



Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Producto informático para la integración e
interacción de los actores que intervienen en la Gestión
Energética Local

Autor:

Anabely Cordero Clavero

Tutores:

DraC. Jenny Correa Soto

MSc. Lázaro Daniel Alvarez Basanta

Diciembre 2022

Pensamiento

“ Los científicos crean lo que ya es; los ingenieros crean lo que nunca ha sido ”

Albert Einstein

Dedicatoria

A mis padres Inés M. y E. Gilberto por darme la vida y la fuerza para convertirme en quién que soy, por ser el mejor ejemplo de voluntad, sacrificio y dedicación.

A mi hermana Fadorma por todo el apoyo incondicional, paciencia y cariño.

Los amo con todo mi corazón.

Agradecimientos

A mis tutores: Dra. C. Jenny Correa Soto y MSc. Lázaro Daniel Álvarez Basanta por su paciencia, apoyo y dedicación para este proyecto. Muchas Gracias.

A MSc. Ana Margarita Díaz Rodríguez quien fue mi tutora durante estos tres años atrás, por el apoyo y el conocimiento transmitido.

Muchas Gracias.

A mis padres, mi hermana y mi familia en general.

Eternamente Gracias.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general permitir la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la gestión de la energía en un municipio mediante un producto informático. En el marco teórico-referencial se abordan temas relacionados con la gestión de la energía, la gestión energética local, herramientas para ello y permite identificar otros factores que influyen en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial, que no han sido tomados en cuenta anteriormente en el diseño de herramientas para la gestión energética en Cuba. Se identifican las deficiencias en cuanto a gestión energética en el municipio de Cienfuegos y se determinan las características técnicas para diseñar un software que dé cumplimiento al objetivo de la investigación. Se propone el diseño de un producto informático dirigido a la gestión energética local.

Palabras claves: gestión energética local, software, integración, interacción.

Abstract

The general objective of this research is to allow the integration and interaction of the different actors involved in energy management in a municipality through a computer product. In the theoretical-referential framework, issues related to energy management, local energy management, tools for this are addressed, and it allows the identification of other factors that influence the consumption of electrical energy in the residential sector, which have not been taken into account. previously in the design of tools for energy management in Cuba. The deficiencies in terms of energy management in the municipality of Cienfuegos are identified and the technical characteristics are determined to design a software that fulfills the objective of the investigation. The design of a computer product aimed at local energy management is proposed.

Keywords: local energy management, software, integration, interaction.

Glosario

AMFE	Análisis de Modo Fallo y Errores
ANN	Red de Inteligencia Artificial
Cp	Coefficiente de determinación de Mallows
DER	Recursos de energía distribuidos
DOM	Modelo de objeto de documento
DSS	Sistemas de soporte de decisiones
EDESM	Estrategia de desarrollo económica y social municipal
ESS	Sistemas de almacenamiento de energía
FRE	Fuentes renovables de energía
GD	Generación distribuida
GE	Gestión energética
GEL	Gestión energética local
GP	Gestión pública
IA	Inteligencia artificial
IE	Internet de la energía
MILP	Programación Lineal Entera-Mixta
MPC	Modelo de Control Predictivo
MSE	Error cuadrático medio
PHCA	Ciclo de mejora continua
RLM	Regresión lineal múltiple

*Demanda: en este trabajo, a partir de la bibliografía analizada, se refiere al consumo de energía eléctrica facturado por los clientes una vez finalizado el período.

Índice

Pensamiento.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Glosario.....	VI
Índice.....	VII
Introducción.....	1
Capítulo I: Consideraciones sobre la Gestión Energética.....	5
1.1 Gestión de la Energía.....	6
1.1.1 Tendencias emergentes.....	8
1.2 Gestión Energética Local.....	11
1.3 Gestión Energética Local en Cuba.....	13
1.3.1 Modelo para la gestión energética en los órganos de gobierno local.....	17
1.4 Factores que influyen en el consumo de energía eléctrica del sector residencial.....	21
1.5 Herramientas para la Gestión Energética Local.....	25
1.6 Herramientas para la Gestión Energética Local en Cuba.....	28
1.7 Conclusiones parciales.....	31
Capítulo II: Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética Local.....	32
2.1 Caracterización del municipio de Cienfuegos.....	32
2.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial.....	36
2.2.1 Definición y análisis del problema.....	37
2.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución.....	39

2.2.3 Implementación.....	39
2.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas	39
2.3.1 Definición y análisis del problema	39
2.4 Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética del municipio de Cienfuegos.....	46
2.4.1 Metodología de diseño y desarrollo de productos.	46
2.4.2 Método de Despliegue de la Función de Calidad	47
2.5 Aplicación del método Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética Local.....	48
2.6 Conclusiones parciales.....	56
Capítulo III: Diseño de un software para la integración e interacción de los actores que intervienen en la Gestión Energética Local.	57
3.1 Descripción de las características principales del software a desarrollar.	57
3.2 Tecnologías computacionales a emplear.....	59
3.2.1 Lenguajes de programación.....	60
3.2.2 Frameworks Frontend	62
3.2.3 Frameworks Backend.....	67
3.2.4 Bases de Datos.....	70
3.3 Diseño de los módulos que debe contener el nuevo producto informático para la Gestión Energética Local.....	73
3.3.1 Apartado Socialización.....	73
3.3.2 Apartado Educación.....	74
3.3.3 Apartado Interacción.....	77
3.3.4 Apartado Operacional.....	78
3.4 Conclusiones parciales	80
Conclusiones generales.....	81
Recomendaciones	82
Bibliografía.....	83

Introducción

La creciente demanda energética fundamentada por el desarrollo acelerado de algunos países ha propiciado una competencia intensa por el control de las reservas de petróleo, incluyendo que los mercados petroleros presentan como principal tendencia la inestabilidad de los precios (Sawaengsak et al., 2014). Es necesario considerar que los problemas energéticos tienen cada vez más importancia en el mundo, los de mayor relevancia los constituyen el acceso a la energía, la volatilidad de los precios y los impactos negativos en el medioambiente donde la emisión de gases de efecto invernadero se considera la principal causa de la elevación de la temperatura de la tierra y los océanos, provocando el cambio climático (Valkila & Saari, 2013);(Nie & Kemp, 2013). (Campillo Sabina, 2018)

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 empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer de forma eficiente sus necesidades energéticas (Borroto Nordelo, 2006). Con la aprobación de la norma ISO 50 001: 2011 "*Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.*" por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como resultado de normas técnicas desarrolladas por países como Dinamarca en el año 2001, Suecia en el 2003, Estados Unidos e Irlanda en el 2005, España en el 2007 y la Unión Europea en el 2009, se ha logrado el aumento del interés internacional en la GE (Correa Soto et al., 2014). Por este motivo para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad por lo que se esfuerzan en reducir los costos de energía, ajustándose a los requisitos reglamentarios y por ende a mejorar su imagen corporativa. (Antunes et al., 2014); (Jovanović & Filipović, 2016) (Campillo Sabina, 2018)

Desde la crisis energética de los años 70 del pasado siglo los gobiernos han adoptado políticas y programas para incrementar la eficiencia energética en la economía y la sociedad en general, lo que ha permitido: reducir la dependencia de recursos escasos y finitos, mejorar la economía de los consumidores y reducir el impacto ambiental. (Wilson et al., 2008); (Campillo Sabina, 2018)

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. A nivel local puede implementarse a escala regional, en municipios y vecindarios. (Rodríguez Figueredo, 2019)

De ahí que se pueda definir como el conjunto de acciones que se realizan para obtener el mayor rendimiento posible de la energía consumida, incluye el conocimiento y control de los consumos energéticos del municipio considerando el tratamiento del agua y los residuos (Daw et al., 2012); pues, intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente, estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación (FEMP, 2011); constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la gestión pública (GP) municipal; además, 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);(Rodríguez Figueredo, 2019)

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. (Rodríguez Figueredo, 2019)

En el estudio documental sobre la GEL en Cuba se identificaron sólo seis trabajos: (1) el despliegue de una estrategia para el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo y control energético para el gobierno provincial en Cienfuegos (Peña, 2009), (2) la aplicación de la TGTEE en los municipios de Cumanayagua y Aguada de Pasajeros de la misma provincia (Fundora & López, 2011), (3) la definición de indicadores sectoriales energéticos para el municipio Cienfuegos (Monteagudo Llanes et al., 2013), (4) la experiencia piloto en la utilización de las fuentes renovables de energía (FRE) en el municipio de San José de las Lajas, en la provincia de Mayabeque (Rojas, 2014), (5) la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) proceso de trabajo denominado como metodología para la gestión energética en los procesos de desarrollo del municipio, por 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) (González

García et al., 2006); (González-García et al., 2013); (Martínez Hernández, 2018); (Arencibia Arauca, 2014) y (6) el modelo de gobernanza de la matriz energética provincial (Martínez Hernández, 2018). (Correa Soto, 2021)

En el municipio de Cienfuegos se han desarrollado varias investigaciones referentes al uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la GEL entre las cuales se encuentran: (1) un producto informático para la GEL a partir de una aplicación web llamada “GEM” (Hurtado Espinosa, 2017), (2) (Chaviano & Puebla, 2018) realizan un análisis de calidad de la herramienta de la mejora de web “GEM”, (3) (Díaz La Hoz, 2019) aplicando las consideraciones sugeridas por (Chaviano & Puebla, 2018) perfecciona el producto informático GEM; (Alvarez Basanta, 2022) crea un algoritmo en Python el cual se integra de forma nativa y en este se mitigan las deficiencias detectadas en los trabajos anteriores e incorporando una nueva técnica de pronóstico, complementándose con los datos e información para la planificación energética en el municipio de Cienfuegos, realizado por (Correa Soto, 2021); sin embargo, aunque todas estas referencias investigativas dan un soporte para la GEL, en la actualidad se requiere de un producto informático (software) que permita la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la gestión de la energía a una localidad. Todo lo anterior constituye la **Situación problemática**.

Por lo que se plantea como **Problema de Investigación**: ¿Cómo establecer la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la gestión de la energía en un municipio?

De ahí se derivan los siguientes objetivos, como **Objetivo General**: Permitir la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la gestión de la energía en un municipio mediante un producto informático.

Como **Objetivos Específicos**:

1. Realizar una revisión bibliográfica referente a la GE y la GEL, los factores que influyen en el consumo eléctrico en el sector residencial y diferentes herramientas para gestionar de forma local la energía.
2. Establecer los requerimientos a considerar en la herramienta informática para la GEL en el municipio de Cienfuegos.
3. Diseñar un software que permita la integración e interacción entre los actores en función de la GEL.

Justificación

En la actualidad la GE no es exclusiva de las organizaciones, sino, que las municipalidades la han adoptado para mejorar el desempeño de su gestión gubernamental. En Cuba existe la metodología, procedimiento y herramientas asociadas propuesto por (Correa Soto, 2021); pero, que necesitan complementarse con una interacción entre actores de índole públicos, privados, instituciones investigativas, ciudadanos y gobierno, mediante las tendencias actuales de uso de tecnologías, las comunicaciones y la Política de Informatización del país se hace viable esta investigación.

El cuerpo de este trabajo de investigación se estructura en: resumen, abstract, introducción, tres capítulos con sus conclusiones parciales, conclusiones generales, recomendaciones y bibliografía.

La estructura capitular de la investigación es la siguiente:

Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre GE, las tendencias emergentes, GEL, los factores que influyen en el consumo de energía eléctrica del sector residencial y las herramientas que se utilizan para la GEL.

Capítulo II: Se aplica la metodología general de solución de problemas de la ingeniería industrial, con el objetivo de identificar las deficiencias en cuanto a GE en el municipio y el método despliegue de la función calidad para determinar las características técnicas que debe poseer en nuevo producto informático hacia lograr satisfacer las necesidades de los clientes.

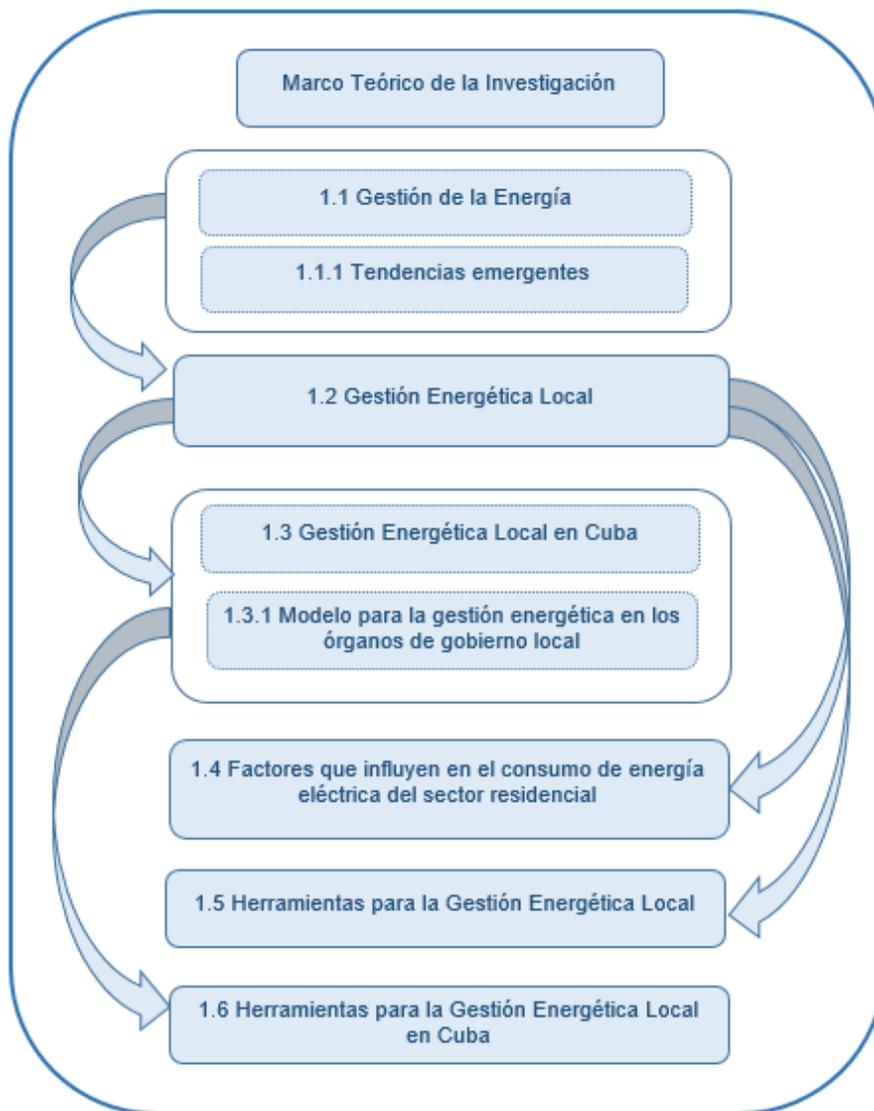
Capítulo III: Se propone un diseño para un nuevo software que permita la integración e interacción de los actores que intervienen en la GEL, donde se identifican las características que debe tener, se realiza un análisis de las tecnologías computacionales a emplear y se describen los módulos imprescindibles en el nuevo producto.

