
- Discreta: Cuando no puede tomar cualquier valor entre dos valores. (Spiegel, 1991)

Los análisis estadísticos propuestos para el diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba son los siguientes:



- Tabulación de datos (gráficos de barra o pastel).
- Ajuste de distribuciones (comprobar a que distribución se ajustan los datos)

### **3.3.4 Etapa 4: Diseño de indicadores energéticos en el sector residencial**

Para el diseño de indicadores energéticos en el sector residencial se utilizan las bases de datos creadas, con la finalidad de desarrollar los siguientes procedimientos:

- Modelos de Regresión Lineal Múltiple con k variables independientes (Gutiérrez & De la Vara, 2008; Kialashaki & Reisel, 2013; Estiri, 2014; Filippini & et al., 2014; Madookhy & et al., 2014; Nie & Kemp, 2014; Galvéz, 2015)
- Redes neuronales artificiales (Tabares & Hernández, 2009; Martin\_del\_Rio & Sanz, 2001)

### **3.3.5 Etapa 5: Aplicación de indicadores energético para el sector residencial**

Esta etapa comprende la utilización a prueba del indicador por el Gobierno Local, con el objetivo de insertarlo en la gestión del mismo. Considera la creación de capacidades para el uso y actualización de las bases de datos, integrándose a una herramienta sustentada en las TICs, así como la conformación del flujo informativo para la GEL en el municipio, que propicie la captación periódica de los datos e información de las variables declaradas en la Etapa 2. Esto comprende un período de tres meses para la corrección del o los indicadores propuestos en la etapa precedente.

Las técnicas y/o herramientas a utilizar en esta etapa son: la captación de datos, las herramientas basadas en las TICs y el flujo informativo para la GEL.

### **3.3.6 Etapa 6: Validación de indicadores energético para el sector residencial**

Consiste en comprobar e interpretar los logros de la aplicación del o los indicadores teniendo en cuenta la efectividad de ellos y el análisis de deficiencias.

Las técnicas y/o herramientas a utilizar en esta etapa son: los rangos del indicador, la ficha del indicador, el diagrama Causa-Efecto y el Análisis de Modo Fallo Efecto Criticabilidad (AMFEC).

### **3.3.7 Etapa 7: Mejora continua**

En esta etapa el o los indicadores propuestos deben ser revisados teniendo en cuenta las prioridades (líneas prioritarias) de desarrollo municipal.



Las técnicas y/o herramientas a utilizar en esta etapa son: los planes de control y las 5W y 1H o 2 H.

### **3.4 Aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba**

La aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba se desarrolla en siete etapas, pero solo se ejecutarán cuatro de estas.

#### **3.4.1 Etapa 1: Formación del equipo de trabajo**

Con el objetivo de formar el equipo de trabajo se calculará el número de expertos necesarios, resultando el mismo por la siguiente expresión:

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

$$n = \frac{0.01(1-0.01)4.5916}{0.072^2} = 8.77 \approx 9$$

El número de expertos para el equipo de trabajo es de nueve (9).

Los expertos seleccionados fueron los siguientes:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio GómezSarduy (CEEMA)
- DrC. FélixGonzález Pérez (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONUURE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- DraC. Margarita Lapidó Rodríguez (CEEMA)
- DrC Nelson Arsenio Castro Perdomo (UCF)

La selección de los expertos se realizó a partir de los criterios señalados en el epígrafe 2.4 de la investigación.

#### **3.4.2 Etapa 2: Identificación de las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Cuba**

Las variables relevantes en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Cuba quedaron definidas en el diseño de la metodología en el epígrafe 3.3. En esta etapa se procede a la captación de los datos e información por las fuentes identificadas en la tabla 3.8.



**Tabla 3.8:** Captación de los datos e información por las fuentes identificadas. **Fuente:** Elaboración propia

No.	Variables relevantes	Tipo de variable	Descripción
1	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE.</li> <li>Creación de una base de datos a partir de la extracción de la base de datos del SIGECO de la Unión Eléctrica (UNE), con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación por rango de consumo definido por la UNE</li> <li>- Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo</li> <li>- Clasificación por Consejo Popular (19)</li> </ul> </li> </ul>
2	Temperatura seca del aire	Independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realiza la captación de datos en la página web Weather Underground que contiene el registro histórico de la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González perteneciente al Instituto de Meteorología por su proximidad a la ciudad de Cienfuegos, siendo los valores más representativos para el municipio</li> </ul>
3	Humedad relativa	Independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se crea una base de datos del período 2002-2017 que contiene las siguientes variables: temperatura, punto de rocío, humedad, presión al nivel del mar, visibilidad, viento, precipitaciones.</li> </ul>
4	Temperatura de bochorno	Independiente	Calculado a partir de la relación, de los valores, contenida en la tabla definida en la página web Meteomurcia de temperatura y humedad relativa proporcionados por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González
5	Días grado	Independiente	<p>Para la determinación de DGE se utiliza el Energy Signature Method, que requiere de una alta resolución de datos, y el Performance Line Method (PLM), (Krese, Prek, &amp; Butala, 2012; Cabello &amp; et_al, 2015).</p> <p>Según Krese, Prek, &amp; Butala (2012) y Cabello &amp; et_al. (2015) el PLM es más</p>



			práctico. Para el cálculo de DGE se hace necesario la construcción de un año climático (Yang & et_al., 2011; Cabello & et_al., 2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller & et_al., 2013; Cabello & et_al., 2015), para la construcción del año climático según Yang & et_al., (2011) se requieren datos diarios de 30 años, sin embargo en este estudio se considera el período 2002-2016, 15 años, según la información facilitada por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González.
6	Hogares que usan cocción eléctrica	Independiente	Utilizando el porcentaje provincial de hogares que usan cocción eléctrica se realiza una estimación para el municipio de Cienfuegos en su conjunto y por Consejos Populares obteniéndose valores que se muestran en el anexo 8:
7	Población	Independiente	Se determinó a partir de los datos suministrados por la ONEI( ver anexo 9).
8	Ubicación - Urbano - Rural	Independiente	Se realiza la clasificación a través del Plan General de Ordenamiento Territorial (ver anexo 10)

### 3.4.3 Etapa 3: Análisis estadístico de las variables

Para realizar el análisis estadístico de las variables se procede a clasificar las mismas según el criterio de continua o discreta, como se muestra en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9:** Clasificación de las variables según el criterio de continuas o discretas. **Fuente:** Elaboración propia

Variables	Discreta	Continua
Consumo de energía eléctrica		X
Temperatura seca del aire		X
Humedad relativa		X
Temperatura de bochorno		X
Días grado		X
Hogares que usan cocción eléctrica	X	
Población	X	

<b>Ubicación</b>		
- Urbano	X	
- Rural		

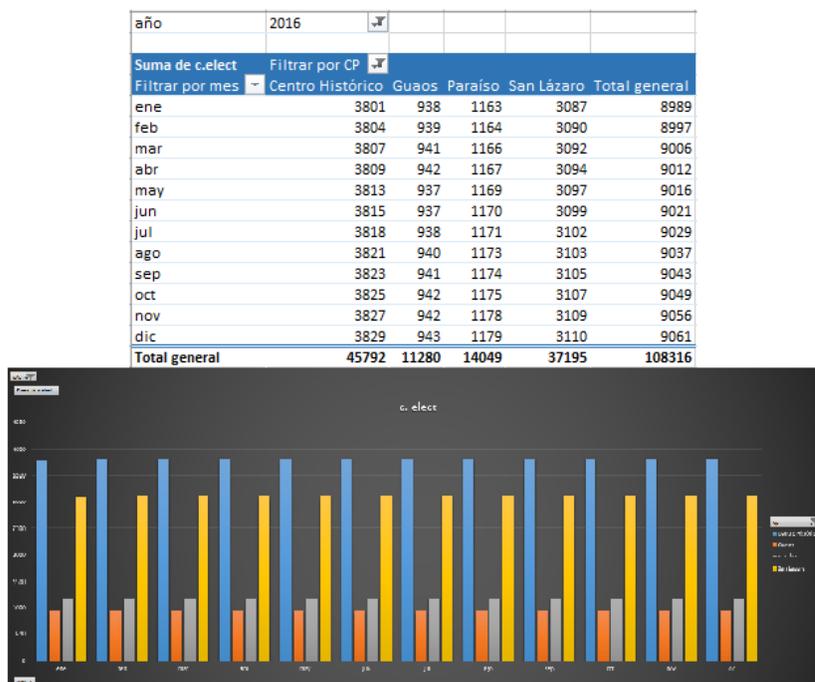
### 3.4.3.1 Variables discretas

Para las variables discretas se utiliza la tabulación de datos:

- Población y hogares que usan cocción eléctrica

Se crea una base de datos que contiene la información referente a la población y la cantidad de hogares que usan cocción eléctrica de los 19 Consejos Populares del municipio de Cienfuegos por mes, durante el período 2007-2016, a partir de los datos proporcionados por la ONEI.

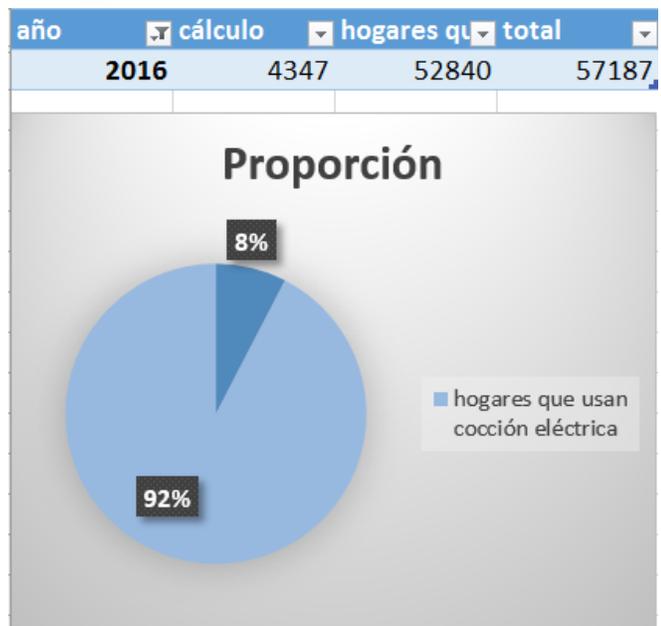
La base de datos está compuesta por gráficos y tablas dinámicas que filtran los datos por mes, Consejo Popular, y año, siendo este último el filtro principal. En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de la variable hogares que usan cocción eléctrica en cuatro de los CP del municipio (Centro Histórico, Guaos, San Lázaro y Paraíso), para el año 2016.



**Figura 3.2:** Ejemplo de la base de datos de población y hogares que usan cocción eléctrica.

**Fuente:** Elaboración propia

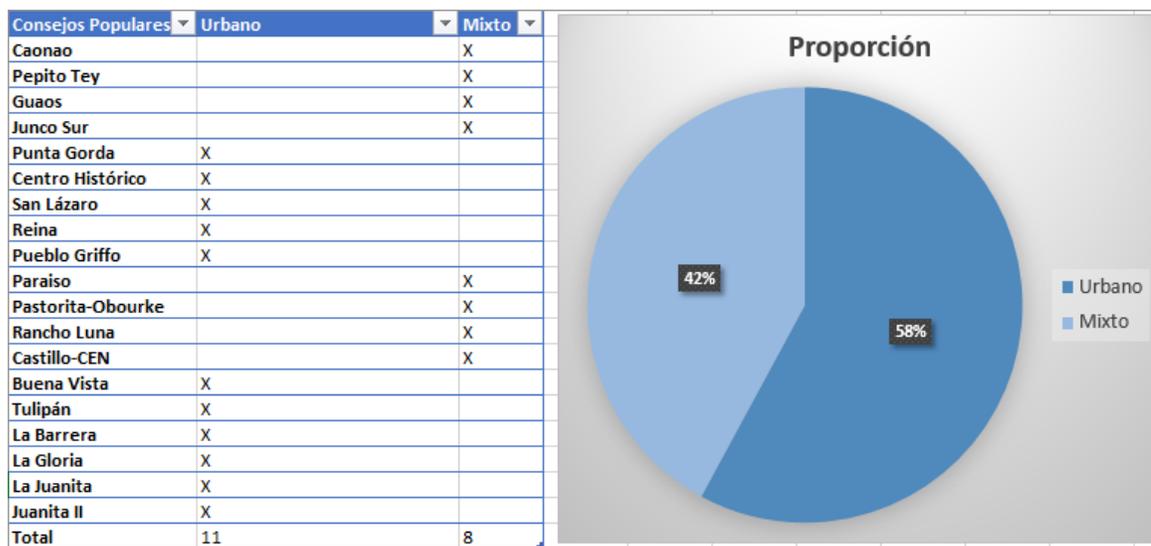
Dicha base de datos contiene además, un gráfico y una tabla dinámica que muestran la proporción de hogares que usan cocción eléctrica respecto al total de hogares del municipio de Cienfuegos en la figura 3.3 se muestra un ejemplo para el año 2016.