Capítulo I: Consideraciones sobre la Gestión Energética

Este capítulo representa el marco teórico de la investigación, para la cual se hace necesario la revisión bibliográfica que la sustente en función de las temáticas abordadas, por lo que, se realiza una revisión de documentos relacionados con la GE, las tendencias emergentes, la GEL, los factores que influyen en el consumo eléctrico en el sector residencial y diferentes herramientas para la GEL; cuyo esquema se muestra en la Figura 1.1.

Figura 1.1

Hilo conductor.



1.1 Gestión de la Energía

La sociedad ha alcanzado un desarrollo donde la energía eléctrica es un componente esencial, se convive cada día con dispositivos y electrodomésticos capaces de ayudar a las personas en múltiples tareas; de ahí, que sea imposible imaginar el mundo sin un suministro eléctrico que ilumine los hogares o haga funcionar las fábricas. Cada día que pasa, el consumo eléctrico crece en la misma medida en que lo hacen las necesidades de las personas, unas necesidades que se adecuan al ritmo con que evolucionan las nuevas tecnologías; evidentemente, no son iguales las necesidades eléctricas en la actualidad frente a las que se tenían hace cincuenta años, sin ir más lejos. (Hernández Aróstegui et al., 2021)

El aumento del consumo eléctrico conlleva una mayor necesidad de generación eléctrica, obtenida aún en la mayoría de los casos a partir de combustibles fósiles que, por un lado, se encuentran en el planeta de forma limitada y, por otro, generan grandes emisiones de gases nocivos para el medio ambiente. Esos esquemas de generación de electricidad han comenzado a dar muestras de sus limitaciones, por lo que, actualmente, están siendo sometidos a un profundo proceso de reforma en muchos países, lo que marca pautas para su evolución hacia esquemas alternativos de generación y suministro de electricidad, como la introducción de la generación distribuida (GD), donde las fuentes renovables de energía (FRE) en el marco de este concepto está adquiriendo un papel relevante. (Hernández Aróstegui et al., 2021)

La energía es uno de los recursos de gestión de una empresa que debe ser tratada y controlada por un método sistemático en armonía con la gestión de otros recursos. La GE administra todo tipo de energía utilizada en la empresa mediante la elaboración de un programa óptimo de compra, generación y consumo de varios tipos de energía en función del programa de gestión general a corto y largo plazo de la empresa, teniendo debidamente en cuenta los costes, la disponibilidad, factores económicos, etc.

La GE se requiere necesariamente porque influye en una serie de aspectos del funcionamiento y las actividades de la empresa (Doty & Turner, 2004), incluidos los siguientes:

- 🚦 Los costos de la energía que afectan a la rentabilidad de la empresa.

- ✚ Los costos de la energía que afectan a la competitividad en el mercado mundial.
- ✚ El equilibrio nacional de oferta/demanda de energía.
- ✚ La balanza comercial y financiera nacional.
- ✚ Los entornos locales y globales.
- ✚ La seguridad y salud en el trabajo.
- ✚ La prevención de pérdidas y reducción de la eliminación de residuos.
- ✚ La productividad.
- ✚ La calidad.

La GE es parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implementar su política energética. Es un subsistema de la gestión empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer, de forma eficiente, sus necesidades energéticas (Borroto Nordelo, 2006) (Correa Soto et al., 2014). En la actualidad, es un sistema certificable por la norma internacional ISO 50001: 2018 "*Energy Management Systems – Requirements with guidance for use*" (ISO, 2018). (Correa Soto, 2021)

La GE tiende a convertirse en un área vital de investigación, con una creciente importancia en la conservación de los recursos energéticos y combustibles fósiles (Mangla et al., 2020); por este motivo, para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad en su contribución a reducir los costos energéticos, ajustándose a los requisitos reglamentarios y en consecuencia a mejorar su imagen corporativa (Antunes et al., 2014) (Jovanović & Filipović, 2016).

Según (Schulze et al., 2016) son cinco los elementos claves en la GE: (1) estrategia y planificación, (2) implementación y operación, (3) control, (4) organización y (5) cultura. En la evolución de la GE las organizaciones han desarrollado enfoques más amplios con los objetivos de reducir el desperdicio de energía y gestionar el consumo energético mediante la aplicación de programas específicos (Introna et al., 2014).

La GE no es exclusiva de las organizaciones industriales y de servicios, por lo que, los gobiernos no solo deben identificar las medidas más efectivas para garantizar la eficiencia energética en estos sectores (Bunse et al., 2011) (Galvez-Martos et al., 2013) (Correa Soto et al., 2018);(Correa et al., 2016). En las últimas décadas las zonas urbanas se identifican como consumidores significativos de energía y grandes emisores de Gases de Efecto Invernadero (GEI), lo que hace relevante la necesidad de la GE a escala urbana o local. (Colombo et al., 2013);(Futcher & Mills, 2013);(Correa Soto et al., 2018);(Z. Yang & Wei, 2019);(Franke & Nadler, 2019)

1.1.1 Tendencias emergentes

Las reducciones de 2020 en la demanda de energía, las emisiones y la actividad económica debido a los efectos de la pandemia se sintieron con mayor fuerza en tres áreas: el sector terciario, el transporte y la generación de electricidad intensiva en carbono.(Enerdata, 2022)

- 🚩 El sector terciario, o de servicios, se vio afectado; ya que, los trabajadores de oficina pasaron a trabajar desde casa y su consumo de energía se trasladó al sector residencial.
- 🚩 Los efectos sobre el transporte fueron particularmente fuertes para el transporte de pasajeros y más especialmente para los vuelos, debido a las prohibiciones de viajes nacionales e internacionales.
- 🚩 A medida que disminuyó la demanda de electricidad; también, lo hizo la generación de energía a base de carbón, porque, las plantas de energía térmica son una fuente de energía flexible que se puede apagar y encender más fácilmente que otras fuentes; es importante tener en cuenta que esta caída es cíclica, ya que, en el 2019 disminuye el consumo de electricidad y la generación de energía a carbón; sin embargo, en el 2020 y en el 2021 aumentan.

En general, las perspectivas para 2022 para el crecimiento de proyectos de energía renovable (especialmente energía solar fotovoltaica y eólica) son positivas; a pesar, de que algunos proyectos de energía renovable se detuvieron durante la pandemia, especialmente en India, las capacidades renovables han aumentado y se espera que sigan creciendo; aún así, para fines de 2022, el mundo debe estar en el mismo camino de eficiencia y

descarbonización que antes de la pandemia y retomando los objetivos del Acuerdo de París.(Enerdata, 2022)

Un enfoque sectorial requiere que se mire no solo los sectores económicos más comúnmente asociados con el cambio climático (edificios, industria y transporte); por ejemplo, en la agricultura y la producción de alimentos; así como, el uso de la tierra que son especialmente importantes en muchos países en desarrollo. El cambio no proviene únicamente de los gobiernos nacionales y supranacionales; también, de las autoridades locales, los ciudadanos, las corporaciones y los inversionistas. En la transición energética, todos tienen un papel que desempeñar.(Enerdata, 2022)

Observando los sistemas de energía, obviamente se necesita ver disminuciones en la producción de energía basada en fósiles y aumento en la capacidad libre de carbono; pero, también una mayor electrificación de los usos finales y la utilización de tecnologías maduras y en evolución (incluida la captura y almacenamiento de carbono, energía de hidrógeno; muchos otros). La reducción del consumo es un factor que con demasiada frecuencia se ignora, en favor de un enfoque en la descarbonización de los sistemas energéticos; es necesario aumentar la eficiencia; a través, de tecnología mejorada y disminuir nuestro consumo de energía mediante cambios en el estilo de vida.(Enerdata, 2022)

Los expertos del ecosistema digital The Valley (*Cuatro tendencias que demuestran que el futuro de la energía es verde - Energía - Otras*, 2022) analizan los innovadores avances que surgen en este sector, que se dirige hacia una transición en verde, arrojando luz sobre algunas tendencias emergentes que están dibujando el futuro de la energía:

Productividad y eficiencia

Energía eólica, geotérmica, hidroeléctrica, solar, biomasa... son algunas de las energías renovables o limpias que más se escuchan en el día a día y que están protagonizando el camino hacia la reducción de emisiones a nivel global. Las tecnologías disruptivas se abren paso en el sector ofreciendo soluciones para lograr este objetivo. Destacan 4 fenómenos:

1. *Centros de datos y plataformas digitales*: la apuesta de las empresas por la energía limpia ha contribuido a impulsar su crecimiento. Se incluyen, por ejemplo, el uso de algoritmos de aprendizaje automático para predecir la producción de energía eólica, o la generación propia de energía para abastecer sus centrales.

2. *Automatización y mantenimiento:* la tecnología se pone al servicio de la energía facilitando y automatizando procesos, como pueden ser la monitorización del buen estado de las turbinas de los molinos para prevenir averías y reducir costos de mantenimiento, e incluso maximizar su rendimiento.
3. *La realidad aumentada y virtual:* estas tecnologías cobran especial importancia en los procesos de formación y capacitación inmersiva de los trabajadores del sector, permite la visualización 3D, los profesionales pueden sumergirse en un entorno “virtual” para simular como sería realizar una inspección, un mantenimiento o una reparación, pero sin ningún riesgo.
4. *Energía geotérmica, solar y nuclear:* la innovación se aplica en la producción de energías renovables; a través, de interesantes proyectos como las granjas solares, placas solares en vías férreas o infraestructuras sostenibles que utilicen los recursos naturales para reducir emisiones.

Almacenamiento y gestión de la energía.

Más allá de la generación de energías limpias, se habla también de su almacenamiento y de soluciones que permitan gestionarlas y aprovecharlas al máximo, eliminar la necesidad de combustibles fósiles, almacenar la energía que procede de fuentes de generación limpia o eliminar la necesidad de carbón y gas son algunos de los objetivos. Los sistemas de almacenamiento de energía son cada vez más innovadores, empleando; por ejemplo, una tecnología a escala de red para almacenar la energía por períodos prolongados, o un tipo de batería que elimina la necesidad de carbón y gas, cobran auge también los servicios de autoconsumo para el sector residencial.

La energía como servicio

La energía se contempla como un servicio personalizado que se adapta a cada usuario. El objetivo está en generar identidades digitales para cada recurso o dispositivo y facilitar las transacciones en tiempo real entre ellos. Entre las tendencias que resaltan en este ámbito, se incluyen los hogares que tienen sus propias instalaciones de generación de energía y que pueden vender electricidad a sus vecinos sin necesidad de empresas intermediarias, o los proyectos piloto que permiten a los consumidores comprar electricidad renovable.

Surgen nuevos conceptos como: una plataforma de comercio que facilita las transacciones de energía entre usuarios; los paneles solares transparentes de vidrio fotovoltaico que podrían instalarse en superficies como ventanas, automóviles o incluso teléfonos para generar electricidad; aceras que convierten pasos en electricidad, o la posibilidad de obtener créditos de energía renovable.

Alianzas y plataformas

Gracias a las alianzas entre empresas del sector energético y compañías de otros sectores, como el tecnológico, se crean soluciones innovadoras para impulsar la transformación digital de los sistemas energéticos, entre ellos, se incluyen las nubes híbridas que permiten a las identidades gestionar datos usando múltiples nubes, o las plataformas que proporcionan a las empresas de petróleo o gas, información relevante durante los procesos de perforación.

1.2 Gestión Energética Local

La GEL obtiene gran parte de la atención formal seguida por la crisis del petróleo de la década de 1970. Los enfoques de gestión solo enfatizan en ese entonces la identificación de opciones de suministro eficientes. Esto sigue al desarrollo de enfoques de gestión muy reconocidos, en los que es un proceso para explorar la solución de costo mínimo que satisface las demandas de energía presentes y futuras. Otros criterios, como las preocupaciones medioambientales y la fiabilidad del suministro, reciben valores monetarios y se incluyen en los criterios de costos, por lo que se consideran únicamente como limitaciones. (Mirjat et al., 2017)

El incremento gradual de la demanda de energía y sus precios, especialmente en los países en desarrollo, plantea la necesidad de seguir mejorando tanto del lado de la generación como de su consumo. En el lado de la generación, la explotación del potencial de energía renovable puede considerarse un método factible y comercialmente aplicable; a través, de varias soluciones, como el uso de sistemas de almacenamiento conectados a la red, es más eficiente la energía en los inmuebles y la implementación de programas de gestión de la demanda, generalmente se adoptan en el lado del consumo. En este sentido, incorporar todas estas tecnologías en un entorno común tiene importantes beneficios desde el punto de vista económico y técnico tanto para los consumidores como para las empresas. Las casas inteligentes con unidades de generación de energía residencial, que se generalizan

en la última década con la aparición de conceptos de redes inteligentes, pueden señalarse como uno de los mejores ejemplos de sistemas tan avanzados. (Elma et al., 2017)

En la red eléctrica convencional, la electricidad creada por los generadores se transfiere a los consumidores en un método centralizado de generación de energía a través de sistemas de transmisión y distribución. En el sistema de generación centralizado, la energía es generada por unas pocas unidades de generación a gran escala y se transfiere a una gama de consumidores domésticos, comerciales e industriales. Al aumentar el nivel de integración de los recursos de energía distribuidos (DER) en el lado de los consumidores, se está formando una generación de energía distribuida, donde muchas unidades de generación a pequeña escala están conectadas a la red de distribución con capacidades que van desde unos pocos kilovatios hasta varios megavatios, lo que resulta en flujos de energía bidireccional. El creciente nivel de los DER cambia el sistema de energía de una estructura centralizada a un modelo desregulado (Khorasany et al., 2018); (Mengelkamp et al., 2019); (Sheikhahmadi et al., 2020)

El despliegue masivo de DER plantea desafíos operativos y de mercado algunos de estos incluyen, entre otros, la falta de visibilidad de DER, problemas de congestión y voltaje. La GEL fomenta el manejo localizado de la distribución a partir de las demandas específicas de la localidad; además, diferentes estudios muestran que la disposición a aceptar los recursos energéticos locales y compartir la inversión para el uso de DER se ha incrementado entre los consumidores en los últimos años, como resultado, el diseño del nuevo mercado energético para el comercio de energía local en sistemas de generación distribuida se ha vuelto significativamente importante. (Mirjat et al., 2017); (Celik et al., 2017); (X. Yang et al., 2017); (Khorasany et al., 2018); (Mengelkamp et al., 2019); (Sheikhahmadi et al., 2020)).

En la actualidad, la GEL 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. (Correa Soto et al., 2018) (Alvarez Basanta, 2022)

Con la creciente crisis energética mundial, las energías renovables y la tecnología de la información se han mejorado e integrado constantemente, lo que ha promovido el rápido desarrollo de la industria energética; sin embargo, las FRE como la energía eólica y la energía solar, con altos niveles de incertidumbre e intermitencia no pueden cumplir con la

flexibilidad requerida para la programación de energía; por otro lado, el acceso escalable a los sistemas de almacenamiento de energía (ESS) y los vehículos eléctricos enchufables (PEV) hace que sea más difícil controlar la energía en el sistema eléctrico, sobre esta base, (Rifkin, 2011) propuso el concepto de internet de la energía (IE) que se basa en los conceptos e ideas de Internet, como tendencia principal en la transición de la infraestructura energética existente, el IE desempeña un papel crucial en la promoción del desarrollo y la acomodación de todo tipo de opciones de generación y almacenamiento; especialmente, en permitir la participación activa del lado de la demanda del equilibrio generación/consumo. (X. Yang et al., 2017)

1.3 Gestión Energética Local en Cuba

En el estudio realizado por (Correa Soto, 2021) sobre la GEL en Cuba evidencia que las referencias son escasas, ya que, se identifican sólo seis trabajos: (1) el despliegue de una estrategia para el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo y control energético para el gobierno provincial en Cienfuegos (Peña, 2009), (2) la aplicación de la Tecnología de Gestión Total de Eficiente de la Energía (TGTEE) en los municipios de Cumanayagua y Aguada de Pasajeros de la misma provincia (Fundora & López, 2011); (3) la definición de indicadores sectoriales energéticos para el municipio Cienfuegos (Monteagudo Llanes et al., 2013); (4) la experiencia piloto en la utilización de las FRE en el municipio de San José de las Lajas, en la provincia de Mayabeque (Rojas, 2014), (5) la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) proceso de trabajo denominado como metodología para la GE en los procesos de desarrollo del municipio, por 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) (González García et al., 2006);(González-García et al., 2013); (Arencibia Arauca, 2014) y (6) el modelo de gobernanza de la matriz energética provincial (Martínez Hernández, 2018); los cuales se muestran en la Tabla 1.1.

Este autor plantea que los estudios realizados por la REDENERG y CUBAENERGÍA se han basado en acciones puntuales de eficiencia energética y en el aprovechamiento de la informatización de la sociedad y no en la GEL, reconociéndose como problema energético que los gobiernos locales no han desarrollado los mecanismos para la GE de subordinación territorial (Correa et al., 2017);(Correa Soto, 2021)

Tabla 1.1

Referencias de la GEL en Cuba.

Referencia	Descripción	Comentario
González et al., (2006); (Arencibia Arauca, 2014)	REDENERG logra la interrelación de diversos 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, abarcando tres etapas fundamentales: génesis, escalabilidad nacional, escalabilidad tecnológica y municipal; y concibiéndose como nueva estructura de trabajo el Nudo Municipal de Energía (NOME) con aplicación en los municipios de Jatibonico, Placetas, Fomento y Aguada de Pasajeros.	No abarca estrictamente la GEL y se desempeña en el orden operativo no estratégico, no considera los municipios correspondientes a las capitales provinciales (Ciudades Tipo I).
(Peña, 2009)	Despliega una estrategia para el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo y control energético para el gobierno provincial esta estrategia como bien dice su nombre se basa en el monitoreo y control de indicadores.	No propone un modelo para GE a nivel local.
(Fundora & López, 2011)	Aplicación de la Tecnología de Gestión Total de Eficiente de la Energía (TGTEE) en los municipios de Cumanayagua y Aguada de Pasajeros de la provincia de Cienfuegos. Estas aplicaciones tuvieron como objetivo de evaluar el uso de las FRE con énfasis en la biomasa y el potencial hídrico en empresas agroindustriales así como la evaluación del estado energético del municipio; detectándose los problemas que impiden el uso racional y eficiente de la energía relacionados con que el Consejo de Administración Municipal (CAM).	No considera la GEL, solo aplica la TGTEE que es una metodología de diagnóstico energético.
(Monteagudo Llanes et al., 2013)	Muestra la primera etapa de la implementación de un sistema de gestión de la energía en el municipio de Cienfuegos, consistente en la caracterización del	No expone una metodología para la GEL.

	uso de la energía en el municipio y la definición de nueve macroindicadores; sin embargo, no expone una metodología para la GE municipal.	
(Rojas, 2014)	Experiencia piloto realizada en el municipio de San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque con el objetivo de favorecer el ahorro energético a nivel de consumo doméstico y de la pequeña industria local con la utilización de las FRE; en este accionar se seleccionaron facilitadores comunitarios y se creó un aula de educación ambiental, constituyendo una experiencia puntual en una localidad de la utilización de las FRE pero sin inserción en la gestión del gobierno local	Es una experiencia puntual en una localidad de la utilización de las FRE, sin inserción en la gestión del gobierno local.
(Martínez Hernández, 2018)	Se diseña y valida el modelo de gobernanza a escala provincial sobre la base de las proyecciones de desarrollo del territorio y la articulación de actores y recursos contribuyendo a la toma de decisiones efectivas en función de la generación de electricidad, en la provincia de Pinar del Río.	Ofrece un modelo se enmarca en la gobernanza energética desde la perspectiva provincial y solo aborda la matriz energética desde la generación de electricidad por FRE, no aborda los elementos de la GEL

Nota: (Correa Soto, 2021).

Según (Fiordeliso, 2011) "la Política Energética de cada municipio determina el modelo de GE enfocada a la relación de los actores municipales con las fuentes de energía, las cadenas tecnológicas y los servicios energéticos, para alcanzar objetivos de desarrollo industrial, energético, tecnológico, agrícola y cultural"; además, plantea "El modelo de GE vigente en el país está centrado en el petróleo y la electricidad, donde los estudios energéticos tiene carácter sectorial y tributan a estrategias nacionales, por lo que hay un déficit de conocimiento e información que dificulta la toma de decisiones en el municipio y se desaprovecha el potencial energético del territorio para el desarrollo local"; lo cual, el modelo de GE vigente en Cuba no es adecuado para el desarrollo local pues no toma en cuenta a todas las fuentes presentes en el municipio y se reduce al control de los recursos energéticos que provienen del gobierno central. (Correa Soto, 2021)

Sin embargo, lo que (Fiordelisis, 2011) denomina “modelo de GE” es la forma actual de controlar el uso y consumo de portadores energéticos en Cuba, lo que no se corresponde con los principios de los modelos o sistemas de gestión, debido a que un modelo o metodología para la GE tiene que adecuarse a los alcances de las NC-ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad”, NC- ISO 14001:2015 “Sistema de Gestión Ambiental” y la ISO 50001:2019 “Sistema de Gestión de la Energía” (ONN, 2015a);(ONN, 2015b);(ONN, 2019), relacionados con objeto y campo de aplicación, contexto, liderazgo, planificación, apoyo o soporte, operaciones, evaluación del desempeño y mejora. (Correa Soto, 2021)

Para el autor (Correa Soto, 2021) en esta definición no se considera lo que en la literatura se define como GEL, a 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 (Jaccard et al., 1997) que puede ser implementado en los vecindarios, en los municipios y escala regional. (Denis & Parker, 2009);(Brandoni & Polonara, 2012). No se toman en cuenta las particularidades locales al no establecerse las diferencias en el desarrollo de cada municipio, las características propias, trabajándose indistintamente en municipios montañosos y de relieve llano; además, no se consideran las especificidades de los municipios capitales, que tienen el mayor nivel poblacional y los mayores consumidores de energía de cada territorio y donde conviven un alto nivel de urbanización con alguna ruralidad.

(Martínez Hernández, 2018) con la propuesta del modelo para la gobernanza de la matriz energética provincial en función de la generación de electricidad aplicado en la provincia de Pinar del Río constituye el primer acercamiento a un modelo de GEL en Cuba; sin embargo, aunque ofrece un modelo este se enmarca en la gobernanza energética desde la perspectiva provincial y solo aborda la matriz energética desde la generación de electricidad por FRE y no aborda los elementos de la GEL. (Correa Soto, 2021)

Las investigaciones en Cuba que abordan la GEL según (Correa Soto, 2021) sobre el modelo de GE y el modelo propuesto por (Martínez Hernández, 2018) carecen de los siguientes elementos:

- ✚ No están en consonancia con los alcances objeto y campo de aplicación, contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo o soporte, operación, evaluación

del desempeño y mejora de las normas NC-ISO 9001:2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad", NC-ISO 14 001:2015 "Sistema de Gestión Ambiental" y la NC-ISO 50 001:2019 "Sistemas de Gestión de la Energía" (ONN, 2015a);(ONN, 2015b);(ONN, 2019).

- ✚ No se orientan a la mejora del desempeño de los gobiernos locales que ayude a que su gestión sea ágil, confiable y sostenible, toda vez que se cumplan las necesidades y expectativas de los ciudadanos y otras partes interesadas desde el municipio.
- ✚ Solo (Martínez Hernández, 2018) considera los elementos del control de gestión, que son claves ya que los sistemas deben diseñarse de acuerdo con las estrategias, objetivos, indicadores, planes, puestos de trabajo y características de la forma de dirección; así como, considerar el control de gestión como un proceso de aprendizaje que le proporcione a la organización eficiencia, eficacia, fiabilidad e identificando los riesgos en la gestión organizacional.
- ✚ No concuerdan con lo definido en la literatura como GEL, ni con los elementos que deben considerar, ni los factores que tienen influencia sobre ella.
- ✚ No consideran las particularidades de cada municipio (territoriales, urbanísticas, poblacionales, sociales y económicas) en Cuba.

Las referencias internacionales en cuanto a modelos para la GEL se basan en dos (Zia & Devadas, 2007);(Denis & Parker, 2009); sin embargo, no resulta factible su adaptación a aplicar en Cuba dado a que son modelos donde el sistema socio-económico, la idiosincrasia, las estructuras de gobierno y las condiciones climatológicas difieren los factores contextuales y no contextuales en Cuba. (Correa Soto, 2021)

1.3.1 Modelo para la gestión energética en los órganos de gobierno local

En la construcción del modelo para la GE en los órganos de gobierno local, se despliega en cuatro etapas:

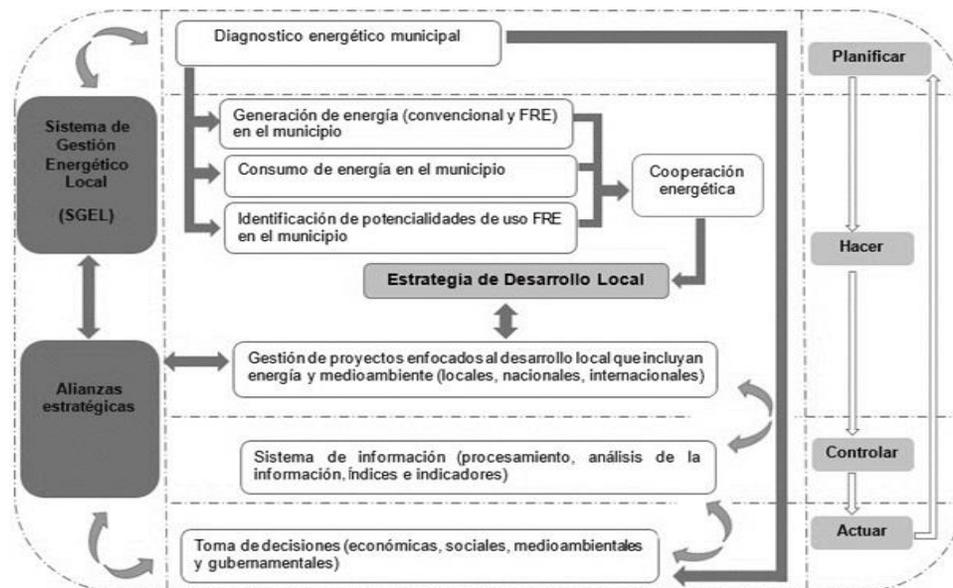
1. Diagnóstico energético municipal.
2. Estrategia de desarrollo local.