**Figura 3.3:** Ejemplo de proporción de hogares que usan cocción eléctrica respecto al total de hogares del municipio de Cienfuegos para el año 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

- Ubicación

Se crea una base de datos que contiene la información referente a la ubicación, según el criterio de urbano o mixto de la Dirección Provincial de Planificación Física, de los 19 Consejos Populares del municipio de Cienfuegos, (ver figura 3.4).



**Figura 3.4:** Base de datos de la variable ubicación. **Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4.3.1 Variables continuas

Para las variables continuas se utiliza la tabulación de datos y el ajuste de distribución. Por generalidad, el consumo de energía eléctrica se ajusta a una distribución normal (Correa et al, 2014); en el sector residencia el comportamiento es similar (Agüero, 2016; Aureliano, 2016;



Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016); por lo que solo que comprobará para la variable de respuesta, no así para las variables independientes pues su comportamiento depende de otros factores.

- Consumo de energía eléctrica

Se crea una base de datos que contiene la información referente al consumo de energía eléctrica de los 19 Consejos Populares del municipio de Cienfuegos por mes, durante el período 2007-2016, a partir de los datos proporcionados por la OBE.

La base de datos está compuesta por gráficos y tablas dinámicas que filtran los datos por mes, Consejo Popular y año, siendo este último el filtro principal. En la figura 3.5 se muestra un ejemplo de cuatro de los CP del municipio (Buena Vista, Centro Histórico, Guaos, Juanita II), para el año 2016.

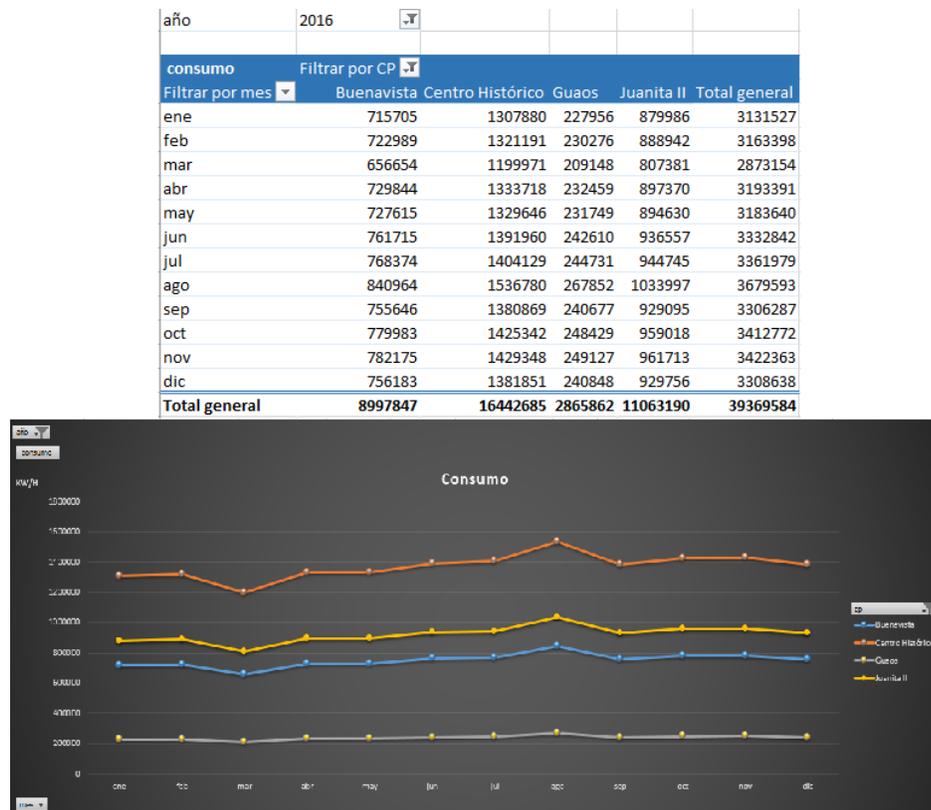


Figura 3.5: Ejemplo de la base de datos del consumo de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realiza el análisis de ajuste de distribución del consumo de energía eléctrica, que se muestra en el anexo 12.

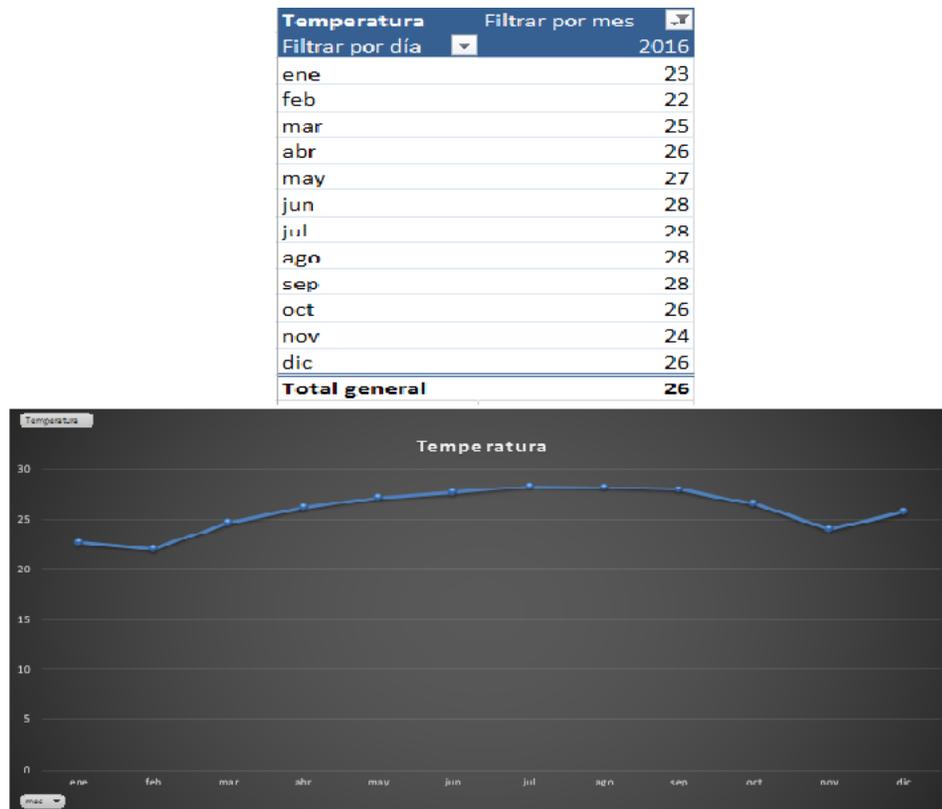
- Temperatura seca del aire, humedad relativa, temperatura de bochorno y DGE

Se crea una base de datos que contiene la información referente a la temperatura seca del aire, humedad relativa, temperatura de bochorno y DGE del municipio de Cienfuegos, durante el



período 2007-2016, a partir de los datos calculados y proporcionados por la página web Meteomurcia.

La base de datos está compuesta por gráficos y tablas dinámicas que filtran los datos por mes y año, siendo este último el filtro principal. En la figura 3.6 se muestra un ejemplo de la variable temperatura seca del aire para el año 2016.



**Figura 3.5:** Ejemplo de la base de datos de temperatura seca del aire, humedad relativa, temperatura de bochorno y DGE del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.4 Etapa 4: Diseño de indicadores energéticos en el sector residencial

#### 3.4.4.1 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

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



(2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utiliza la leyenda contenida en el anexo 11.

A continuación, se muestra el Modelo de Regresión Lineal de cada uno de los 19 CP del municipio de Cienfuegos:

- Caonao

**Tabla 3.11:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Caonao. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	69.9616	76.1035	77.9265	77.7836	77.6067
<b>CME</b>	2.4967E9	1.9862E9	1.83468E9	1.84656E9	78.5476
<b>C<sub>p</sub></b>	42.2854	10.8537	2.3434	4.09148	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>1</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>1</sub> y H <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>1</sub> y H <sub>1</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Caonao responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y1 = 33381.7 - 6823.75 \cdot X1 + 11929.6 \cdot X3 + 539.837 \cdot H1$$

- Pepito Tey

**Tabla 3.12:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Pepito Tey. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	71.8751	77.9128	81.6842	82.0818	81.9348
<b>CME</b>	3.21455E8	2.52447E8	2.09341E8	2.04797E8	2.06477E8
<b>C<sub>p</sub></b>	67.7087	29.0485	5.60898	4.06395	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>1</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>2</sub>	X <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> y H <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> y H <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> y H <sub>2</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Pepito Tey responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y2 = 260344 + 382.554 \cdot X2 + 2120.11 \cdot X3 - 94.144 \cdot P2 + 311.686 \cdot H2$$



- Guaos

**Tabla 3.13:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Guaos. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	70.0016	76.3193	78.8255	80.3447	80.2632
<b>CME</b>	2.46756E8	1.94789E8	1.74174E8	1.61677E8	1.62348E8
<b>C<sub>p</sub></b>	63.3509	26.3796	12.4503	4.52506	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> , P <sub>3</sub> y H <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>3</sub> y H <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>3</sub> y H <sub>3</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Guaos responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y3 = -190772 + 544.823 \cdot X2 + 1778.56 \cdot X3 + 43.1587 \cdot P3 + 196.214 \cdot H3$$

- Junco Sur

**Tabla 3.14:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Junco Sur. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	65.1872	71.9924	74.6933	74.6052	74.436
<b>CME</b>	3.97608E9	3.19883E9	2.89035E9	2.90042E9	2.91974E9
<b>C<sub>p</sub></b>	44.6912	14.1837	2.83225	4.23882	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>4</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>4</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> y H <sub>4</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> y H <sub>4</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Junco Sur responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y4 = -72481.0 + 2643.43 \cdot X2 + 6399.3 \cdot X3 + 128.259 \cdot H4$$

- Punta Gorda



**Tabla 3.15:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Punta Gorda. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	67.5337	74.4744	76.8319	77.0034	76.9392
<b>CME</b>	67.8065	5.05159E9	4.58505E9	4.55109E9	4.56381E9
<b>C<sub>p</sub></b>	50.127	15.505	4.53972	4.67952	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>4</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>5</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>5</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>5</sub> y H <sub>5</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>5</sub> y H <sub>5</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Punta Gorda responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y5 = -56110.7 + 3357.48 \cdot X2 + 8396.31 \cdot X3 + 4.56825 \cdot P5 + 245.148 \cdot H5$$

- Centro Histórico

**Tabla 3.16:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Centro Histórico. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	73.2949	80.5264	82.3731	82.2578	82.1033
<b>CME</b>	7.23101E9	5.27291E9	4.77287E9	4.8041E9	4.84593E9
<b>C<sub>p</sub></b>	60.0777	13.3091	2.2513	4.00742	6.0
<b>Variables incluidas</b>	P <sub>6</sub>	X <sub>3</sub> y P <sub>6</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y P <sub>6</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y P <sub>6</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>6</sub> y H <sub>6</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Centro Histórico responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y6 = -7.06625E6 + 3375.66 \cdot X2 + 10669.5 \cdot X3 + 814.784 \cdot P6$$

- San Lázaro

**Tabla 3.17:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular San Lázaro. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).



Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	1.14728E9	73.6189	75.9737	75.8159	75.6296
<b>CME</b>	67.0005	9.17176E8	8.35307E8	8.40793E8	8.47271E8
<b>C<sub>p</sub></b>	43.7817	12.6531	2.36196	4.12073	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>7</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>7</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>7</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>7</sub> y H <sub>7</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>7</sub> y H <sub>7</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP San Lázaro responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y7 = -63407.4 + 1371.74 \cdot X2 + 3551.75 \cdot X3 + 105.235 \cdot H7$$

- Reina

**Tabla 3.18:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Reina. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	59.8293	68.8326	71.6508	71.6601	71.5035
<b>CME</b>	9.28145E8	7.20123E8	6.55008E8	6.54795E8	6.58413E8
<b>C<sub>p</sub></b>	50.3409	13.9658	3.4001	4.36797	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>8</sub>	X <sub>2</sub> y H <sub>8</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>8</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>8</sub> y H <sub>8</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>8</sub> y H <sub>8</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Reina responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y8 = -59095.4 + 1420.33 \cdot X2 + 2870.71 \cdot X3 + 64.8991 \cdot H8$$

- Pueblo Griffo

**Tabla 3.19:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Pueblo Griffo. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	71.0593	77.6343	80.1423	80.5033	80.6186



<b>CME</b>	2.95823E9	2.28615E9	2.02979E9	1.99289E9	1.9811E9
<b>C<sub>p</sub></b>	60.2005	21.0155	6.85079	5.68414	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>9</sub>	X <sub>3</sub> yH <sub>9</sub>	X <sub>3</sub> , P <sub>9</sub> y H <sub>9</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>9</sub> yH <sub>9</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>9</sub> yH <sub>9</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Pueblo Griffo responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_9 = 487936. + 1130.99*X_2 + 6983.91*X_3 - 26.6067*P_9 + 64.4438*H_9$$

- Paraíso

**Tabla 3.20:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Paraíso. **Fuente:**Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
<b>R<sup>2</sup><sub>ajustada</sub></b>	71.0593	77.6343	80.1423	80.5033	80.6186
<b>CME</b>	2.95823E9	2.28615E9	2.02979E9	1.99289E9	1.9811E9
<b>C<sub>p</sub></b>	60.2005	21.0155	6.85079	5.68414	6.0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>10</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>10</sub>	X <sub>3</sub> , P <sub>10</sub> y H <sub>10</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>10</sub> yH <sub>10</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>10</sub> yH <sub>10</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Paraíso responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{10} = 29921.1 + 1617.53*X_2 + 3327.75*X_3 + 10.6466*P_{10} + 59.2676*H_{10}$$

- Pastorita-Obourke

**Tabla 3.21:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Pastorita. **Fuente:**Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
<b>R<sup>2</sup><sub>ajustada</sub></b>	59,1581	69,0905	72,4043	72,4747	72,2355



<b>CME</b>	2,01149E9	1,52231E9	1,35911E9	1,35564E9	1,36742E9
<b>C<sub>p</sub></b>	57,5793	16,2529	3,29483	4,00903	6,0
<b>Variables incluidas</b>	P <sub>11</sub>	X <sub>2</sub> y P <sub>11</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y P <sub>11</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y P <sub>11</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>11</sub> y H <sub>11</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Pastorita responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

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

- Rancho Luna

**Tabla 3.22:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Rancho Luna. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
<b>R<sup>2</sup><sub>ajustada</sub></b>	70,9763	77,3316	79,4909	80,8208	80,6728
<b>CME</b>	6,0353E7	4,71376E7	4,26475E7	3,98821E7	3,98821E7
<b>C<sub>p</sub></b>	61,201	23,2266	11,0939	4,11964	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>12</sub>	X <sub>3</sub> y H <sub>12</sub>	X <sub>3</sub> , P <sub>12</sub> y H <sub>12</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>12</sub> y H <sub>12</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>12</sub> y H <sub>12</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Rancho Luna responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{12} = -57286.7 - 130.406 \cdot X_2 + 906.129 \cdot X_3 + 26.8721 \cdot P_{12} + 89.1507 \cdot H_{12}$$

- Castillo-CEN

**Tabla 3.23:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Castillo-CEN. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).



Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	45,33	61,4006	64,1104	65,4482	66,1194
<b>CME</b>	6,1322E9	4,3296E9	4,02565E9	3,87559E9	3,8003E9
<b>C<sub>p</sub></b>	74,4058	19,2956	10,8785	7,27828	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>13</sub>	X <sub>2</sub> y H <sub>13</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>13</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>13</sub> y H <sub>13</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>13</sub> y H <sub>13</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Castillo-CEN responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{13} = -304453 + 22324.4 \cdot X_1 - 2220.19 \cdot X_2 - 7099.51 \cdot X_3 + 37.0097 \cdot P_{13} + 127.253 \cdot H_{13}$$

- Buena Vista

**Tabla 3.24:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Buena Vista. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	52,9162	65,2166	68,0969	69,5884	69,5628
<b>CME</b>	3,81776E9	2,82038E9	2,58684E9	2,4659E9	2,46798E9
<b>C<sub>p</sub></b>	66,5364	19,7067	9,58673	4,90342	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>14</sub>	X <sub>2</sub> y H <sub>14</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>14</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>14</sub> y H <sub>14</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>14</sub> y H <sub>14</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Buena Vista responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{14} = 469187 - 2460.11 \cdot X_2 + 9491.62 \cdot X_3 - 25.0777 \cdot P_{14} + 126.762 \cdot H_{14}$$

- Tulipán



**Tabla 3.25:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Tulipán. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	49,6858	63,506	66,3853	66,3888	66,2466
<b>CME</b>	1,25576E10	9,10834E9	8,3897E9	8,38884E9	8,42432E9
<b>C<sub>p</sub></b>	59,8959	12,5	3,52331	4,51565	6,0
<b>Variables incluidas</b>	E	BE	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>15</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>15</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>15</sub> y H <sub>15</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP Tulipán responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{15} = -67098.9 + 29404.6 \cdot X_1 - 3355.5 \cdot X_2 - 6557.17 \cdot X_3 + 325.671 \cdot H_{15}$$

- La Barrera

**Tabla 3.26:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular La Barrera. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	59,2137	68,7312	71,5297	71,7434	71,606
<b>CME</b>	2,02305E8	1,55097E8	1,41216E8	1,40156E8	1,40838E8
<b>C<sub>p</sub></b>	53,4996	14,8458	4,31152	4,44322	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>16</sub>	X <sub>2</sub> y H <sub>16</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>16</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>16</sub> y H <sub>16</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>16</sub> y H <sub>16</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP La Barrera responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{16} = 62460.6 - 476.497 \cdot X_2 + 2265.46 \cdot X_3 - 3.25476 \cdot P_{16} + 38.9227 \cdot H_{16}$$

- La Gloria

**Tabla 3.27:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular La Gloria. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).



Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	58,0733	67,9289	70,6898	71,355	71,2835
<b>CME</b>	2,07962E8	1,59077E8	1,45383E8	1,42083E8	1,42438E8
<b>C<sub>p</sub></b>	56,2824	16,6675	6,39819	4,71369	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>17</sub>	X <sub>2</sub> y H <sub>17</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> y H <sub>17</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>17</sub> yH <sub>17</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>17</sub> yH <sub>17</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP La Gloria responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{17} = -7992.61 + 1.28993 \cdot P_{17} - 447.81 \cdot X_2 + 2297.72 \cdot X_3 + 45.6078 \cdot H_{17}$$

- La Juanita

**Tabla 3.28:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular La Juanita. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	73,6873	79,1746	80,2254	80,0585	79,8846
<b>CME</b>	4,74369E9	3,75443E9	3,56501E9	3,5951E9	3,62644E9
<b>C<sub>p</sub></b>	38,3541	7,12942	2,03492	4,00604	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>18</sub>	X <sub>3</sub> yH <sub>18</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> yH <sub>18</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> yH <sub>18</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>18</sub> yH <sub>18</sub>

El modelo de regresión seleccionado para el CP La Juanita responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{18} = 17393.5 - 706.764 \cdot X_2 + 8835.02 \cdot X_3 + 255.735 \cdot H_{18}$$

- Juanita II

**Tabla 3.29:** Criterio de evolución por número de variables independientes para el Consejo Popular Juanita II. **Fuente:** Elaboración propia a partir del procedimiento de Kialashaki & Reisel, (2013).

Número de variables independientes	1	2	3	4	5
$R^2_{ajustada}$	72,8173	78,5826	79,7349	79,5797	79,4085
<b>CME</b>	3,33206E9	2,62534E9	2,4841E9	2,50312E9	2,52411E9



<b>C<sub>p</sub></b>	39,771	7,6926	2,16117	4,04378	6,0
<b>Variables incluidas</b>	H <sub>19</sub>	X <sub>3</sub> yH <sub>19</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> yH <sub>19</sub>	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>19</sub> yH <sub>19</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , P <sub>19</sub> yH <sub>19</sub>

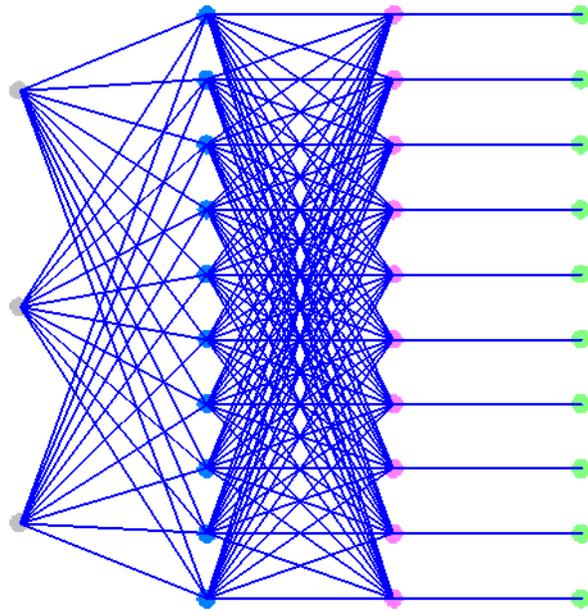
El modelo de regresión seleccionado para el CP Juanita II responde a los criterios de decisión, la R-Cuadrada ajustada (mayor) y la estadística Cp (menor) quedando la recta resultante:

$$Y_{19} = 8981.92 + 223.972 \cdot H_{19} - 656.741 \cdot X_2 + 7577.25 \cdot X_3$$

#### 3.4.4.2 Redes neuronales

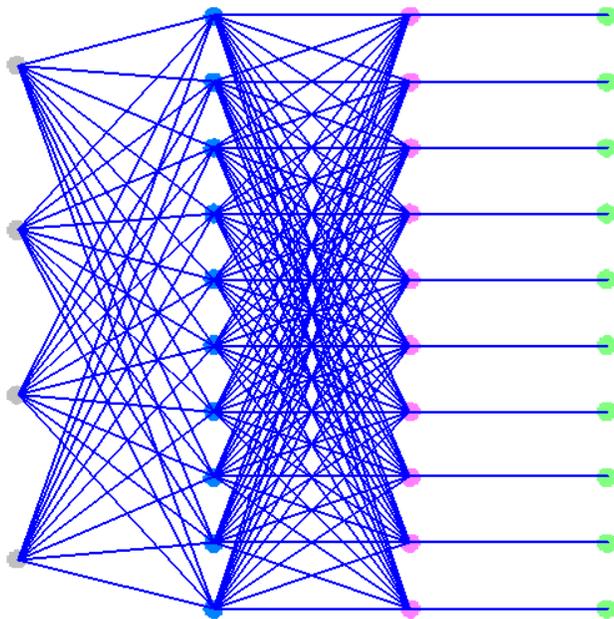
Para la predicción del consumo de energía eléctrica por CP y municipal se utiliza el Método de Clasificación de Redes Neuronales, como herramienta para la toma de decisiones sobre el tema de consumo energético por CP. En la figura 3.6 se muestra un ejemplo para tres variables, tomando como referencia el CP Pastorita; en la figura 3.7 uno para cuatro variables, siendo el CP Rancho Luna y en la figura 3.8 uno para cinco variables para el CP Castillo-CEN.