3. Alianzas estratégicas.
4. Sistema de gestión energético local.

Se integran los elementos de GP y GEL, tomando como referencias los modelos desarrollados en Cuba para estas, lo que permite obtener el modelo gráfico según se muestra en la Figura 1.2.

Figura 1.2

Modelo para la GE en los órganos de gobierno local en Cuba.



Nota: (Correa Soto, 2021)

Este modelo considera todas las energías tanto las que se generan como las que se consumen en el municipio, donde una de ellas es la energía eléctrica consumida por el sector residencial, que para ello es necesario realizar los pronósticos del consumo. (Correa Soto, 2021)

Los elementos del modelo diseñado se fundamentan en el ciclo de mejora continua (PHCA) y se consideran las seis funciones para el proceso de gestión de gobierno en los municipios cubanos según (Boffill et al., 2015) en la Tabla 1.2 se muestra la relación de los elementos del modelo con las funciones y con el ciclo PHCA.

El modelo para la GEL en los órganos de gobierno se sustenta en una serie de premisas para su aplicación, principios, valores y características descritas a continuación:

Premisas:

- ✚ El reconocimiento por la Asamblea Municipal del Poder Popular (AMPP) y los actores locales implicados de la necesidad de considerar la GEL en el desarrollo local, mediante la estrategia de desarrollo económica y social municipal (EDESME).
- ✚ La AMPP debe estar comprometida con los resultados que se generen en la validación del modelo y la incorporación de la GE en la EDESME, mediante su Presidente y comisiones de trabajo.
- ✚ El compromiso de los miembros del CAM; a través, de su Intendente.
- ✚ Disponibilidad de la información necesaria para el análisis de datos y toma de decisiones, lo que implica el compromiso de los actores locales.

Principios:

- ✚ Liderazgo: el gobierno local es el facilitador, ejecutor y el responsable de dar respuesta a las presiones del contexto.
- ✚ Trabajo en equipo: el trabajo en conjunto del CAM y los actores locales en función de desarrollo local.

Valores:

- ✚ Proyecto social cubano: el ahorro es promovido por el Estado y tiene incidencia en los sectores productivos y de servicios estatales y no estatales, en el sistema presupuestado y en la población.

Tabla 1.2

Relación entre los elementos del modelo para la GEL y las funciones para el proceso de gestión de gobierno en los municipios cubanos.

Elementos del modelo de GEL	Funciones para el proceso de gestión de gobierno (Bofill Vega, 2010)	Ciclo PHCA
Diagnóstico energético municipal.	Diagnosticar.	Planificar.
Generación de energía (convencional y FRE).	Evaluar.	Hacer.
Consumo de energía en el municipio [mediante auditorías, la capacitación, sensibilización a los grandes consumidores, con la participación activa de la Oficina Nacional para el control del Uso Racional de Energía, por sus siglas (ONURE)].		
Identificación de potencialidades de uso FRE en el municipio.		
Estrategia de Desarrollo Local.		
Cooperación energética.		
Gestión de proyectos enfocados al desarrollo local que incluyan energía y medioambiente (locales, nacionales, internacionales).	Enriquecer.	
Sistema de información (procesamiento, análisis de la información índices e indicadores).	Vigilar.	Controlar.
Toma de decisiones (económicas, sociales, medioambientales y gubernamentales).	Optimizar.	Actuar.
Sistema de Gestión Energético Local.	Proteger.	Ciclo completo.

Nota:(Correa Soto, 2021)

-  Social: el rol de la sociedad en la protección y conservación del medioambiente al fomentar el uso de las FRE y la identificación de potencialidades para la utilización de las FRE.

Características:

-  Pertinencia: la adaptación del modelo a las características de cada municipio.

- ✚ Flexibilidad: la aplicación del procedimiento puede ser total o parcial en función de las características locales.
- ✚ Contextualización: adecuado para los territorios y a su incorporación a la EDESM.

Los elementos fundamentales para la aplicación del modelo para la GE en los órganos de gobierno local en cualquier municipio de Cuba se basan en:

- ✚ Cumplimiento de las premisas.
- ✚ Las características de cada municipio: contextuales (territoriales, sociales, económicas, medioambientales, infraestructura) y no contextuales (forma de gobierno, satisfacción ciudadana).
- ✚ La presencia de la EDESM o en fase de diseño.

1.4 Factores que influyen en el consumo de energía eléctrica del sector residencial

En general, se comete el error de considerar a la electricidad como un bien directamente consumido por las familias cuando no es así, la electricidad, se consume como consecuencia de la demanda de una serie de servicios que proporciona el equipamiento del hogar, calefacción, iluminación, limpieza, etc.; lo cual, se traduce en que la demanda se hace sobre los servicios y no sobre la electricidad de forma directa. La consecuencia es inmediata, ya que, cualquier modificación en las características económicas, renta o precio, tendrá dos efectos, uno a corto plazo sobre el nivel de uso del equipamiento y otro más a largo plazo sobre el stock de equipamiento que en general llevará un proceso de compra más largo. (Medina & Vicéns, 2011)

La importancia que el sector residencial ha adquirido en los últimos años dentro de la demanda eléctrica total, exige que la definición de políticas que buscan una mayor eficiencia energética; así como, la preservación del medio ambiente, tengan en cuenta los hábitos de consumo eléctrico de los hogares. Identificar aquellos factores que más influyen en su factura eléctrica, garantizará el éxito de cualquier medida de ahorro energético. La primera limitación para abordar este objetivo es la falta de información basada en mediciones reales. (Medina & Vicéns, 2011)

El análisis del consumo de energía eléctrica residencial y su relación con la renta es un elemento clave en el estudio del sector eléctrico, ya que, su conocimiento permite determinar la influencia de las variaciones en el nivel de ingreso sobre la demanda y aproximar medidas de política económica que tengan por objetivo un mayor control de esta variable. Adicionalmente, dadas las repercusiones que genera cualquier variación del sector sobre el conjunto de la economía, determinar las variables que influyen en la demanda de energía eléctrica residencial y su importancia es un condicionante básico en todo proceso de planificación normativa de la economía en su conjunto. (Medina & Vicéns, 2011)

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por (Medina & Vicéns, 2011) permiten afirmar que el tamaño del hogar (número de miembros) y de la vivienda (m^2) son las variables que más influyen en la factura eléctrica de un hogar; así, y bajo la condición “ceteris paribus”, un nuevo miembro del hogar supone un incremento de la factura eléctrica del 13%, mientras que diez metros adicionales de vivienda aumentan el gasto eléctrico en un 4%. Estas relaciones varían según el tipo de consumo que realiza el hogar, disminuyendo la relación entre el consumo eléctrico y el número de miembros en el segmento de hogares con consumo alto, y aumentando, en este mismo segmento, para el caso del tamaño de la vivienda.

En sentido contrario destaca el bajo protagonismo que desempeña la renta, lo que permite definir a la electricidad como un bien de primera necesidad, con una elasticidad próxima a cero y donde cambios en la renta no producen modificaciones significativas en los hábitos de consumo eléctrico del hogar. En este escenario, la necesidad de un mayor control del consumo residencial no debería basarse en políticas que supongan una reducción de los niveles de renta, tales como, la introducción de figuras impositivas que graven el consumo o medidas destinadas a un mayor control de la tarificación eléctrica y si en otras alternativas más eficaces, inclinándonos por las políticas de gestión activa de la demanda con impacto en el corto y largo plazo. (Medina & Vicéns, 2011)

Los pronósticos de demanda eléctrica juegan un papel crucial en los sistemas de producción de energía eléctrica en todo el mundo (Liu et al., 2015); (Najafi Ravadanegh et al., 2016) El pronóstico de demanda guía la planificación de la producción, comercio o distribución, operacionabilidad, etc.; sin embargo, la electricidad revela una estructura especial, que no puede ser almacenada, debe proporcionar un equilibrio entre la producción y demanda. (Khuntia et al., 2016)

Basándonos en la practicidad de los elementos secuenciales de análisis y en los diferentes estudios realizados por (Black & Henson, 2013);(Berrezueta & Encalada, 2014) el consumo energético en el sector residencial depende de factores tales como:

- ✚ El clima (temperatura, velocidad del viento, humedad, etc.).
- ✚ La distribución de la población (viviendas, industria, etc.).
- ✚ La ubicación geográfica.
- ✚ El número de personas que ocupan el domicilio.
- ✚ El tipo y estado de la edificación.
- ✚ Las tecnologías empleadas para la iluminación.
- ✚ Las formas y cantidad de electrodomésticos.
- ✚ Las condiciones de instalaciones eléctricas.
- ✚ Tarifa (precio que pagan los clientes por el consumo de energía eléctrica).
- ✚ Las reservas hídricas.
- ✚ El precio del petróleo.
- ✚ El crecimiento demográfico.
- ✚ El consumo por persona.
- ✚ El consumo per cápita de electricidad.
- ✚ La energía disponible.
- ✚ Los estilos de vida vistos en intensidad de las actividades comerciales y cotidianas (horas pico frente a horas no pico, días laborables frente a fines de semana, feriados, vacaciones, PIB per cápita, etc.).

Estas características únicas y específicas conducen a cambios de la de demanda eléctrica requiriéndose adaptación del suministro eléctrico, como se puede apreciar en la Figura 1.3.

Por otro lado, estas características han conducido a una nueva área de investigación para el desarrollo de técnicas de pronósticos más precisos y estables.

Figura 1.3

Factores que influyen en el pronóstico de la demanda de energía eléctrica.



Nota: (Alvarez Basanta, 2022)

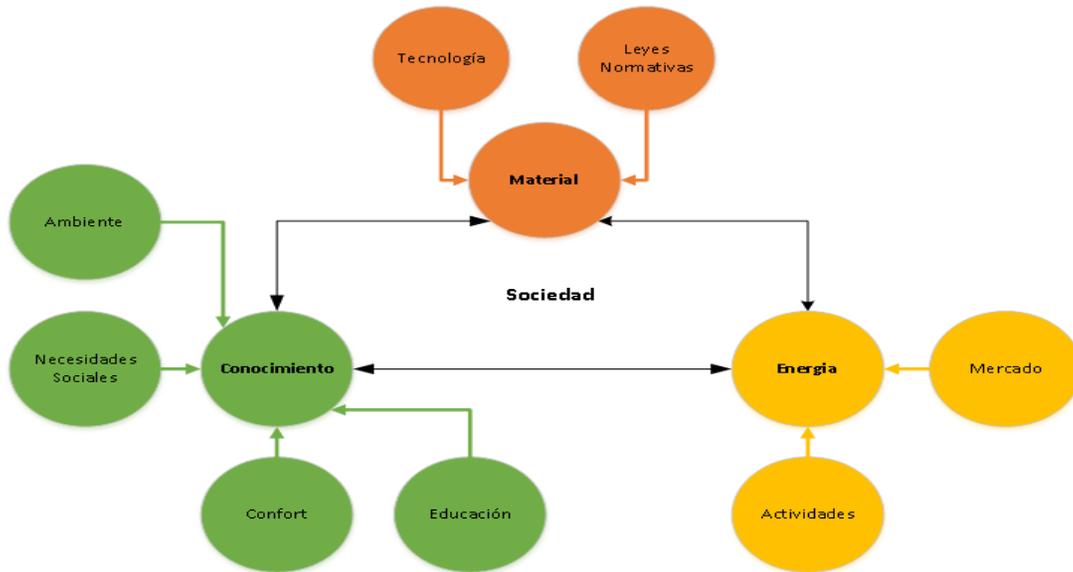
Además, un buen pronóstico de resultados ha permitido avanzar en las siguientes materias: variabilidad climática (calentamiento global), inclusión de vehículos eléctricos, generación eólica y solar, la eficiencia energética y respuesta a la demanda eléctrica. En general, no suele haber una solución exacta para la ecuación anterior debido a la variabilidad inherente a datos del mundo real, a la infinidad de factores que pueden influir en cada dato y a la incertidumbre de muchas mediciones (Berriel et al., 2017) (Keshtegar et al., 2018) (Alvarez Basanta, 2022)

Sobre la base de las ideas expuestas, en el artículo de (Delgado et al., 2017) la metodología de evaluación del comportamiento socio-energético, se basa en un conjunto abierto de procedimientos relacionados a identificar buenas prácticas de GE a nivel residencial y domiciliario (ver Figura 1.4). El estudio de los factores de consumo es inseparable de la cultura y de la ideología, se ha de integrar en el análisis global considerando la producción del recurso localmente. Conocidos antropólogos tales como el Psicólogo Abraham Maslow refieren como necesidad básica a la vivienda y por ende se proyecta el uso de la dotación

energética para la misma. Existe adicionalmente el aporte de un esquema de motivaciones psicológicas conspicuas tanto a nivel individual como grupal que según el nivel socio-económico relievan algunos de los factores citados.

Figura 1.4

Factores que afectan el nivel cultural Socio-Energético.