En esta investigación se dejan propuestas las redes neuronales para cada CP, sin embargo, no se desarrollan, pues se necesita realizar la fase de entrenamiento y aprendizaje. La red neuronal propicia la predicción del consumo de energía eléctrica por CP como un elemento de la planificación energética, planteada en la NC-ISO 50001:2011 "Sistemas de gestión de la energía", pues al darle las entradas pronosticadas de las variables independientes a la red neuronal para el período  $j$ , se predice el consumo de energía eléctrica para cada CP.



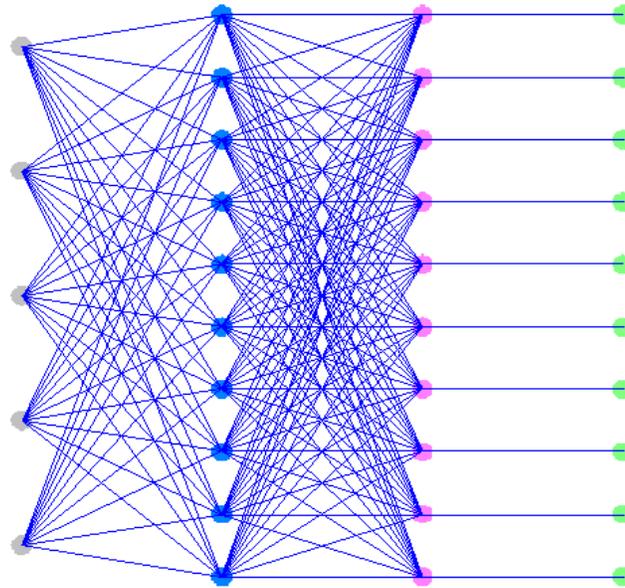
Capa de captura Capa de patrón Capa de sumatoria Capa de salida  
 (3 variables) (120 casos) (10 neuronas) (10 grupos)

**Figura 3.6:** Ejemplo de red neuronal con tres variables para el CP Pastorita.  
**Fuente:**Elaboración propia.



Capa de captura Capa de patrón Capa de sumatoria Capa de salida  
 (4 variables) (120 casos) (10 neuronas) (10 grupos)

**Figura 3.7:** Ejemplo de red neuronal con cuatro variables para el CP Rancho Luna.  
**Fuente:**Elaboración propia.



Capa de captura    Capa de patrón    Capa de sumatoria    Capa de salida  
 (5 variables)    (120 casos)    (10 neuronas)    (10 grupos)

**Figura 3.8:** Ejemplo de red neuronal con cinco variables para el CP Castillo-CEN.

**Fuente:**Elaboración propia.

#### 3.4.4.2 Propuesta de línea base energética (LB) e indicadores energéticos ( $E_nPI$ )

En consonancia con la Norma Internacional ISO 50006: 2014 “*Energy management-measuring energy baselines ( $E_nB$ ) and energy performance indicator ( $E_nPI$ ) general principles and guidance*” en la gestión de la energía local deben quedar definidas las líneas bases energéticas (LB) e indicadores energéticos ( $E_nPI$ ), para medir el desempeño energético. En esta investigación se proponen, para el sector residencial, las líneas bases energéticas por CP ( $LB_{cp}$ ), la línea base energética municipal ( $LB_m$ ) y los indicadores para evaluar el desempeño energético de los 19 CP ( $E_nPI_{cpi}$ ) y del municipio Cienfuegos ( $E_nPI_m$ ).

Las líneas bases energéticas para cada CP ( $LB_{cpi}$ ), que se expresan en kWh, fueron determinadas por la recta de regresión lineal múltiple con mejor ajuste por CP. En la tabla 3.30 se muestran los resultados.



Tabla 3.30: Líneas Bases energéticas para cada CP ( $LB_{CPi}$ ). Fuente: Elaboración propia.

No.	CP	$LB_{CPi}$
1	Caonao	$LB_{CP1} = 33381.7 - 6823.75*X1 + 11929.6*X3 + 539.837*H1$
2	Pepito Tey	$LB_{CP2} = 260344 + 382.554*X2 + 2120.11*X3 - 94.144*P2 + 311.686*H2$
3	Guaos	$LB_{CP3} = -190772 + 544.823*X2 + 1778.56*X3 + 43.1587*P3 + 196.214*H3$
4	Junco Sur	$LB_{CP4} = -72481.0 + 2643.43*X2 + 6399.3*X3 + 128.259*H4$
5	Punta Gorda	$LB_{CP5} = -56110.7 + 3357.48*X2 + 8396.31*X3 + 4.56825*P5 + 245.148*H5$
6	Centro Histórico	$LB_{CP6} = -7.06625E6 + 3375.66*X2 + 10669.5*X3 + 814.784*P6$
7	San Lázaro	$LB_{CP7} = -63407.4 + 1371.74*X2 + 3551.75*X3 + 105.235*H7$
8	Reina	$LB_{CP8} = -59095.4 + 1420.33*X2 + 2870.71*X3 + 64.8991*H8$
9	Pueblo Griffo	$LB_{CP9} = 487936. + 1130.99*X2 + 6983.91*X3 - 26.6067*P9 + 64.4438*H9$
10	Paraiso	$LB_{CP10} = 29921.1 + 1617.53*X2 + 3327.75*X3 + 10.6466*P10 + 59.2676*H10$
11	Pastorita-Obourke	$LB_{CP11} = 101010. - 1556.32*X2 + 7358.93*X3 + 28.4635*P11$
12	Rancho Luna	$LB_{CP12} = -57286.7 - 130.406*X2 + 906.129*X3 + 26.8721*P12 + 89.1507*H12$
13	Castillo-CEN	$LB_{CP13} = -304453 + 22324.4*X1 - 2220.19*X2 - 7099.51*X3 + 37.0097*P13 + 127.253*H13$
14	Buena Vista	$LB_{CP14} = 469187 - 2460.11*X2 + 9491.62*X3 - 25.0777*P14 + 126.762*H14$
15	Tulipán	$LB_{CP15} = -67098.9 + 29404.6*X1 - 3355.5*X2 - 6557.17*X3 + 325.671*H15$
16	La Barrera	$LB_{CP16} = 62460.6 - 476.497*X2 + 2265.46*X3 - 3.25476*P16 + 38.9227*H16$
17	La Gloria	$LB_{CP17} = -7992.61 + 1.28993*P17 - 447.81*X2 + 2297.72*X3 + 45.6078*H17$
18	La Juanita	$LB_{CP18} = 17393.5 - 706.764*X2 + 8835.02*X3 + 255.735*H18$
19	Juanita II	$LB_{CP19} = 8981.92 + 223.972*H19 - 656.741*X2 + 7577.25*X3$

La línea base energética municipal ( $LB_m$ ) queda determinada como se muestra en la siguiente expresión:

$$LB_m = \sum LB_{CPi}$$

Se propone como indicadores energéticos para el sector residencial por CP ( $EnPI_{CPi}$ ) y para el municipio ( $EnPI_m$ ) los siguientes:



- Indicador energético sector residencial por CP

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

donde:

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

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

$\text{Consumo LB}_{CPI \text{ período } j}$ : consumo planificado para el período  $j$  determinado por la  $LB_{CPI}$ <sup>6</sup>

- Indicador energético sector residencial municipal

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

donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

El rango de decisión de  $EnPI_{CPI}$  y  $EnPI_m$  según sus resultados, se muestra en la tabla 3.31:

Tabla 3.31: Rango de decisión de  $EnPI_{CPI}$  y  $EnPI_m$ . Fuente: Elaboración propia.

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

### 3.5 Conclusiones parciales del capítulo

1. Se propone el diseño de una metodología para la propuesta de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, a partir del estudio y análisis de diferentes metodologías de diseño de indicadores, utilizándose el análisis clúster o conglomerados para la determinación de las etapas que deben integrarla.
2. En la aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba se definen las variables independientes y de respuesta, se crean

<sup>6</sup> El consumo para el período  $j$  también se puede predecir con la utilización de la red neuronal diseñada para el Consejo Popular  $i$ .



BDs, se realizan análisis de normalidad y regresión lineal múltiple, para la selección del mejor modelo que predice una única variable respuesta (consumo de energía eléctrica), a partir de las variables independientes (temperatura seca del aire, temperatura de bochorno, humedad relativa, población y hogares que usan cocción eléctrica); estas variables se utilizan para la propuesta de redes neuronales para los 19 CP que pueden ser aplicadas en la predicción del consumo de energía eléctrica.

3. Se proponen las líneas bases energéticas para el sector residencial por CP ( $LB_{CPI}$ ) y el municipio ( $LB_m$ ) para la planificación de la energía, así como indicadores energéticos para los CP ( $EnPI_{CPI}$ ) y un indicador municipal ( $EnPI_m$ ).

*Conclusiones*



## Conclusiones Generales

1. Los indicadores energéticos en Cuba han sido desarrollados en todos los sectores de la economía pero, en el sector residencial, solo se considera el consumo de energía en los hogares por año y fuente energética a nivel nacional, sin conocer los comportamientos de las provincias y municipios.
2. La gestión energética local en el municipio presenta deficiencias, debido a que la información energética se encuentra dispersa y gestionada por diferentes actores, lo que no propicia una adecuada toma de decisiones por el gobierno local, determinándose cuatro causas potenciales que afectan la gestión energética local.
3. Se diseña la metodología para la propuesta de indicadores energéticos para el sector residencial y se aplica parcialmente en el municipio de Cienfuegos, dando como resultados la determinación de las variables independientes y de respuesta, con las cuales se identifican las que inciden en el consumo de energía eléctrica en los CP, que permitieron la determinación de líneas bases energéticas para el sector residencial por CP ( $LB_{CPI}$ ) y el municipal ( $LB_m$ ) e indicadores energéticos para los CP ( $EnPI_{CPI}$ ) y un indicador municipal ( $EnPI_m$ ).

# *Recomendaciones*



## Recomendaciones

Se recomienda:

- Culminar el diseño de las redes neuronales por CP, que permita la predicción del consumo de energía eléctrica.
- Concluir la aplicación de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, referente a las etapas: aplicación de indicadores energéticos para el sector residencial, validación de indicadores energético para el sector residencial y mejora continua.

# *Bibliografía*



## Bibliografía

- Aceituno, D. S. (2011). *Eficiencia energética en el sector industrial*. Leganes. España
- Agüero, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético de los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Cen y Rancho Luna. (Trabajo de Diploma)* Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- AIE. (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas*. Paris: IEA PUBLICATIONS.
- Ansuategi, A., Delgado, J., & Galarraga, I. (2015). *Green Energy and Efficiency. An economic perspective*. Springer.
- Antunes, P., Carreira, P., & da\_Silva, M. (2014). *Towards an energy management maturity model (73). Energy policy*.
- Arencibia, A. (2014). *La gestión del conocimiento en energía para municipios cubanos. Cubasolar, 2014a*. Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia47/HTML/Articulo10.htm>.
- Aroonruengsawat, A., & Auffhammer, M. (2011). *Impacts of Climate Change on Residential Electricity Consumption Evidence from Billing Data*. University of Chicago Press.
- Aureliano, G. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Buena Vista, Tulipán y La Barrera. (Trabajo de Diploma)* Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos. (Tesis de Grado)*, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Beltran, J. M. (2009). *Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad*. 3R Editores.
- Bird, S., & et\_al. (2014). *Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. Energy for Sustainable Development*.
- Borroto, A. (2006). *Gestión y economía energética. Cienfuegos: Universo Sur*.

- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*.
- Bruckner, T., & et\_al. (1997). *Competition and technologies synergy in municipal between energy systems*.
- Butera, F. (1998). *Moving towards municipal energy planning - the case of Palermo: the importance of non-technical issues*.
- Cabello, J., & et\_al. (2015). Bridging universities and industry through cleaner production activities. *Experiences*.
- Camejo, J. (2012). *Indicadores de gestión que son y cómo usarlo*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/indicadores-de-gestion-que-son-y-por-que-usarlos/>.
- Cantero, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina (Trabajo de Diploma)* Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Correa, J. (2016). *Gestión Energética Municipal en Cienfuegos, primeros resultados*. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos.
- Correa, J., & Cabello, J. (2016). *Gestión energética municipal. Una oportunidad para Cuba*. Ingeniería. *Energética en fase de revisión*.
- Correa, J., & et\_al. (2014). *Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011*.
- Diputación de Barcelona. (2012). *Indicadores de gestión deservicios municipales. Guía de interpretación*. Barcelona: DRG.
- Draw, P. (2012). *The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution*.
- Erario, S. (2010). *Local governments are critical to enforcing efficient building codes, such as the new Maine energy efficient building code. The Maine energy handbook*. Recuperado de <http://energy.gpcog.info>.
- Estiri, H. (2014). *Building and household X-factor and energy consumption at the residential sector. A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings*. Elsevier.