Nota: (Delgado et al., 2017)

1.5 Herramientas para la Gestión Energética Local

A nivel mundial las herramientas computacionales que se utilizan para la GEL están enfocadas en la gestión de micro-redes inteligentes que van desde una vivienda, edificios, vecindarios, ciudades e industrias; la interconexión entre si posibilita el intercambio de información entre estas con el centro de control al cual están interconectadas el cual será el encargado de gestionar y controlar las transacciones de energía entre las mismas y la red principal en caso de existir. Cabe resaltar que estas micro-redes inteligentes permiten la interconexión entre las diferentes fuentes de energía eléctrica; en su gran mayoría están conformadas por una o varias FRE interconectadas a la red principal hacia la cual aportaran aquella energía disponible y no utilizable por las micro-redes permitiendo un balance de cargas entre el sistema. La inclusión de las FRE en estos sistemas es una tarea altamente compleja debido a la imprevisibilidad de su comportamiento este equilibrio es difícil de

lograr; por lo tanto, se requiere un análisis cuidadoso del comportamiento de las entidades del mercado, a saber, los perfiles de consumo y producción, en tiempo real. (Alvarez Basanta, 2022)

Los sistemas de soporte de decisiones (DSS) han ganado mucha importancia en las últimas dos décadas en entornos industriales y de fabricación. La toma de decisiones sobre el tema es una técnica muy importante que ha ayudado a crear nuevas ideas y la recomendación correcta en la industria inteligente, las ciudades inteligentes y también en el avance de la computación en la nube. (Zhang & Shen, 2020)

A lo largo de los años se han creado diversas herramientas que han dotado a los decisores sobre el camino a seguir, algunas de las más conocidas son:

- ✚ DSpace, SIMPLORER: son utilizados para probar sistemas compuestos de almacenamiento de energía (baterías y ultracondensadores) con GE dinámica en una micro-red. Esta configuración de convertidor de potencia y el esquema de GE pueden distribuir activamente la demanda de potencia entre los diferentes elementos de almacenamiento de energía. Desarrollados por DSpace Foundation y Ansoft Corporation respectivamente en el 2011.
- ✚ Fuse Viz: aplicación basada en la web para el consumo integrado de electricidad y la visualización de información contextual fue desarrollado por Oracle Corporation en el 2012
- ✚ MATPOWER: se utiliza para respaldar un marco de simulación que utiliza simulaciones secuenciales de Monte Carlo para investigar el rendimiento de las micro-redes autónomas. Desarrollado por PSERC at Cornell University en el 2012
- ✚ PSCAD/EMTDC: permite la validación a través de amplios estudios de simulación del control de potencia propuesto, el uso compartido y la GE entre los recursos de energía distribuida en múltiples micro-redes. Desarrollado por Manitoba HVDC Research Center en el 2012
- ✚ DigSILENT Power Factory: desarrollado por DigSILENT en el 2013 se utiliza para resolver el enfoque propuesto por el proyecto SwissGrid. El método propuesto es un enfoque descentralizado para la gestión de carga.

✚ DSTATCOM: se utiliza como mecanismo de control para la regulación de voltaje. Desarrollado por S and C Electric Company en el 2013.

Cabe destacar que existen un sinnúmero de herramientas creadas por varios investigadores que se auxilian de otras aplicaciones más conocidas como Matlab.

(Tolón Martín, 2013) presenta una metodología de operación y GE de micro-redes de termoeléctricas que, a partir de una configuración energética dada, opera los subsistemas de producción para satisfacer la demanda del distrito y maximizar el beneficio del operador ESCO considerando el mercado de la energía y emisiones de CO₂. La metodología ha sido implementada en el programa STELLA©.

Más tarde en el 2015 (Martínez-Molina et al., 2015) proponen un sistema de gestión de la energía de una micro-red, basado en un modelo de control predictivo (MPC) y empleando programación lineal entera-mixta (MILP). Al mismo tiempo (Bordons et al., 2015) siguiendo este mismo enfoque presentan diseños de controladores para casos que incluyen diversas FRE, como energía solar y eólica, y almacenamiento híbrido con hidrogeno, lo que permite gestionar el balance de energía en distintas escalas de tiempo.

Un año más tarde (Guacaneme Muñoz et al., 2016) exponen el diseño, construcción y funcionamiento del prototipo de un emulador de una micro-red eléctrica aislada. Realizando el diseño escalado de una aplicación real que incluye un sistema fotovoltaico aislado, la tecnología del vehículo eléctrico (VE) ejerciendo como carga o como elemento generador (V2G), determinan diferentes perfiles tanto de irradiancia como de carga con el fin de emular las condiciones de generación y las características de una micro-red aislada; además, desarrollan un algoritmo de GE y crean un módulo de carga capaz de reflejar el comportamiento de consumo de una vivienda residencial con valores escalados, permitiendo observar la activación o desactivación, manual o automática, de cada una de las cargas.

(Navarro Chamorro, 2020) propone un algoritmo basado en el MPC que gestiona el intercambio energético en la micro-red del Centro Científico y Tecnológico Balzay perteneciente a la Universidad de Cuenca, Ecuador. Este incluye los elementos de la microrred (fuentes, cargas, almacenamiento etc.) a controlar mediante MPC, se realizan predicciones del estado en instantes sucesivos y se calculan las señales de control óptimas para obtener la salida deseada a lo largo de un horizonte de control. En ese mismo año

(Aguña Cuadrado, 2020) crea una herramienta de simulación y análisis de una micro-red en el entorno de *Matlab simulink* que permite incorporar la previsión de producción de energías renovables, la previsión de la demanda eléctrica, la previsión de los precios de la electricidad y un sistema de almacenamiento. La herramienta de simulación permite trabajar a la micro-red de forma aislada o conectada a red, cuando esté conectada a la red se dispone de 3 modos de funcionamiento permitiendo gestionar la energía en diferentes escenarios.

(Sánchez-Silvera et al., 2021) desarrolla una arquitectura aplicando sistemas multiagente que permiten gestionar el modo de operación de un sistema de micro-redes distribuidas en un entorno aislado. Se describen detalles sobre el diseño y desarrollo del sistema de agentes múltiples con el objetivo de prevenir sobrecargas y profundas descargas en las baterías. Incorporan al sistema funcionalidades para aislar las micro-redes. El sistema multiagente; también, implementa un algoritmo para soportar el intercambio de potencia entre las micro-redes de forma independiente. La simulación del sistema es realizada mediante OpenDSS-G y Python.

1.6 Herramientas para la Gestión Energética Local en Cuba

La GEL en el país ha transitado en los últimos años por varias investigaciones que van desde el diseño de los indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos realizado por (de Armas & Cruz, 2017) para los cuales se auxiliaron de varias técnicas, a saber, diagrama causa-efecto, 5Ws y 2Hs, diagrama de flujo, análisis de regresión múltiple, entre otras.

Al mismo tiempo, (Hurtado Espinosa, 2017) desarrollo un producto informático para la GEL a partir de una aplicación web llamada "GEM" con varios módulos de interacción que abarcan las aristas de Educación, Socialización y Operacional. Ambas investigaciones abordan el problema de pronosticar la demanda de energía eléctrica a través de regresión lineal múltiple (RLM) considerando todas las combinaciones posibles de las variables independientes y comparando los modelos obtenidos mediante el coeficiente de determinación ajustado (\bar{R}^2), el coeficiente de determinación de Mallows (Cp) y el error cuadrático medio (MSE), que permitieron la determinación de líneas bases energéticas para el sector residencial por Cp. (Alvarez Basanta, 2022)

Más adelante, cronológicamente hablando, (Cabello Justafré, 2018) crea un indicador que permite medir la eficiencia energética municipal. Se valida las líneas bases energéticas concluyéndose que los pronósticos mediante (RLM) son válidos, sin embargo, no lo suficientemente precisos. A razón de los resultados obtenidos, se selecciona red de inteligencia artificial (ANN) para el pronóstico teniendo en cuenta las mismas variables utilizadas por (de Armas & Cruz, 2017);(Hurtado Espinosa, 2017)

(Chaviano & Puebla, 2018) realizan un análisis de calidad de la herramienta antes creada por (Hurtado Espinosa, 2017). El trabajo con expertos le permitió determinar las deficiencias existentes en el producto GEM. Se aplica el método general de solución de problemas para la definición y análisis de los problemas identificados, así como, la selección de las alternativas de solución y su implementación. Se utilizan herramientas como el análisis de modo fallo y errores (AMFE) para la priorización de los problemas existentes y el despliegue de la función calidad (QFD) para la mejora del producto GEM con el fin de permitir una mejor interacción con los diferentes actores de la GEL.

(Díaz La Hoz, 2019) aplicando las consideraciones sugeridas por (Chaviano & Puebla, 2018) en su trabajo de diploma, perfecciona el producto informático GEM agregándole al apartado Educación nuevos contenidos que abarcan: artículos científicos, investigaciones, capacitación, libros, legislación y contenido multimedia e interactivo. En el apartado Operacional se trabaja con diferentes roles que permiten usar diferentes herramientas de acuerdo a los permisos asignados para cada cual con el fin de evitar una manipulación indebida de los contenidos y evitar el acceso a los datos utilizados para los pronósticos de demanda; en el de Socialización se pueden conocer noticias y eventos asociados a la GEL. Esta nueva versión del producto GEM está basada en Python 3.0.

(Hernández Aróstegui et al., 2021) logran modelar y simular satisfactoriamente diferentes condiciones de operación de una micro-red eléctrica conformada por un parque fotovoltaico de 1 MWp y un grupo electrógeno de 1,2 MVA para alimentar una carga con potencia nominal de 1 MW. Utiliza el programa MatLab R2017b; a través, de su herramienta SimPower System para analizar en cada caso el comportamiento de la micro-red en la búsqueda de confiabilidad y continuidad en el servicio de energía eléctrica. La carga se simula a partir de la curva de demanda durante 24 horas.

Por otra parte, la ONURE en diciembre del 2021 crea una aplicación para la GE del sector empresarial. La plataforma informática para la GE del lado de consumo SAGEN (Sistema

Automatizado de Gestión Energética) permite a las OSDE, Uniones de Empresas y entidades, la GE desde las estructuras de subordinación. La captación del consumo total y en los horarios picos por autolectura diaria, con la evaluación del cumplimiento del plan diario y acumulado. El análisis del cumplimiento del plan de consumo total y en las horas pico al cierre de cada mes, con la condición de la facturación eléctrica de la Unión Nacional Eléctrica (UNE). El análisis de los indicadores de consumo por niveles de actividad. El registro de oportunidades de mejora y potenciales de ahorro identificados, como parte del programa concebido en cumplimiento de los Artículos 21.1 y 21.2 del Decreto Ley - 345. El registro y elaboración de resúmenes de propuesta de inversión o mantenimiento, dirigidas a la eficiencia energética y la introducción de FRE (banco de problemas energéticos) y su seguimiento.

(Alvarez Basanta, 2022) realiza una serie de críticas a los trabajos precedentes, los cuales, a partir del análisis realizado detecta el no cumplimiento de los supuestos de la regresión para la metodología utilizada hasta el momento, el uso de software incompatibles con el producto creado siendo necesario en ese entonces el uso de las herramientas externas las cuales son privativas, a partir de esto crea un algoritmo en Python el cual se integra de forma nativa y en este se mitigan las deficiencias detectadas por el mismo e incorporando una nueva técnica de pronóstico.

En ese mismo entonces (Vázquez Fuentes, 2022) crea un software que permite conocer el cálculo de la Huella Energética de algunas unidades de la corporación CIMEX Cienfuegos utilizando una base de datos para el almacenamiento de los resultados, tomando una adaptación de la metodología propuesta por (Wackernagel & Rees, 2001) que utiliza el término giga joule (GJ), plantean que una hectárea absorbe 100GJ de energía al año por lo que se realiza dicha conversión para cada tipo de combustible.

Todas estas investigaciones dan un soporte constituido por herramientas para la GEL, sin embargo, en la actualidad se requiere de un producto informático (software) que permita la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la GE en una localidad.

1.7 Conclusiones parciales

- ✚ La GE se aplica en cualquier tipo de organización incluyendo los gobiernos locales; en Cuba esta temática aún es incipiente por lo que es necesario hacer énfasis en la planeación energética como uno de los elementos de la GEL.
- ✚ Los factores que influyen en el consumo energético en el sector residencial son varios entre ellos: clima, tarifas, crecimiento demográfico, energía disponible, estilos de vida, entre otros muchos y poco estudiados en Cuba.
- ✚ Las herramientas para la GEL son numerosas a nivel mundial evidenciándose una evolución en ellas al incorporar MPC, incluir sistemas fotovoltaicos aislados, la producción de energías renovables, la demanda eléctrica y la previsión de los precios de la electricidad; sin embargo, en Cuba son escasas, pero de gran relevancia ante la situación energética del país.

Capítulo II: Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética

Local

En este capítulo se aplica la metodología de solución de problemas del ingeniero industrial; así como, el despliegue de la función calidad con el objetivo de identificar qué características debe tener el nuevo producto informático para satisfacer las necesidades de los clientes en cuanto a GEL, tomando como objeto de estudio el sector residencial del municipio de Cienfuegos, para ello se comienza con una breve caracterización del municipio.

2.1 Caracterización del municipio de Cienfuegos

Cienfuegos, es el municipio cabecero de la provincia de igual nombre este consta con una extensión superficial de 356,3 km². Se encuentra situado en el centro-sur de la provincia a los 22° 7' y 30" de latitud Norte y 80° 18' de longitud Oeste sobre la península de Majagua, limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, por el Sur con el Mar Caribe, hacia el Este con el municipio de Cumanayagua y por el Oeste con el municipio de Abreus. (ONEI Cienfuegos, 2021)

Sus características ambientales se reflejan en la Tabla 2.1 y están determinadas por los indicadores de clima, por ejemplo, en el año 2020 se registró un total anual de 1754,5 mm de lluvia, que abarcaron 120 días, una temperatura media anual 31,2°C para la máxima y 21,6°C para la mínima, dirección y rapidez de viento predominante 16 rumbos NE a 7,0 km/h, humedad relativa del 77% y una nubosidad media de 3 octavos. (ONEI Cienfuegos, 2021)

La bahía de Cienfuegos se extiende en un área de 88.46 km² con un volumen de agua para el nivel medio del mar de 810 Km³. Su forma es ovalada y está orientada de NO a SE. Tiene 19 km de longitud máxima y 7.5 km en su parte más ancha, con una profundidad promedio de 9.5 m. De forma natural está dividida en dos lóbulos delimitados por el bajo "Las Cuevas" que tiene una profundidad promedio de 1.5 m. Presenta un estrecho y sinuoso

canal de acceso con una longitud de 3 600 m y profundidades entre 30 y 50 m en el centro, limitado por dos puntas, al este por “Punta Los Colorados”. El territorio presenta un gran

Tabla 2.1

Variables meteorológicas.