- Fenton, P., & et\_al. (2016). *Sustainable Energy and Climate Strategies: lessons from planning*. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.001>.
- Fernández, L. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griño y Paraíso. (Trabajo de Diploma)* Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Filippini, M., Hunt, L., & Zoric, J. (2014). *Impact of energy policy instruments on the estimated level of underlying energy efficiency in the EU residential sector*. Elsevier.
- Fleming, P., & et\_al. (2004). *Local and regional greenhouse gas management*. Energy Policy.
- García, J. (2006). *Eficiencia energética a nivel local: Los planes de Optimización Energética Municipal (POES) en la provincia de Jaén*. Sumuntán.
- Garzón, H. (2013). *Indicadores de gestión por procesos*.
- Genevieve, D., & et\_al. (2009). *Community energy planning in Canada: The role of renewable*.
- Gómez, A. (2016). *Mejora de la gestión del mantenimiento en la Universidad de Cienfuegos*.(Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- 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*.
- 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*.
- Guerrero, D. (2003). *Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los yacimientos minerales*. Moa, Holguín.
- Guerrero, H. (2015). *Estudio para la determinación de indicadores de eficiencia energética en el sector residencial del Distrito de Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador .
- Gutiérrez, H., & Vara, R. d. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). Mc Graw Hill.
- Haas, R. (1997). *Energy efficiency indicators in the residential sector*. Elsevier.

- Hager, T., & Morawicki, R. (2013). *Energy consumption during cooking in the residential sector of developed nations: A review*. Elsevier.
- Haller, M., & et\_al. (2013). *Dynamic whole system testing of combined renewable heating systemse. The current state of the art*. *Energy Build*.
- Huang, Z., & et\_al. (2015). *Methods and tools for community energy planning: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- ICLEI. (2011). *Local Government for Sustainability. The contribution of ICT to energy efficiency: Local and regional initiatives*. *Regional Environmental Centre*.
- Instituto de Meteorología de Murcia. (s.f.). *Meteomurcia*. Recuperado de <http://www.meteomurcia.com/manualmeteorologia.html#0411>.
- Inver, J. (2009). *Municipal Energy Planning – Scope and Method Development*. Dissertation no.1234. Department of Management and Engineering, Division for Environmental Technology and Management, Linköping Studies in Science and Technology.
- Isaac, M., & van\_Vuuren, D. (2009). *Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the of climate change*. *Energy Policy*.
- ISO. (2011). *ISO 50001: 2011. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*.
- ISO. (2014). *ISO 50006: 2014 Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance*.
- Jaramillo, J. M. (2009). *Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad*. 3R Editores.
- Jesoe, K., & Rapson, D. (2014). *Knowledge is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use*. *American Economic Review*.
- Johnson, R., & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. London: Prentice Hall.Londres.
- Kelly, S. (2011). *Do homes that are more energy efficient consume less energy?: A structural equation model of the English residential sector*. Elsevier.

- Kialashaki, A., & Reisel, J. (2013). *Modeling of the energy demand of the residential sector in the United States using regression models and artificial neural networks*. Elsevier.
- Krese, G., Prek, M., & Butala, V. (2012). *Analysis of building electric energy consumption*. Strojnikski vestnik-Journal.
- Lim, E. (2012). *Smart Energy Management for Small Municipalities*. *Strategic Energy Innovations*.
- Lim, G., & et\_al. (2010). *An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level*. Recuperado de <http://www.elsevier.com/locate/energy> . DOI:10.1016/j.energy.2010.01.042
- Little, R., & Rubin, D. (2002). *Statistical Analysis with Missing Data*.. New Jersey, Estados Unidos.: Wiley Interscience.
- John Wiley & Sons. López, H. M. (2015). *Estudio para la determinación de indicadores de eficiencia energética en el sector residencial del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador: Universidad de Quito.
- López, M., & et\_al. (2012). *Active occupation profiles in the residential sector in Spain as an indicator of energy consumption*.IEEE Xplore Digital Library.
- López-Rodríguez, M., Santiago, I., Trillo-Montero, D., Torriti, J., & Moreno-Munoz, A. (2013). *Analysis and modeling of active occupancy of the residential sector in Spain: An indicator of residential electricity consumption*. Elsevier.
- Mardookhy, M., Sawhney, R., Ji, S., Zhu, X., & Zhou, W. (2014). *A study of energy efficiency in residential buildings in Knoxville, Tennessee*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier..
- Martin\_del\_Rio, B., & Sanz, A. (2001). *Redes Neuronals. Sistemas Difusos* (2 edición ampliada y revisada ed.). Alfaomega-RaMa.
- Mata, É., Sasic, A., & Johnsson, F. (2013). *Energy usage and technical potential for energy saving measures in the Swedish residentialbuildingstock*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier.
- Matallanas, E., Castillo-Cagigal, M., Gutiérrez, A., Monasterio-Huelin, F., Caamaño-Martín, E., Masa, D., & Jiménez-Leube, J. (2012). *Neural network controlle for Active Demand-Side Management with PV energy in the residential sector*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier.

- MGM Innova. (2012). *Consultoría para el estudio del impacto de medidas y políticas de eficiencia energética en los sectores de consumo, sobre el balance de energía y sobre los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero en el corto y mediano plazo*. México DF, México.
- Monteagudo, J., & et\_al. (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa. *Revista Cubana de Gestión empresarial*.
- Municipio de Temuco. (2016). *Estrategia Energética Local de Temuco*. Santiago: Ernst Basler + Partner.
- Nápoles, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Gloria, Juanita I y Juanita II*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Nardo, M., & et\_al. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide, OECD Statistics Working Paper, STD/DOC*.
- 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*.
- Nie, H., & Kemp, R. (2014). *Index decomposition analysis of residential energy consumption in China: 2002–2010*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier.
- Olaniyan, M., & Evans, J. (2014). *The importance of engaging residential energy customers' hearts and minds*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier.
- ONEI. (2015). *Anuario Estadístico de Cuba 2014*.
- ONEI. (2016a). *Anuario Estadístico de Cuba 2015*.
- ONEI. (2016b). *Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015*.
- ONEI. (2016c). *Anuario Estadístico Municipal*.
- 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.

- Rad, F. D. (2010). *Application of Local Energy Indicators in Municipal Energy Planning: A New Approach Towards Sustainability*. Lund.
- Rodríguez, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Punta Gorda y Junco Sur* (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Rojas, R. (2014). *Energía en Cuba: iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables. Progreso Semanal*. Recuperado de <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>
- Rolfsman, B. (2004). *Optimal supply and demand investments in municipal energy systems. Energy Conversion and Management*.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*.
- Secretaría de Energía. (2011). *Indicadores de eficiencia energética en México*. Mexico DF, México.
- Soto, A. M., & Jentsch, M. (2015). *Comparison of prediction models for determining energy demand in the residential sector of a country*. Tennessee, Estados Unidos: Elsevier.
- Sperling, K., & et\_al. (2011). *Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark*. Energy Policy.
- Spiegel, M. (1991). *Estadística* (Segunda ed.). Schaum.
- Styles, D., Schonberger, H., & Galvez, J. (2013). *Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector. Publications Office of the European Union*. Recuperado de <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/>.
- Sundberg, G., & Karlsson, B. (2000). *Interaction effects in optimizing a municipal energy system*.
- Swan, L., & Ugursal, V. (2009). *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*. Elsevier.
- Tabares, H., & Hernández, J. (2009). *Aproximación por lógica difusa de la serie de tiempo "demanda diaria de energía"*. España: Ing. Univ. Antioquia.

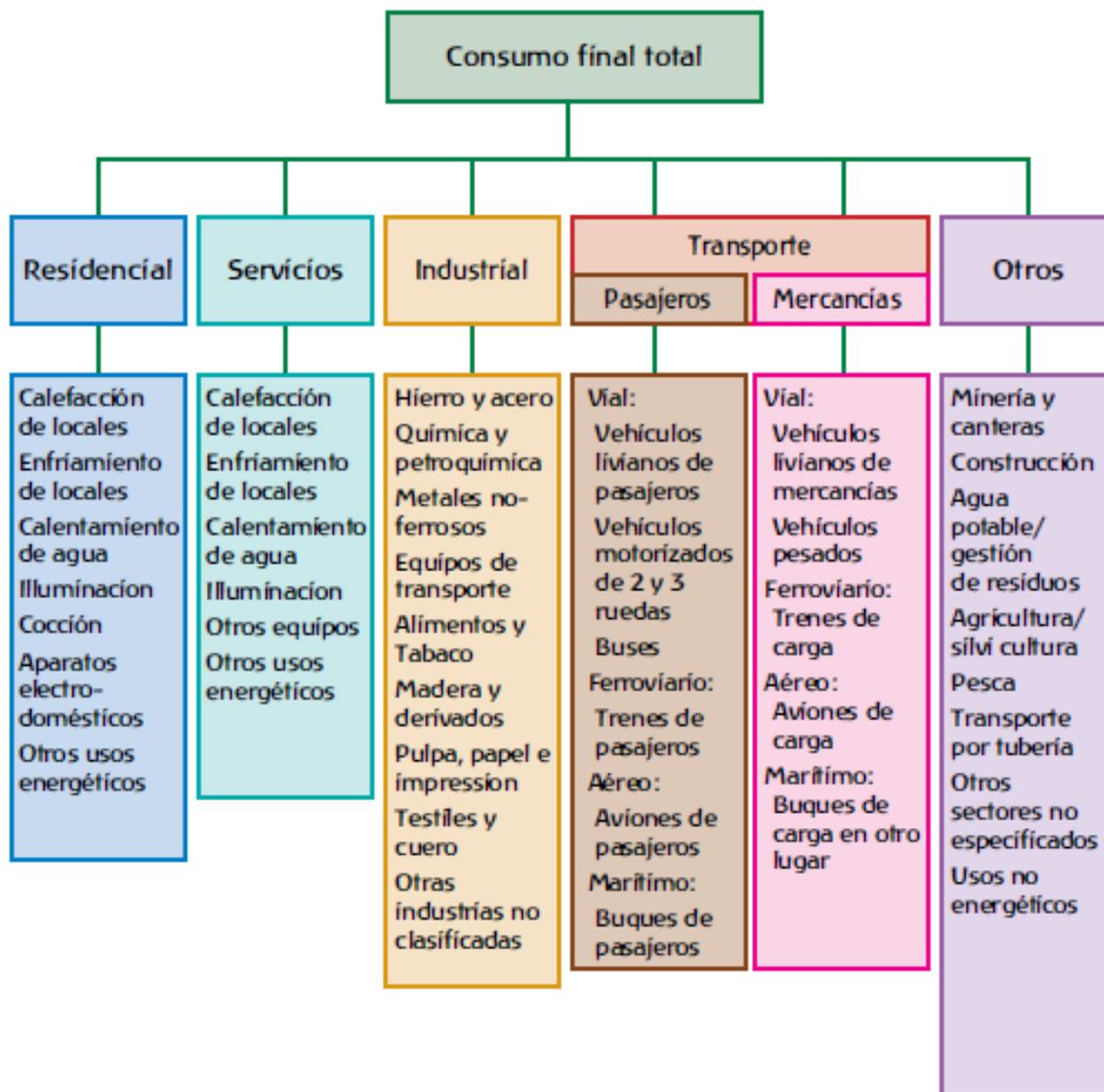
- Tso, G., & Guan, J. (2014). *A multilevel regression approach to understand effects of environment indicators and household features on residential energy consumption*. Elsevier.
- Van, L., & et\_al. (2003). *Market Leadership by Example: Government Sector Energy Efficiency in Developing Countries*. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), the US Agency for International Development (US AID), and the Assistant Secretary for Energy Efficiency and Rene.
- Vucicevi, B., Jovanovic, M., Afgan, N., & Turanjanin, V. (2014). *Assessing the sustainability of the energy use of residential buildings in Belgrade through multi-criteria analysis*. Elsevier.
- Wahlström, M. H., & Hårsman, B. (2015). *Residential energy consumption and conservation*. Elsevier.
- Weather Underground*. (s.f.). Recuperado de <https://www.wunderground.com/history/airport/MUCF>.
- Wene, C., & Rydén, B. (1988). *Wene, C., & Ryd A comprehensive energy model in the municipal energy planning process*. European Journal of Operational.
- Wilson, E. (2008). *Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural electric co-operatives and small municipal utilities*. Estados Unidos: Energy Policy.
- Wohlgemuth, N. (1999). *Cost benefit indicators associated with the integration of alternative energy sources: a systems approach for Carinthia, Austria*. Renewable.
- Xu, X., & Ang, B. (2014). *Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis*. Elsevier.
- Yang, L., & et\_al. (2011). *A new method to develop typical weather years in different climates for building energy use studies*.
- Zhu, Y., & et\_al. (2011). *An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning municipal energy systems – A case study of Beijing*.
- Zia, H., & Deyadas, V. (2007). *Energy management in Lucknow city*. Energy Policy. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001589>. doi:10.1016/j.enpol.2007.04.018





# Anexos

Anexo1: Desagregación de sectores, sub-sectores, y usos finales en la metodología AIE de indicadores energéticos. Fuente: (AIE, 2015)



Anexo 2: Los consumos de energía eléctrica por los sectores estatales y privados. Fuente: (Correa J. , 2016)

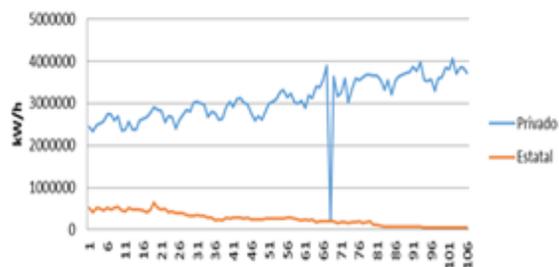


Figura 1: Sucursal Bahía

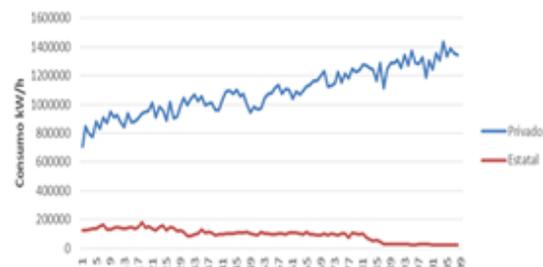


Figura 2: Sucursal Caonao

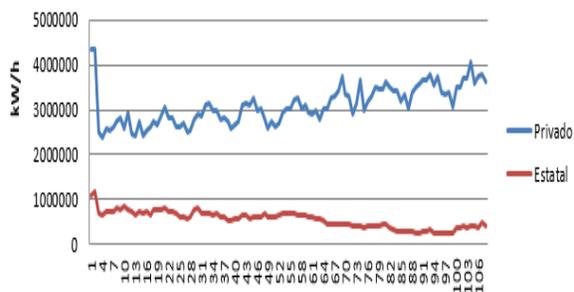


Figura 3: Sucursal Centro

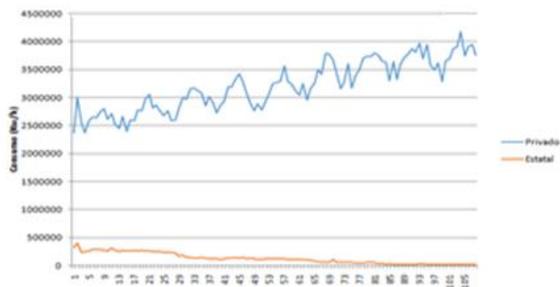


Figura 4: Sucursal Gloria o Calzada

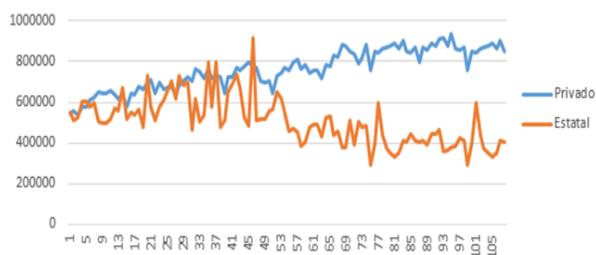
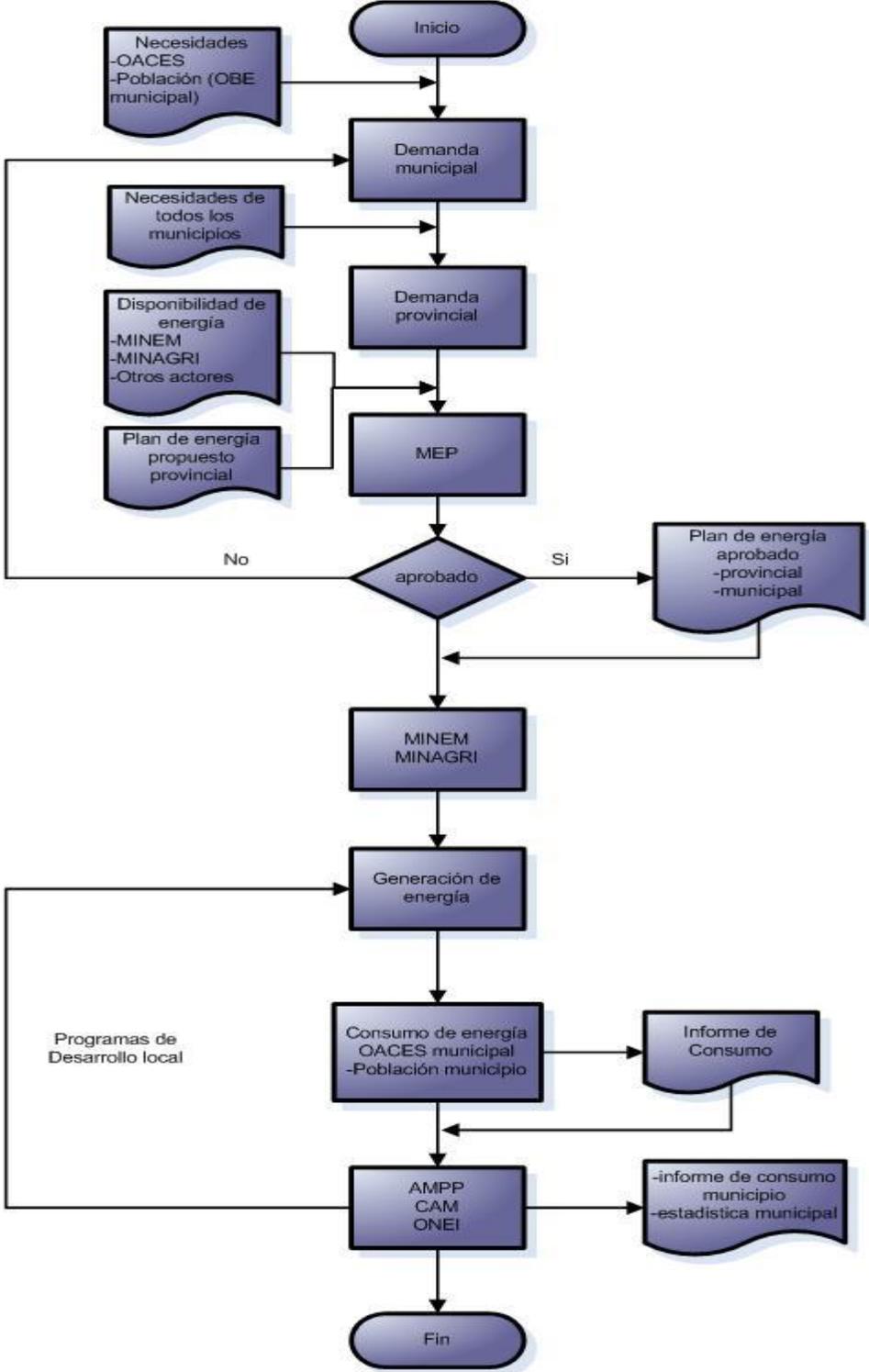
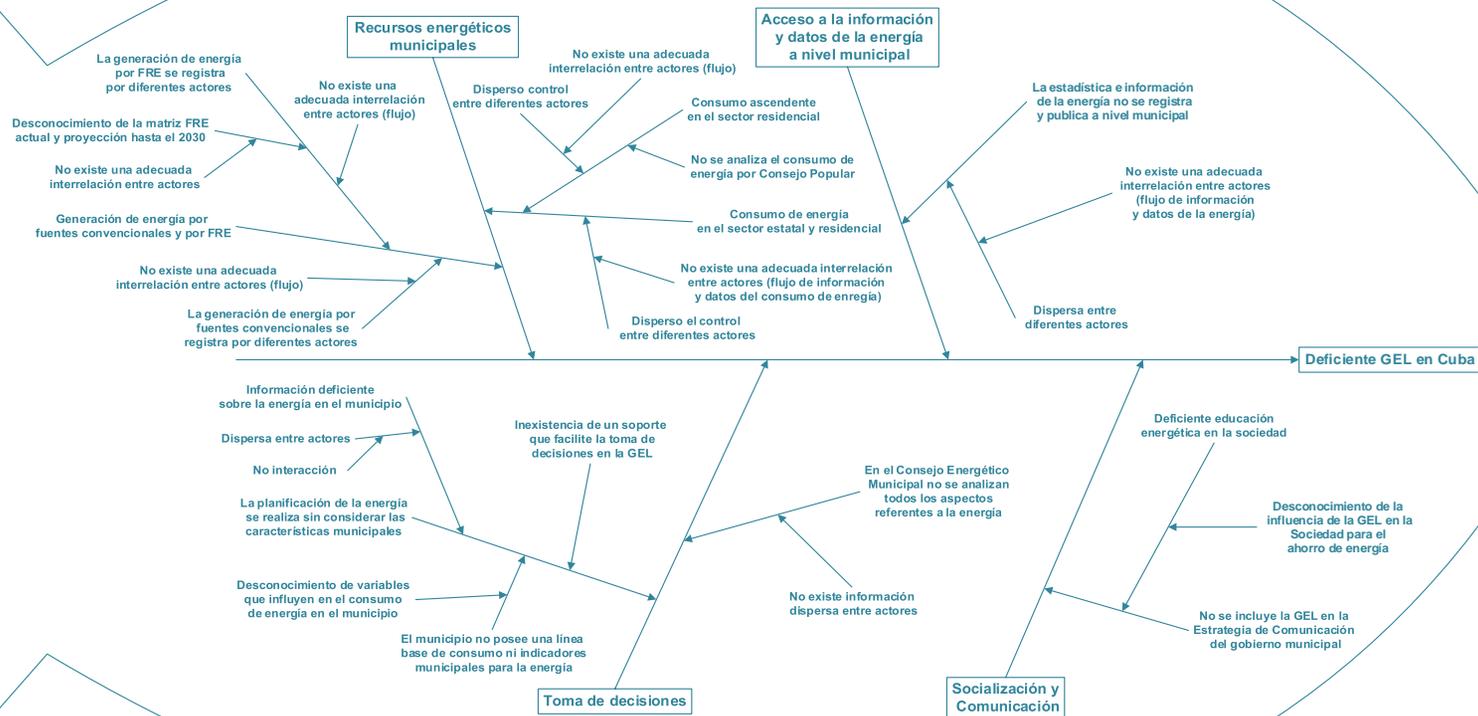


Figura 5: Sucursal CEN

Anexo 3: Flujograma del proceso de toma de decisiones en materia energética a nivel municipal. Fuente:(Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).