ESTACIONES Y AÑOS	Lluvia		Temperatura media	
	Total anual (mm)	Días con lluvias (U)	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Cienfuegos				
2015	1 166,1	125	31,5	21,5
2016	963,8	121	30,8	20,8
2017	1 568,5	123	30,8	20,8
2018	1 437,6	117	30,4	20,8
2019	1 181,6	101	31,4	21,0
2020	1 754,5	120	31,2	21,6

ESTACIONES Y AÑOS	Viento predominante		Humedad relativa (%)	Nubosidad media (En octavos)
	Dirección en 16 rumbos ^(a)	Rapidez (km/h)		
Cienfuegos				
2014	NE	9,2	77	3
2015	ENE	10,7	79	3
2016	NE	7,2	77	3
2017	NE	6,4	77	3
2018	NE	6,4	80	3
2019	NE	6,9	77	3
2020	NE	7,0	77	3

^(a)Se refiere a los puntos cardinales

Fuente: Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

Nota: (ONEI Cienfuegos, 2021)

potencial natural, tanto para el desarrollo de la actividad humana: residencial, industrial, marítimo-portuaria, agropecuaria, forestal, minera, pesquera, turístico-recreativa y otros; así como, la conservación de ecosistemas de la flora y fauna, ejemplo de estos se pueden observar en el área protegida Guanaroca.(Muñoz Caravaca et al., 2014);(Alvarez Basanta, 2022)

Las características físico geográficas propician la vulnerabilidad del territorio ante la ocurrencia de fenómenos atmosféricos como las inundaciones por intensas lluvias, las penetraciones marinas y las afectaciones por fuertes vientos, dado por los ríos y arroyos, en el caso de la ciudad se incrementan las inundaciones a partir de los problemas de drenajes generados por la urbanización. Las penetraciones marinas ponen en peligro a las costas bajas y acumulativas, manifestándose de manera diferente en el interior y exterior de la bahía. La exposición a los fuertes vientos se hace mayor en las áreas de llanuras al no contar con barreras naturales que las protejan frente a este peligro. (Muñoz Caravaca et al., 2014);(Alvarez Basanta, 2022)

El municipio cuenta con 19 Consejos Populares (CP) de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político-administrativas siendo utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.2, se encuentran distribuidos espacialmente como se muestra en la Figura 2.1.

Tabla 2.2

Consejos Populares.

Municipio	Consejos Populares
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Griffo, Caunao, La Gloria, Tulipán, La Barrera, Buenavista, San Lázaro, Paraíso, Rancho Luna, Punta Gorda, Guaos, Pepito Tey, Castillo CEN

Nota: (Alvarez Basanta, 2022)

El municipio tiene una población residente de 178 842 habitantes y una densidad de población de 501, 94 hab/km², con 87 998 hombres y 90 844 mujeres, los menores de 15 años representan el 15, 8 % de la población, las edades entre 15 y 59 años el 63, 82 % y los mayores de 60 años son 36 442 representando el 20, 38 % de toda la población cienfueguera, el Índice de Rosset es de 20.04% por lo que se clasifica como una población muy envejecida y la esperanza de vida al nacer para los hombres es de 76,94 años y las mujeres 80,86 años. El municipio tiene una tasa anual de crecimiento de 5,0 y una relación de masculinidad 969 y un total de 56 946 viviendas (ONEI Cienfuegos, 2021)

La base económica del municipio es fundamentalmente industrial y de servicios. El territorio cuenta con 3 zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, 3 zonas portuarias, una red de almacenes, talleres y

Figura 2.1

Distribución Espacial de los CP



Nota: (Alvarez Basanta, 2022)

pequeñas industrias dispersas dentro de la trama urbana. En la actividad agropecuaria se destacan la producción de alimentos como: cultivos varios, frutales y ganadería. Una actividad con futuro es el turismo, que cuenta con 9 hoteles, se desarrolla la actividad inmobiliaria en Punta Gorda, su ampliación en el Centro Histórico y proyecciones de desarrollo hasta el 2030, existe una base de campismo y cabañas de recreación. (Correa Soto et al., 2018)

De los 115 294 habitantes del municipio en edad laboral 96 280 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 1861 pesos. El sector estatal está conformado en el municipio por 120 organismos (58 empresas, 49 unidades presupuestas, 12 cooperativas y 1 empresas mixtas), estos organismos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía que se desglosa en energía eléctrica, el gas, la gasolina motor, el combustible diésel, los aceites, grasas y lubricantes, petróleo crudo, petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL. (ONEI Cienfuegos, 2021)

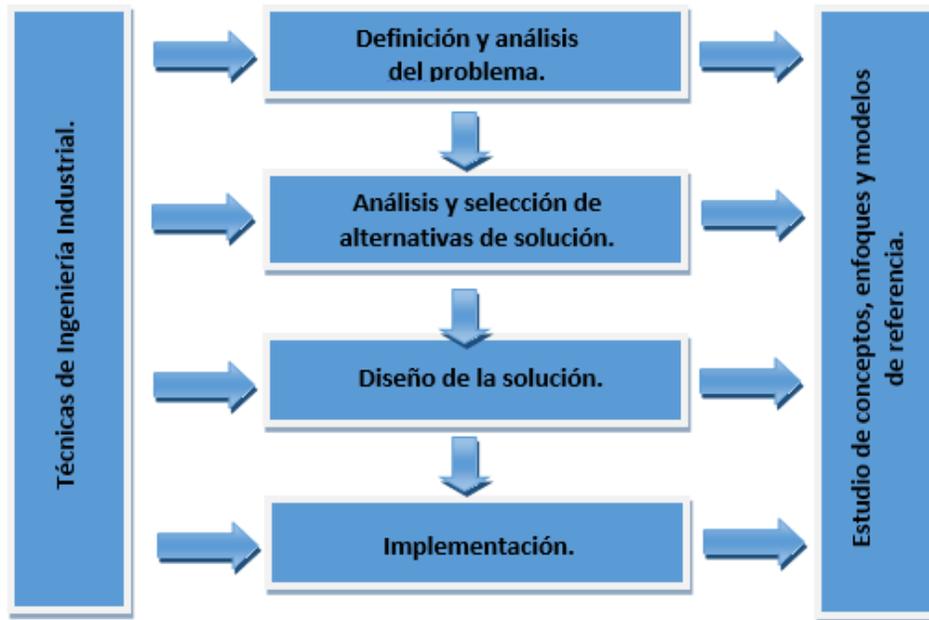
Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56 946 viviendas consume energía eléctrica, gas, donde el portador de mayor significancia es la energía eléctrica siendo el Consejo Popular Centro Histórico el de mayor consumo y Guaos el de menor. Así como la generación de energía eléctrica a través de la Termoeléctrica “Carlos Manuel de Céspedes” (ETE) y la inserción de FRE, como parque fotovoltaico (Cantarrana), biodigestores, calentadores solares, paneles solares, arietes hidráulicos. (Campillo Sabina, 2018)

2.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial

En el desarrollo de la investigación se utiliza para el análisis, la metodología para la solución de problemas como se muestra en la Figura 2.2.

Figura 2.2

Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial.



Nota: (Díaz La Hoz, 2019)

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

2.2.1 Definición y análisis del problema

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

- ✚ Mapa de procesos.
- ✚ Mapa general de procesos.
- ✚ SIPOC.
- ✚ Flujogramas.
- ✚ Aplicación de listas de chequeo.
- ✚ Cuestionarios.

- ✚ Priorización de causas.
- ✚ Análisis estadísticos.
- ✚ Análisis de distribuciones.
- ✚ Capacidad de cumplir las especificaciones.
- ✚ Observación directa.
- ✚ Revisión de documentos.
- ✚ Métodos de expertos.

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

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

Dónde:

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

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

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

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

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

- ✚ Años de experiencia.
- ✚ Vinculación a la actividad lo más directamente posible.

✚ Capacidad para trabajar en equipo.

✚ Conocimiento del tema a tratar.

Se utiliza la metodología de (Cortés & Iglesias, 2004) para el cálculo del coeficiente de competencia, la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto.

2.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución

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

2.2.3 Implementación

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

2.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas

En el siguiente epígrafe se aplican las etapas de la metodología de solución de problemas que permite mejorar la GE del gobierno del municipio de Cienfuegos.

2.3.1 Definición y análisis del problema

Para realizar el análisis del problema se hace necesario la determinación del grupo de expertos, después de realizar los cálculos se determina que el número de expertos debe ser un total de once, pertenecientes al Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), a la Facultad de Ingeniería (FI), al Departamento de Matemática Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (FCEE) de la Universidad de Cienfuegos y la ONURE; los que se detallan a continuación:

- ✚ DraC. Jenny Correa Soto (CEEMA)
- ✚ DrC. Zaid García Sánchez (CEEMA)
- ✚ DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- ✚ DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- ✚ DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- ✚ DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- ✚ DrC Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- ✚ DrC. Eduardo Concepción (FI)
- ✚ MSc. Isidro Fraga Hurtado (CEEMA)
- ✚ MSc. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
- ✚ MSc. Lázaro Daniel Álvarez Basanta (FCEE)

Seguidamente a todos se les realiza un análisis de experticia según se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3

Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto.

Expertos	Kc	Ka	$K_{comp} = Kc + Ka/2$	Nivel
1	0.9	0.79	0.85	Alto
2	0.8	0.90	0.8	Alto
3	0.8	0.96	0.88	Alto
4	0.9	0.79	0.85	Alto
5	0.8	0.84	0.82	Alto
6	0.9	0.79	0.85	Alto
7	0.8	0.96	0.90	Alto
8	0.7	0.79	0.81	Alto

9	0.7	0.76	0.83	Alto
10	0.8	0.90	0.72	Medio
11	0.7	0.77	0.88	Alto

Los expertos analizan como ha ido evolucionando la GE en el municipio de Cienfuegos en los últimos años según las diferentes investigaciones, comenzando por el Producto GEM implementado por (Hurtado Espinosa, 2017), hasta las últimas mejoras propuestas por varios autores y señalando las principales deficiencias detectadas por cada uno de ellos.

 (Hurtado Espinosa, 2017)

Crea un software en Python 2.7 sin utilizar técnicas de pronóstico y un módulo Operacional que no es funcional, porque tiene una aplicación multiplataforma y usa herramientas privativas, que no se enlazan con estas para el pronóstico, por lo que, este apartado no es operacional; pues, se supone que todo debe estar en una misma plataforma. Las deficiencias detectadas por este autor en la GE del municipio son las siguientes:

1. En el proceso de toma de decisiones de la energía eléctrica municipal definido por (Agüero Gonzalez, 2016); (Ávila Acosta, 2016); (Cantero Madrazo, 2016); (Fernández Contreras, 2016); (Nápoles García, 2016); (Rodríguez Figueredo, 2016); (Aureliano Viera, 2016) no se consideran los consumos de los 19 Consejos Populares que componen el municipio de Cienfuegos.
2. La información de la generación y consumo, no solo de la energía eléctrica, sino de todos los portadores energéticos dispersos no permite al gobierno local realizar una adecuada GE y lograr visibilidad de su gestión.

 (Chaviano & Puebla, 2018)

Realizan un análisis de calidad de la herramienta antes creada por (Hurtado Espinosa, 2017) en la cual detectan las deficiencias siguientes:

1. El diseño del sitio se puede mejorar mucho, utilizando herramientas disponibles más actuales. Porque una interfaz intuitiva y la interacción con el usuario es muy importante, esto se puede lograr usando filosofías de diseño

que permiten hacer un trabajo de excelente calidad y con una buena organización, posibilitando que el trabajo se haga más fácil y pueda mejorarse constantemente en el tiempo.

2. Necesita mejorar las funcionalidades que posee. Las mejoras de las funcionalidades del sitio son muy importantes y es lo que evita incompatibilidades con los sistemas donde se van a implementar, pues, todo el tiempo las tecnologías y las comunicaciones avanzan a diario y es muy importante estar al tanto del mercado y las exigencias de los clientes. Mejorarlas e implementarlas nuevamente puede resultar beneficioso, evitando futuros errores que dejen fuera de servicio la aplicación.
3. Es poco escalable en el tiempo. La aplicación no tiene una organización requerida que le permita agregar funcionalidades de manera fácil y entendible para cualquier persona que asuma el cargo de atender la aplicación; por lo que, entender el código poco organizado puede resultar fatal en tiempo, en búsqueda de errores que se presenten, en mejorar las funcionalidades que tiene sobre esa misma aplicación y también agregarlas puede ser costoso en caso que surja algún error durante su despliegue.
4. Es poco mantenible en el tiempo, al ser poco escalable, también, se hace poco mantenible debido al gran esfuerzo que puede costar mantener esta aplicación, sin conocer la filosofía de trabajo que emplearon sus programadores, ya que, al conocer poco de ella podría costar caro hacer mejoras constantes a la aplicación, lo cual, requiere de un intenso estudio para conocer como está escrito todo el código y aun así la probabilidad de errores durante su mantenimiento, escalabilidad y mejora puede resultar costoso en tiempo de estudio y en tiempo del tratamiento de errores.
5. Su implementación no tiene documentación alguna del código, por lo que, hace más difícil su continuidad en el mismo proyecto. No tiene documentación alguna y su estudio se hace "de manera forzada" sin guía alguna, a interpretación pura del código escrito, sin tener un manual de ayuda oficial que explique exactamente que hace cada parte de la aplicación.