**Oportunidad de Mejora: Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial que favorezcan a la propuesta de indicadores para medir el desempeño de la GEL**

**Meta: Proporcionar al gobierno indicadores para medir el desempeño de a GEL**

**Responsable General: Grupo de Trabajo**

QUÉ	QUIÉN	CÓMO	POR QUÉ	DÓNDE	CUÁNDO	CUÁNTO
<b>Búsqueda y revisión de metodologías para el diseño de indicadores energéticos</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	A través de la consulta de literatura científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer comparaciones de metodologías</li> <li>• Premisas</li> <li>• Criterios</li> </ul>	Universidad	septiembre/ 2016	3 meses
<b>Diseño de una metodología para el diseño de indicadores energéticos en el gobierno local del municipio de Cienfuegos</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	A través de la comparación de metodologías y de un análisis Clúster	Diseñar indicadores energéticos de acuerdo a las particularidades del municipio de Cienfuegos	Universidad y otros CES	noviembre/ 2016	3 meses
<b>Propuesta de metodología para el diseño de indicadores energéticos</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	Sesión de trabajo del Grupo	Para declarar las premisas relevantes para el diseño	Universidad	febrero/17 (primera sesión)	2 horas
<b>Aprobación de la metodología para el diseño de indicadores energéticos</b>	Grupo de Trabajo	Sesión de trabajo	Diseño de indicadores energéticos	Universidad y Gobierno Municipal	febrero/17 (segunda sesión)	1 hora

<b>Diseño de indicadores energéticos</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	Sesiones de trabajo	En sesiones de trabajo se diseña y se analiza	Universidad y Gobierno Municipal	febrero/17	3 meses
<b>Presentación de los indicadores energéticos al Consejo Energético Municipal</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	Sesiones de trabajo	Para su crítica y mejora	Universidad y Gobierno Municipal	mayo/17	1 hora
<b>Adecuación final del diseño</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	Sesiones de trabajo	Mejorar el diseño según las particularidades de Cuba y el objetivo del procedimiento	Universidad y Gobierno Municipal	mayo/17	1mes
<b>Aprobación del diseño</b>	Gobierno Municipal	Sesión de trabajo	Aprobar el procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios en Cuba	Universidad	junio/17	1 hora
<b>Aplicación de indicadores energéticos para la toma de decisiones en el gobierno local del municipio de Cienfuegos</b>	Investigadores principales del grupo de trabajo	Trabajo en campo, búsqueda de información, sesiones de trabajo con actores, CAM, AMPP, procesamiento de información consumo de energía	Evaluar al municipio en función del consumo para el sector residencial	Universidad, Gobierno Municipal y Diversos actores	julio/17(3 meses a prueba)	6 meses

Anexo 6: Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos. Fuente: (Cortés & 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
<b>Análisis teóricos realizados por usted</b>			
<b>Experiencia obtenida</b>			
<b>Trabajos de autores nacionales que conoce</b>			
<b>Trabajos de autores extranjeros que conoce</b>			
<b>Conocimientos propios sobre el estado del tema</b>			
<b>Su intuición</b>			

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K \text{ comp.} = \frac{1}{2} (Kc + Ka)$$

Donde:

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

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

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

Dados los coeficientes Kc y Ka se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia Kcomp siguiendo los criterios siguientes:

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

Anexo 7: Análisis clúster o por conglomerados. Fuente: STATGRAPHICS

Análisis de Conglomerados

Datos/VARIABLES:

- Análisis estadístico
- Aplicación del indicador
- Diseño del indicador
- Formación grupo de trabajo
- Identificación de variables
- Mejora continua
- Validación del indicador

Número de casos completos: 4

Método de Conglomeración: Vecino Más Cercano (Vínculo Simple)

Métrica de Distancia: Euclídeana

Conglomeración: observaciones

Estandarizar: sí

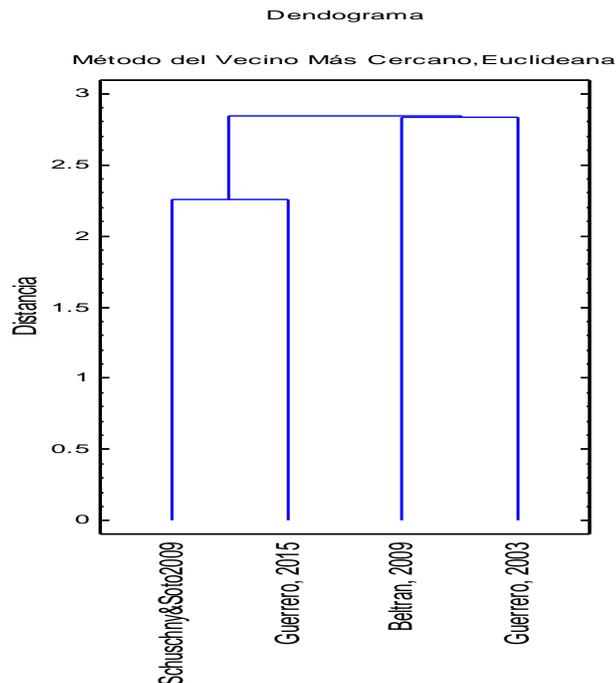
**Resumen de Conglomeración**

<i>Conglomerado</i>	<i>Miembros</i>	<i>Porcentaje</i>
1	4	100.00

**Centroides**

<i>Conglomerado</i>	<i>Análisis estadístico</i>	<i>Aplicación del indicador</i>	<i>Diseño del indicador</i>	<i>Formación grupo de trabajo</i>
1	1.5	3.0	3.0	1.5

<i>Conglomerado</i>	<i>Identificación de variables</i>	<i>Mejora continua</i>	<i>Validación del indicador</i>
1	2.0	1.5	2.25



El dendograma muestra la sucesión de uniones que fueron hechas entre conglomerados. Líneas son dibujadas conectando las conglomeraciones unidas en cada paso, mientras que el eje vertical muestra las distancias a las que fueron unidos los conglomerados.

Tabla de Miembros

Método de Conglomeración: Vecino Más Cercano (Vínculo Simple)

Métrica de Distancia: Euclídeana

Fila	Etiqueta	Conglomerado
1	Schuschny&Soto2009	1
2	Beltran, 2009	1
3	Guerrero, 2015	1
4	Guerrero, 2003	1

Gráfico de Matriz

Datos/Variables:

- Análisis estadístico
- Aplicación del indicador
- Diseño del indicador
- Formación grupo de trabajo

Identificación de variables

Mejora continua

Validación del indicador

Códigos de puntos: Metodologías consultadas



Metodologías consultadas

- Beltran, 2009
- × Guerrero, 2003
- Guerrero, 2015
- + Schuschny&Soto, 2009

Anexo 8: Cantidad de hogares que usan cocción eléctrica en el municipio de Cienfuegos por Consejos Populares. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por la ONEI.

hoja 1 de 1

CP	2007 c.elect	2008 c.elect	2009 c.elect	2010 c.elect	2011 c.elect	2012 c.elect	2013 c.elect	2014 c.elect	2015 c.elect	2016 c.elect
Reina	2651	2959	3283	3457	3680	3809	3834	3721	3750	3781
Centro Histórico	2914	3257	3614	3798	4041	4183	4220	3767	3797	3829
San Lázaro	2100	2343	2599	2738	2911	3014	3036	3065	3085	3110
La Gloria	2098	2341	2595	2729	2902	3007	3030	2905	2928	2953
La Juanita	2250	2512	2785	2930	3115	3225	3248	3466	3495	3524
Juanita II	2133	2386	2644	2779	2965	3066	3098	3252	3279	3309
Pastorita O Bourke	2108	2350	2605	2743	2921	3020	3045	2806	2828	2852
Pueblo Griffó	2282	2548	2826	2979	3163	3275	3304	4801	4839	4885
Buenavista	2118	2367	2624	2780	2956	3060	3084	2885	2907	2933
Tulipán	2043	2282	2531	2655	2837	2931	2946	2722	2744	2768
La Barrera	2001	2239	2478	2625	2793	2896	2917	2795	2817	2843
Punta Gorda	1614	1803	2006	2157	2292	2378	2394	2509	2532	2553
Junco Sur	2772	3094	3431	3694	3932	4070	4106	4116	4147	4187
Caunao	647	717	797	853	906	937	946	976	979	986
Paraíso	777	867	966	1036	1099	1138	1150	1153	1162	1179
Rancho Luna	624	696	772	858	910	943	951	997	1009	1014
Pepito Tey	660	736	819	893	950	983	992	1049	1058	1065
Castillo de Jagua	3098	3459	3836	4045	4303	4455	4495	4058	4090	4126
Guaos	606	677	752	804	856	886	894	930	936	943
<b>TOTAL</b>	35496	39633	43963	46553	49532	51276	51690	51973	52382	52840

Anexo 9: Población por Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por la ONEI

Filtrar por mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Buenavista</b>	130466	137323	138542	127966	113559	114044	114980	115848	116010	116279
<b>Castillo de Jagua</b>	105722	102771	104009	101533	107386	107473	108566	109317	109684	109693
<b>Caunao</b>	114392	111888	113038	129188	143063	143950	144901	145864	146239	146715
<b>Centro Histórico</b>	110729	111088	112009	113514	113357	113479	114399	115100	115484	115869
<b>Guaos</b>	45223	41488	42469	41352	40155	40171	40558	40944	40943	40946
<b>Juanita II</b>	109176	105597	106735	124733	135736	136758	138241	138692	139230	139265
<b>Junco Sur</b>	121950	123567	125239	110387	83043	83142	83897	84393	84684	84766
<b>La Barrera</b>	132190	133130	135346	124577	104706	104747	105624	106370	106581	106970
<b>La Gloria</b>	124108	135177	137287	134868	129280	129702	130536	153653	131763	132438
<b>La Juanita</b>	150534	153443	155347	153416	151112	151247	152209	153877	154302	154467
<b>Paraíso</b>	55979	51342	52141	80653	104561	104665	105672	106524	106516	106822
<b>Pastorita O Bourke</b>	100620	103719	105754	120341	146151	146776	148254	149335	149542	149884
<b>Pepito Tey</b>	43454	46126	46365	48747	50642	50718	50891	51127	51082	51354
<b>Pueblo Griffo</b>	127826	128689	130640	121830	106274	106754	107818	108606	108881	109002
<b>Punta Gorda</b>	106554	108934	110181	132611	157080	157535	158773	177865	160440	160608
<b>Rancho Luna</b>	33032	30523	30887	30768	30588	30693	30449	30851	30651	30922
<b>Reina</b>	132178	133080	134751	130251	125895	126706	127778	128521	128917	129287
<b>San Lázaro</b>	132665	136022	138213	126674	105908	109297	110117	111043	111322	111482
<b>Tulipán</b>	115251	111712	113473	109349	100942	101237	102290	102888	102952	103481
<b>Total general</b>	<b>1992049</b>	<b>2005619</b>	<b>2032426</b>	<b>2062758</b>	<b>2049438</b>	<b>2059094</b>	<b>2075953</b>	<b>2130818</b>	<b>2095223</b>	<b>2100250</b>

Anexo 10: Clasificación de los Consejo Populares según su ubicación. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el Plan General de Ordenamiento Territorial.

Consejos Populares	Urbano	Mixto
<b>Caonao</b>		X
<b>Pepito Tey</b>		X
<b>Guaos</b>		X
<b>Junco Sur</b>		X
<b>Punta Gorda</b>	X	
<b>Centro Histórico</b>	X	
<b>San Lázaro</b>	X	
<b>Reina</b>	X	
<b>Pueblo Griffó</b>	X	
<b>Paraiso</b>		X
<b>Pastorita-Obourke</b>		X
<b>Rancho Luna</b>		X
<b>Castillo-CEN</b>		X
<b>Buena Vista</b>	X	
<b>Tulipán</b>	X	
<b>La Barrera</b>	X	
<b>La Gloria</b>	X	
<b>La Juanita</b>	X	
<b>Juanita II</b>	X	

Anexo 11: Leyenda de las variables utilizadas en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Fuente: Elaboración propia

Variables	Leyenda
Temperatura seca del aire	$X_1$
Humedad	$X_2$
Temperatura de bochorno	$X_3$
Población	P
Hogares que usan cocción eléctrica	H
Consumo por Consejos Populares	Y

CP	Población	Hogares que usan cocción eléctrica	Consumo por CP
Caonao	$P_1$	$H_1$	$Y_1$
Pepito Tey	$P_2$	$H_2$	$Y_2$
Guaos	$P_3$	$H_3$	$Y_3$
Junco Sur	$P_4$	$H_4$	$Y_4$
Punta Gorda	$P_5$	$H_5$	$Y_5$
Centro Histórico	$P_6$	$H_6$	$Y_6$
San Lázaro	$P_7$	$H_7$	$Y_7$
Reina	$P_8$	$H_8$	$Y_8$
Pueblo Griffó	$P_9$	$H_9$	$Y_9$
Paraíso	$P_{10}$	$H_{10}$	$Y_{10}$
Pastorita-Obourke	$P_{11}$	$H_{11}$	$Y_{11}$
Rancho Luna	$P_{12}$	$H_{12}$	$Y_{12}$
Castillo-CEN	$P_{13}$	$H_{13}$	$Y_{13}$
Buena Vista	$P_{14}$	$H_{14}$	$Y_{14}$
Tulipán	$P_{15}$	$H_{15}$	$Y_{15}$
La Barrera	$P_{16}$	$H_{16}$	$Y_{16}$
La Gloria	$P_{17}$	$H_{17}$	$Y_{17}$
La Juanita	$P_{18}$	$H_{18}$	$Y_{18}$
Juanita II	$P_{19}$	$H_{19}$	$Y_{19}$

Anexo 12: Análisis de ajuste de distribución del consumo de energía eléctrica por Consejo Popular del municipio de Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

**Consumo Caonao**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y1**

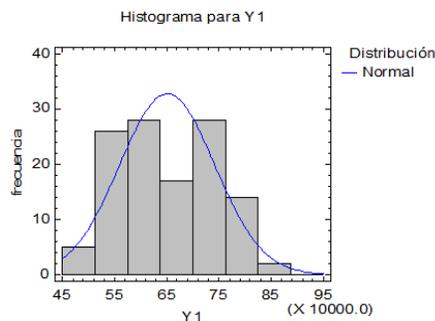
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834813
DMENOS	0.112776
DN	0.112776
Valor-P	0.0944944

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y1 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y1 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Pepito Tey**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y2**

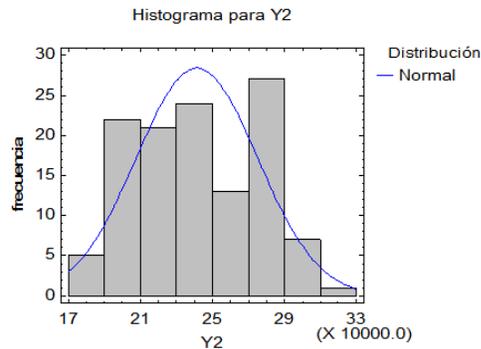
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834827
DMENOS	0.112779
DN	0.112779
Valor-P	0.0944758

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y2 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y2 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo Guaos

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y3

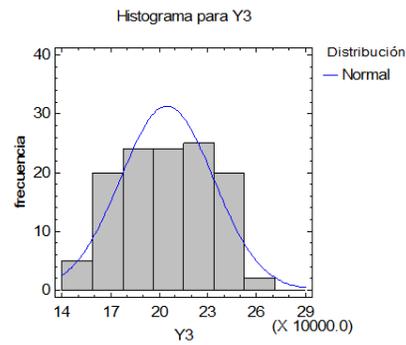
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834754
DMENOS	0.112779
DN	0.112779
Valor-P	0.0944775

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y3 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y3 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo Junco Sur

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y4

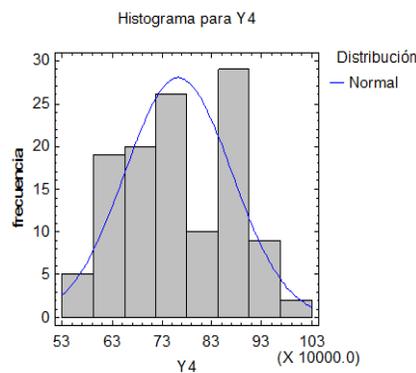
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834808
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.094501

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y4 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y4 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Punta Gorda**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y5**

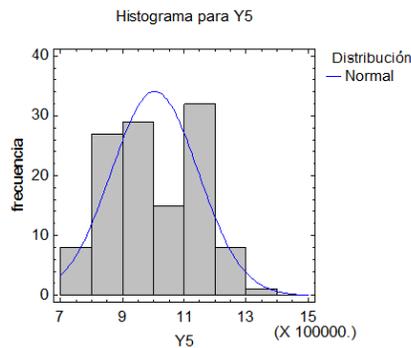
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834813
DMENOS	0.112776
DN	0.112776
Valor-P	0.094495

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y5 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y5 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Centro Histórico**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y6**

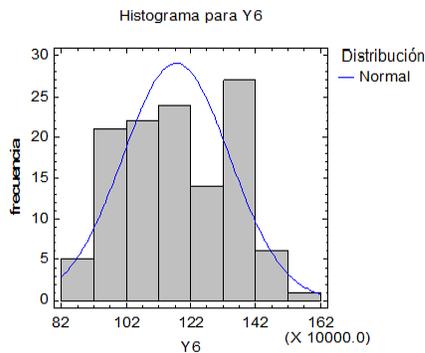
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.08348
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.0944974

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y6 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y6 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo San Lázaro

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y7

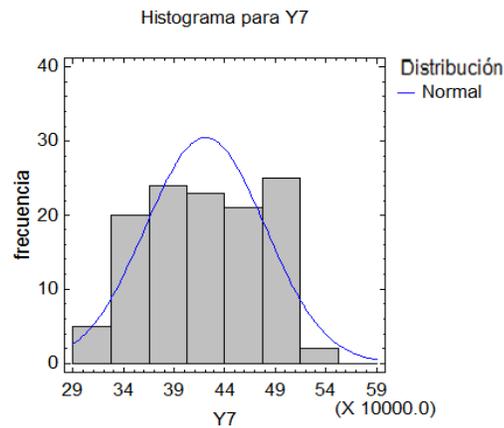
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834822
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.0944977

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y7 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y7 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo Reina

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y8

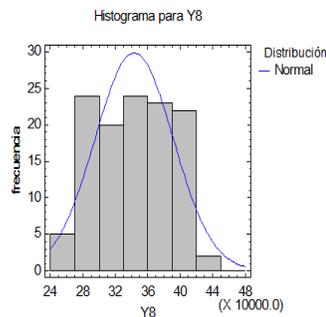
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834778
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.0944985

#### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y8 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y8 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Pueblo Griffo**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y9**

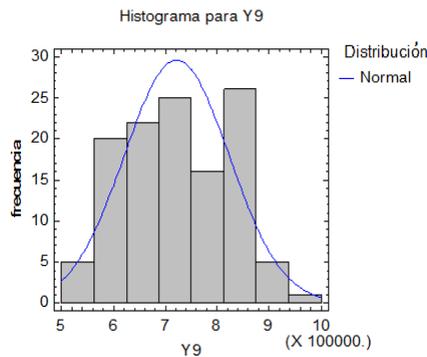
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0834804
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.094499

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y9 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y9 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Paraíso**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y10**

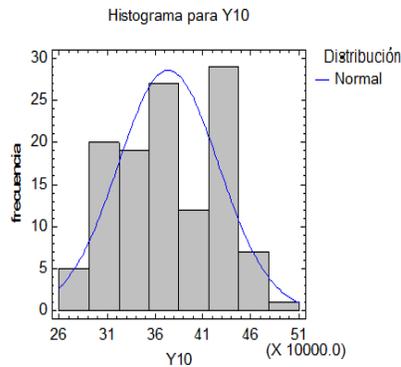
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.083481
DMENOS	0.112775
DN	0.112775
Valor-P	0.0944968

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y10 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Y10 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo Pastorita

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y11

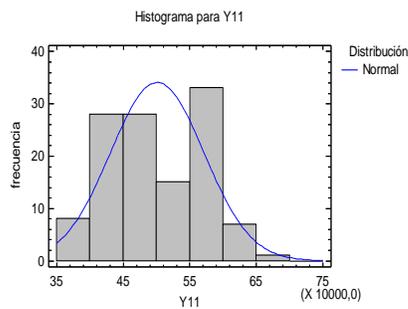
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834798
DMENOS	0,112777
DN	0,112777
Valor-P	0,09449

#### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y11 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y11 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Rancho Luna**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y12**

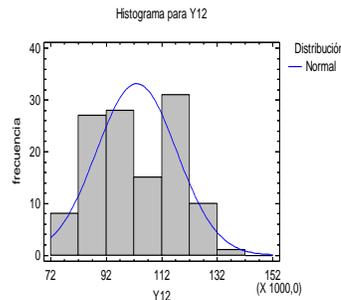
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834852
DMENOS	0,112771
DN	0,112771
Valor-P	0,0945175

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y12 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y12 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Castillo-CEN**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y13**

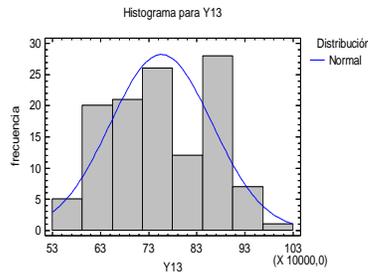
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834807
DMENOS	0,112777
DN	0,112777
Valor-P	0,0944911

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y13 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y13 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



**Consumo Buena Vista**

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y14**

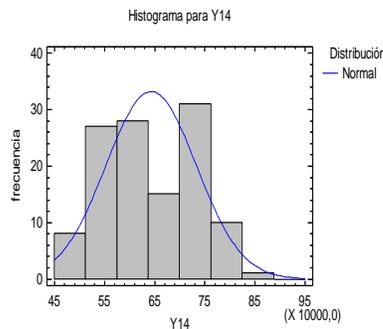
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834818
DMENOS	0,112774
DN	0,112774
Valor-P	0,0945026

**El StatAdvisor**

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y14 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y14 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo Tulipán

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y15

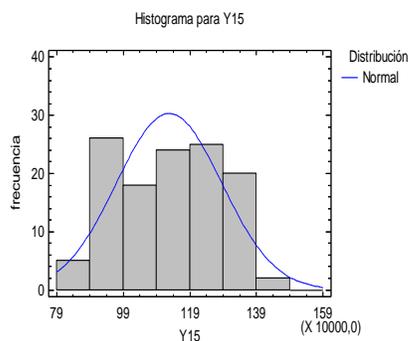
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834795
DMENOS	0,112775
DN	0,112775
Valor-P	0,0944973

#### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y15 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y15 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo La Barrera

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y16

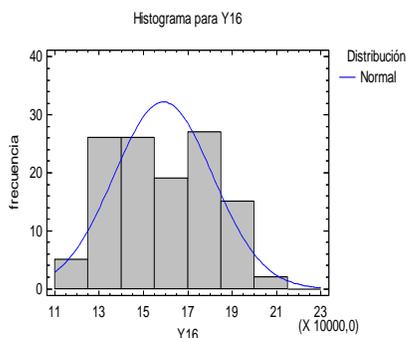
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834821
DMENOS	0,11277
DN	0,11277
Valor-P	0,0945262

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y16 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y16 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo La Gloria

#### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y17

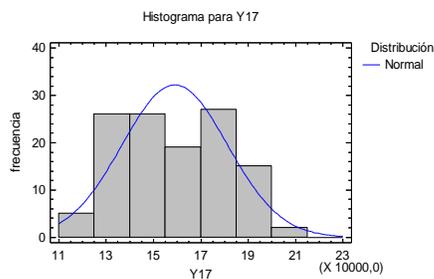
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834821
DMENOS	0,11277
DN	0,11277
Valor-P	0,0945262

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y17 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y17 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



### Consumo La Juanita

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y18

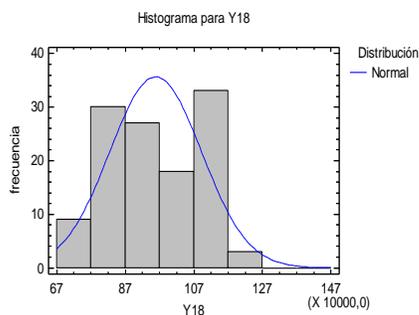
Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834803
DMENOS	0,112776
DN	0,112776
Valor-P	0,0944928

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y18 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y18 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



## Consumo Juanita II

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Y19

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,0834809
DMENOS	0,112775
DN	0,112775
Valor-P	0,094497

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Y19 puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Y19 proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