6. Necesita una sesión de interacción más directa con los usuarios. La planificación de una sesión de interacción con los usuarios es muy importante, porque, de esta manera se estaría asegurando que el usuario final o cliente sea partícipe del proceso de desarrollo de la aplicación. Teniendo en cuenta, que realmente se hace para las personas, su criterio como cliente es muy importante, de esta forma, el trabajo realizado puede tener siempre una meta o una guía de "que hacer" y "que no hacer". Está basado en Python 2.7 y es necesario trabajar con una versión mayor a Python 3.0. Una versión mayor de Python puede simplificar muchas funcionalidades a la hora de trabajar en la construcción de una aplicación y tener en cuenta que es necesario, siempre que se pueda, trabajar con las últimas herramientas del mercado que estén disponibles o al alcance de los desarrolladores y Python 3.0 puede ser la herramienta fundamental para funciones específicas de la aplicación, como el análisis de datos.
7. Existen mejores herramientas de implementación que contienen mayor número de bibliotecas, que pueden correr en cualquier plataforma (Windows, Mac, Linux). Más actualizadas, con una comunidad para desarrolladores mucho más amplia, con mayor documentación disponible y que están en constante mejora. Lo que hace muy lógico el empleo de tecnologías que cumplan estos requisitos.
8. Su base de datos no está bien organizada e implementada y se pueden utilizar otros gestores de base de datos más potentes y con mejores herramientas, ya que, poseen incluso mejor seguridad (lo cual, pasaría a ser un punto crítico en la estructura de la aplicación) y que son compatibles con los intereses del proyecto. Ejemplo de ello es SQL Server 2014.
9. Web2py es un framework competente, pero las necesidades indican que para el trabajo deseado es requerible otras herramientas, que permitan con el tiempo, que el proyecto crezca según vayan apareciendo nuevos requisitos y funcionalidades y que contenga una estructura segura, flexible, adaptable y fácil de mantener.

Además, realizan un análisis a todos estudios de forma general realizados en el municipio de Cienfuegos desde el 2016 relacionados con la GEL donde existen deficiencias en ellas tales como:

1. Línea base energética municipal (LBEM) e indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal sin validar.
2. El consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.
3. Existen pocos proyectos de desarrollo local que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.
4. Los medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.
5. La necesidad de definir en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.
6. No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL.

 (Díaz La Hoz, 2019)

Aplica las consideraciones sugeridas por (Chaviano & Puebla, 2018) en su trabajo de diploma, perfeccionando el producto informático GEM, esta nueva versión está basada en Python 3.0. y detecta una serie de deficiencias en la GEL en el municipio de Cienfuegos, entre las que se encuentran:

1. No se consideran los consumos de energía eléctrica por Consejos Populares.
2. El consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.
3. Los medios de comunicación y socialización carecen de retroalimentación entre las partes.
4. La información de generación y consumo de energía está dispersa entre diferentes actores.

5. Los indicadores energéticos para el sector residencial no se han validado: fueron propuestos por Cp, pero no se ha demostrado su veracidad.
6. Las LBEM no han sido validadas, su diseño se basa en el uso de las rectas de regresión lineal múltiples, sin embargo, estas aún no han mostrado su veracidad.

🚦 (Alvarez Basanta, 2022)

Determina una serie de deficiencias en el trabajo realizado por (Díaz La Hoz, 2019) entre las cuales se encuentran las siguientes:

1. Utiliza el procedimiento RLM y aplica ANN realizando una comparación del pronóstico obtenido entre ambas técnicas. Este refiere que utiliza un procedimiento estadístico auxiliándose del Statgraphics, como una única acción; sin embargo, este software en su programación, tiene implementado la selección de modelos a partir de los criterios R2 Ajustado o Cp de Mallows indistintamente como una acción. Una vez seleccionado el “mejor modelo”, se procede al análisis de la regresión a partir de la ejecución de otro procedimiento (otra acción).
2. Señala que no se realizan las pruebas para analizar el cumplimiento de los supuestos de RLM mediante MCO, lo que puede conducir a la invalidez de los resultados en caso de no cumplirse alguno de los siguientes: la normalidad, heterocedasticidad y autocorrelación; mientras que la violación del resto de los supuestos solo afecta la veracidad y confiabilidad del modelo. En resumen, los contrastes elaborados a partir de los estimadores MCO ya no son válidos
3. Plantea que la herramienta web está soportada sobre Python 3.0, haciendo alusión a que pudiera ser la herramienta fundamental en el procesado de los datos; sin embargo, a pesar de esta reflexión, no se utiliza para este propósito.

En las investigaciones precedentes en el municipio Cienfuegos no se consideran los supuestos de la regresión lo cual puede invalidar los resultados. No se ofrecen medidas de calidad y del error de las técnicas aplicadas.

El producto GEM está implementado en Python y no utiliza las potencialidades del mismo en contraposición del uso de software privativo. Nadie usa los elementos que según la bibliografía son necesarios para un correcto pronóstico en el sector residencial, entre ellos: estilos de vida, factor imprescindible en todas las búsquedas a tener en cuenta para un correcto pronóstico de la demanda.

En resumen, las investigaciones anteriores permiten asegurar que existe un soporte constituido por herramientas para la GEL, pero en la actualidad se requiere de un software que permita la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la GE en una localidad.

2.4 Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética del municipio de Cienfuegos

El Método de Despliegue de la Función de Calidad o Quality Function Deployment (QFD) por sus siglas en inglés, permite considerar las necesidades del usuario.

2.4.1 Metodología de diseño y desarrollo de productos

La ingeniería de diseño juega un papel crucial en todo el proceso de desarrollo de un producto. Una labor eficaz en la fase de diseño puede mejorar la funcionalidad, reducir costes, acelerar el tiempo de puesta en el mercado y, en consecuencia, proporcionar una mayor satisfacción en el cliente o mejorar la calidad. Actualmente, el proceso de diseño se contempla desde una visión amplia, que no se refiere solamente al producto o al sistema en sí, sino también a todo lo que implica la fabricación del mismo, su uso y el destino final cuando llegue al término de su vida útil. (Hurtado Espinosa, 2017)

El proceso de diseño y desarrollo de productos puede suponer una ventaja competitiva para las grandes empresas que tratan de reducir el tiempo de salida al mercado (time to market) y el coste de diseño y desarrollo de nuevos productos. (Hurtado Espinosa, 2017)

2.4.2 Método de Despliegue de la Función de Calidad

El método QFD surge en 1966 con la revolución de una mejora que se da en Japón después de la Segunda Guerra Mundial. Fue desarrollado por Yoji Asao y Shigeru Mizuno con el fin de crear una metodología que nos permitiera ser capaces de entender las necesidades del cliente, sus requerimientos, lo que quiere, es decir, que se escuche la —voz del cliente. (Chaviano & Puebla, 2018)

El QFD se pregunta por la calidad verdadera, es decir, por —QUÉ necesitan y esperan los clientes; también, se interroga por —CÓMO conseguir satisfacer necesidades y expectativas, en este caso, la cuestión se basa en cómo diseñar el producto informático que permita la integración e interacción de los diferentes actores que intervienen en la GE del municipio de Cienfuegos. (Chaviano & Puebla, 2018)

El QFD presenta seis pasos que se detallan a continuación:

Paso 1: Lista de los QUÉ.

La lista de los QUÉ debe incluir los aspectos que los usuarios van a esperar del producto. En este punto hay que poner cuántas más cosas mejor sin olvidarse ni despreciar ningún aspecto, ya que, posteriormente se irán descartando los QUÉ menos relevantes.

Paso 2: Análisis de los QUÉ.

Lo primero que hay que hacer es clasificar los QUÉ según su importancia.

Paso 3: Lista de los CÓMO.

Una vez estudiado lo que debe tener el producto, hay que definir los requisitos técnicos necesarios para que se cumplan, para ellos en la lista de los CÓMO enumeramos qué características debe tener el producto.

Paso 4: Relación entre los CÓMO.

Este es el famoso triángulo (o tejado) que hay encima del QFD, por el cual este método se llama también la Casa de la Calidad. Es llamada matriz de interrelación de los COMO.

Paso 5: Relación entre QUÉ y CÓMO

Esta matriz está en el centro del QFD y sirve para relacionar los QUÉ demandados por el usuario con los CÓMO. De esta forma podemos traducir los aspectos abstractos de la lista de los QUÉ en características medibles de la lista de los CÓMO.

Paso 6: Análisis de los CÓMO

Se calculan los objetivos técnicos que son necesarios conseguir para cumplir finalmente con las especificaciones que requiere el producto. Para ello se fija la orientación deseada de cada CÓMO (más=mejor o más=peor).

Lo siguiente es la ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO. Para cada CÓMO se calcula la Ponderación absoluta = Sumatorio (Valor de cada la casilla de relación entre QUÉ y CÓMO Ponderación relativa del QUÉ asociado), a partir, de aquí se obtiene el orden de importancia de cada uno de los aspectos técnicos.

Por último, se rellenan cuáles son los aspectos técnicos del producto y los de la competencia y se marcan cuáles serán las características que se implementarán en el producto; teniendo en cuenta, la relevancia de esa característica en la ponderación y teniendo en cuenta también la situación de la competencia en cada una de las características.

Uno de los elementos que componen el QFD es la Casa de la Calidad constituyendo una de las partes más importantes. La Casa de la Calidad es una matriz de las que se derivan todas las demás, ya que nos permite relacionar la —voz del cliente (sus exigencias o expectativas) con la —voz del ingeniero y así encontrar los cambios que se deben hacer al diseño del proceso para llegar a la mejora deseada. Su función consiste en presentar en forma visual las relaciones entre distintos tipos de datos. (Chaviano & Puebla, 2018)

2.5 Aplicación del método Despliegue de la Función Calidad en el diseño de un producto informático para la Gestión Energética

Local

En el siguiente epígrafe se ponen en práctica los elementos conceptuales de la metodología QFD con el objetivo de analizar qué características técnicas debe cumplir el nuevo producto informático que se quiere diseñar para ser implementado en el municipio. Se desarrollan

herramientas como la Casa de Calidad, producto del trabajo del grupo de expertos que analizan el nivel de significancia de cada solicitud, así como las vías óptimas de resolución.

A continuación, se desglosan los pasos del proceso:

Paso 1: Requerimientos del cliente: Vector de "Qués" afinidad del vector de "Qués. La pregunta a contestar es: ¿Qué características son importantes para los expertos para la mejora de la planificación energética municipal?

Respuestas de la lluvia de ideas para la generación de los QUÉ.

1. Qué permita tomar decisiones a nivel municipal.
2. Qué logre una interacción directa con los usuarios.
3. Qué evidencie una gestión efectiva
4. Qué sea fácil la toma de decisiones.
5. Qué sean confiables los datos e información.
6. Qué se proteja la información.
7. Qué sea actualizable.
8. Qué visualice la gestión del gobierno en materia energética.
9. Qué se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal.
10. Qué facilite la educación energética a diferentes públicos.
11. Qué sea accesible para todos los públicos.
12. Qué tenga un lenguaje entendible para todos los públicos.
13. Qué tenga identidad.
14. Qué sea atractivo a los usuarios.
15. Qué sea capaz de funcionar en cualquier soporte.

Paso 2: Análisis de los QUÉ.

En este paso se clasifican por importancia los QUÉ, estableciendo la escala del 1 a 5 donde (1= no es importante; 5= muy importante) a través del consenso entre expertos se obtiene con un nivel de concordancia (W Kendall) de 0.89. Ver Tabla 2.4 y Figura 2.3

Paso 3: Requerimientos del diseño: Vector de "CÓMO".

En este paso se definen los requisitos técnicos necesarios para cumplir con las necesidades de los usuarios, quedando definidos como se muestra en la Tabla 2.5.

Paso 4: Relación de los CÓMO.

En este paso se establece las interrelaciones entre los CÓMO previamente definidos en la Tabla 2.6, se define la simbología a utilizar para las interrelaciones y así construir la matriz o tejado de la Casa de la Calidad.

En la Figura 2.4 se muestra la matriz de relación de los CÓMO; puesto que cada requerimiento se interrelaciona entre ellos (si es que existe relación, ya sean positivas o negativas). Los resultados se muestran en una matriz triangular simulando el tejado de una casa.

Tabla 2.4

Clasificación del nivel de importancia de los QUÉ por los usuarios.

QUÉ	Nivel de importancia para el usuario
1. Qué permita tomar decisiones a nivel municipal	5
2. Qué logre una interacción directa con los usuarios	3
3. Que evidencie una gestión efectiva	5
4. Qué sea fácil la toma de decisiones	5
5. Qué sean confiables los datos e información	5
6. Qué se proteja la información	4
7. Qué sea actualizable	5

8. Qué visualice la gestión del gobierno en materia energética	4
9. Qué se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal.	3
10. Qué facilite la educación energética a diferentes públicos	5
11. Qué sea accesible para todos los públicos.	5
12. Qué tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5
13. Qué tenga identidad	2
14. Qué sea atractivo a los usuarios	3
15. Qué sea capaz de funcionar en cualquier soporte	5

Figura 2.3

Clasificación del nivel de importancia de los QUÉ por los usuarios.

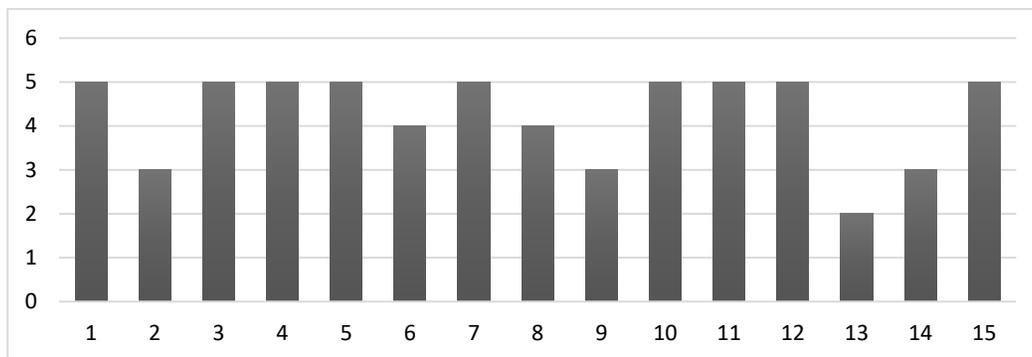


Tabla 2.5

Estableciendo objetivos para los requerimientos de diseño: Vector de "CÓMO".

Lista de los CÓMO	Escala de medida	
1. Multiplataforma	No = 0	Sí = 1
2. Apartado socialización	No = 0	Sí = 1
3. Apartado operacional	No = 0	Sí = 1
4. Apartado educación	No = 0	Sí = 1
5. Seguridad	No = 0	Sí = 1
6. Ambiente	No = 0	Sí = 1

7. Logo de identificación	No = 0	Sí = 1
8. Accesibilidad	No = 0	Sí = 1
9. Apartado interacción	No = 0	Sí = 1

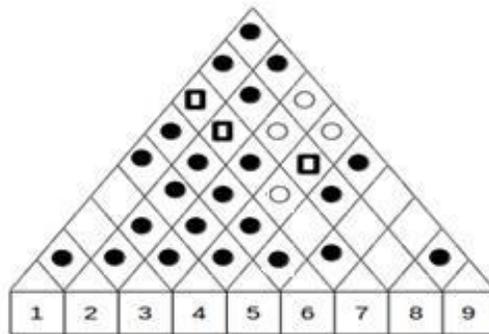
Tabla 2.6

Simbología para el establecimiento de las interrelaciones de los CÓMO.

Símbolo	Significado
●	Interrelación fuerte
○	Interrelación normal
◻	Interrelación débil
□	Sin interrelación

Figura 2.4

Matriz de interrelación de los CÓMO.



Se relacionan los QUÉ definidos en el paso 1 con los CÓMO definidos del paso 3, con ello se construye la matriz central del QFD traduciendo los valores de la lista de las QUÉ en características medibles de la lista de los CÓMO, estableciéndose una escala para esta relación entre 0 – 10 donde 0= sin relación y 10 = relación muy fuerte. En la figura 2.5 se muestra la matriz de relación de los QUÉ y los CÓMO.

Paso 5: Relación entre los QUÉ y los CÓMO. Ver Figura 2.5

Figura 2.5

Matriz Central del QFD (Relación de los QUÉ y los CÓMO).

	Multiplatiforma (0-1)	Apartado Socialización (0-1)	Apartado Operacional (0-1)	Apartado Educación (0-1)	Seguridad (0-1)	Ambiente (0-1)	Logo de identificación (0-1)	Accesibilidad (0-1)	Apartado Interacción (0-1)
que permita tomar decisiones a nivel municipal	10	0	0	0	0	0	0	0	5
que logre una interacción directa con los usuarios	10	10	10	10	10	10	0	10	5
que evidencie una gestión efectiva	10	0	0	0	10	0	0	10	5
que sea fácil la toma de decisiones	10	0	0	0	9	0	0	10	8
que sean confiables los datos e información	10	10	8	8	8	0	0	10	7
que se proteja la información	10	10	10	10	9	1	0	10	5
que sea actualizable	10	8	7	7	6	0	0	9	8
que visualice la gestión del gobierno en materia energética	3	5	10	3	10	0	3	6	3
que se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal	9	2	6	4	9	0	3	7	4
que facilite la educación energética a diferentes públicos	2	4	0	10	9	7	5	8	8
que sea accesible para todos los públicos	4	6	9	8	10	8	5	6	3
que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5	0	8	0	9	6	2	6	5
que tenga identidad	2	0	5	8	0	8	9	2	0
que sea atractivo a los usuarios	0	0	9	8	8	10	8	5	4
que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	4	0	6	6	10	3	0	10	10

Paso 6: Análisis de los CÓMO. Ver Figura 2.6

Figura 2.6

Matriz Central del QFD (ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO).

	Multiplataforma (0-1)	Apartado Socialización (0-1)	Apartado Operacional (0-1)	Apartado Educación (0-1)	Seguridad (0-1)	Ambiente (0-1)	Logo de identificación (0-1)	Accesibilidad (0-1)	Apartado Interacción (0-1)	Importancia para el usuario (1 a 5)	Producto Mejorado (1 a 5)	GEM (1 a 5)	Objetivo (1 a 5) mucho = es importante	Ratio de mejora = (7)/(3)	Ponderación absoluta = (17)(8)	ponderación relativa (%)	orden de importancia
que permita tomar decisiones a nivel municipal	10	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	1	8,06	1	
que logre una interacción directa con los usuarios	10	10	10	10	10	10	0	10	5	5	5	5	5	1	8,06	5	
que evidencie una gestión efectiva	10	0	0	0	10	0	0	10	5	5	5	5	5	1	8,06	5	
que sea fácil la toma de decisiones	10	0	0	0	9	0	0	10	8	3	5	4	5	1	3	4,84	3
que sean confiables los datos e información	10	10	8	8	8	0	0	10	7	5	5	5	5	1	5	8,06	1
que se proteja la información	10	10	10	10	9	1	0	10	5	5	5	5	5	1	5	8,06	1
que sea actualizable	10	8	7	7	6	0	0	9	8	5	5	5	5	1	5	8,06	1
que visualice la gestión del gobierno en materia energética	3	5	10	3	10	0	3	6	3	4	5	4	5	1	4	6,45	2
que se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal	6	2	6	4	9	0	3	7	4	5	5	5	5	1	5	8,06	1
que facilite la educación energética a diferentes públicos	2	4	0	10	9	7	5	8	8	4	5	1	5	1	4	6,45	2
que sea accesible para todos los públicos	4	6	9	8	10	8	5	6	3	2	5	4	5	1	2	3,23	4
que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5	0	8	0	9	6	2	6	5	5	5	5	5	1	5	8,06	1
que tenga identidad	2	0	5	8	0	8	9	2	0	2	5	5	5	1	2	3,23	4
que sea atractivo a los usuarios	0	0	9	8	8	10	8	5	4	2	5	5	5	1	2	3,23	4
que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	4	0	6	6	10	3	0	10	10	5	5	1	5	1	5	8,06	1
x															62,00	100	
Orientación deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑								
Ponderación absoluta	729,03	319,35	501,81	443,55	635,48	209,88	182,9	600	487,1		4088,7						
Ponderación relativa	17,83	7,8107	12,268	10,848	15,542	5,1282	3,9842	14,675	11,913		100						
Orden de importancia	1	7	4	6	2	8	9	3	5								
Valoración técnica	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no								
Producto Mejorado	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
GEM	0	0	0	1	0	1	1	1	0								
Objetivo técnico	1	1	1	1	1	1	1	1	1								

Como se puede observar en la Figura 2.6 quedan organizados según el nivel de importancia que se fue otorgado por los expertos a las características técnicas que debe tener el producto informático que se pretende diseñar:

1. Multiplataforma.
2. Seguridad.
3. Accesibilidad.
4. Apartado operacional.
5. Apartado interacción.
6. Apartado educación.
7. Apartado socialización.
8. Ambiente.
9. Logo de identificación.

La matriz QDF o Casa de la Calidad desarrollada para el diseño de la nueva herramienta que debe permitir la GEL se muestra la Figura 2.7. Donde se exponen cuáles son los aspectos esenciales que necesita el producto, además de las características técnicas que debe poseer para satisfacer al cliente y superar a los competidores.

Figura 2.7

Matriz de la Casa de la Calidad.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
	Multiplatiforma (0-1)	Apartado Socialización (0-1)	Apartado Operacional (0-1)	Apartado Educación (0-1)	Seguridad (0-1)	Ambiente (0-1)	Logotipo de identificación (0-1)	Accesibilidad (0-1)	Apartado Interacción (0-1)	Importancia para el usuario (1 a 5)	Producto Mejorado (1 a 5)	GEM (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	ratio de mejora = (7/3)	ponderación absoluta = (17/8)	ponderación relativa (%)	orden de importancia	
que permita tomar decisiones a nivel municipal	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que logre una interacción directa con los usuarios	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que evidencie una gestión efectiva	10	0	0	0	10	0	0	10	10	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que sea fácil la toma de decisiones	10	0	0	0	0	0	0	10	10	5	5	5	4	1	5	4,84	1	
que sean confiables los datos e información	10	10	8	8	8	8	0	10	7	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que se proteja la información	10	10	10	10	10	9	1	10	5	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que sea actualizable	10	8	7	7	8	0	0	10	5	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que visualice la gestión del gobierno en materia energética	10	5	10	10	10	0	0	10	5	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal	10	2	6	4	9	0	0	7	4	4	5	5	1	1	5	8,06	1	
que facilite la educación energética a diferentes públicos	4	4	0	10	9	7	8	8	5	4	5	5	1	1	4	6,45	2	
que sea accesible para todos los públicos	4	8	9	9	10	8	5	8	5	4	5	5	1	1	2	3,23	4	
que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	0	0	8	0	9	0	0	5	5	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que tenga identidad	0	0	8	0	8	0	0	0	0	5	5	5	1	1	2	3,23	4	
que sea atractivo a los usuarios	0	0	8	0	8	10	5	4	4	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	4	0	8	0	10	3	0	10	10	5	5	5	1	1	5	8,06	1	
x															82,00	100		
Orientación deseada	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Ponderación absoluta	729,03	319,35	501,81	443,55	835,48	209,88	182,9	800	487,1									
Ponderación relativa	17,83	7,8107	12,268	10,848	15,342	5,1282	3,9842	14,675	11,913	4088,7								
Orden de importancia	1	7	4	6	2	8	9	3	5	100								
Valoración técnica	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no									
Producto Mejorado	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
GEM	0	0	0	1	0	1	1	1	0									
Objetivo técnico	1	1	1	1	1	1	1	1	1									

2.6 Conclusiones parciales

- ✚ Se aplican las etapas de la metodología de solución de problemas con el objetivo de identificar las deficiencias en la GE del municipio detectadas en las investigaciones anteriores y proponer como posible mejora un software que permita la integración e interacción de los actores que intervienen en la misma.
- ✚ Se utiliza la metodología QFD permitiendo otorgar prioridad e identificar las características técnicas que debe poseer el nuevo producto informático para la GEL tales como que sea multiplataforma, que sea seguro, que sea accesible, los módulos: operacional, interacción, educación y socialización, así como que tenga buen ambiente y un logo de identificación.

Capítulo III: Diseño de un software para la integración e interacción de los actores que intervienen en la Gestión Energética Local

En este capítulo se hace referencia a las características principales que debe tener el nuevo producto, las tecnologías computacionales que deben ser utilizadas para crearlo; además, de la descripción de los módulos que debe tener el software que se está diseñando con el objetivo de que permita la integración e interacción de los actores que intervienen en la GEL.

3.1 Descripción de las características principales del software a desarrollar

Se realiza una descripción de las características principales del sistema a desarrollar, teniéndose en cuenta el problema por el cual fue concebido; además se especifican las funcionalidades que se desean informatizar en la búsqueda de satisfacer las necesidades de los usuarios.

Requisitos no funcionales del sistema:

Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener y que de una u otra forma puedan limitar el sistema. Debe pensarse en estas propiedades como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido o confiable.

Usabilidad:

- ✚ El sistema debe estar funcionando en todo momento.
- ✚ El sistema será utilizado por cualquier usuario que esté conectado a la red, los cuales podrán acceder a las distintas vistas de la web.
- ✚ Además de ser usado por los funcionarios del gobierno con roles administrativos, que recibirán un adiestramiento básico para el uso de la aplicación.

Rendimiento:

- ✚ Para un funcionamiento óptimo de la aplicación se seguirán las diferentes técnicas de elaboración de sitios Web, que faciliten el acceso rápido a sus páginas.

- ✚ La eficiencia del producto estará determinada en gran medida por el aprovechamiento de los recursos que se disponen en el modelo cliente/servidor y la velocidad de la consulta de la base de datos.
- ✚ La aplicación propuesta debe ser rápida y el tiempo de respuesta debe ser el mínimo posible, adecuado a la rapidez con que el cliente requiere la respuesta a su petición.

Seguridad:

- ✚ Confiabilidad: La información manejada por el sistema debe estar protegida de acceso no autorizado. Realizar salvadas de la base de datos periódicamente en diferentes máquinas preferentemente al finalizar cada jornada laboral.
- ✚ Integridad: La información manejada por el sistema debe ser objeto de cuidadosa protección contra la corrupción y estados de inconsistencia.

Software:

- ✚ En los dispositivos de los usuarios solo se requiere un navegador Web para acceder sin importar el dispositivo a utilizar.
- ✚ En el servidor de base de datos se requiere cualquier distribución de Linux.
- ✚ Para su implementación se deben utilizar los frameworks Angular y Django como herramientas de desarrollo y como gestor de base de datos MySQL.

Hardware:

- ✚ La aplicación de conjunto con el servidor de Base de datos debe tener un mínimo de 1Gb de RAM a partir del alto consumo de recursos que presenta ANN para el pronóstico de la demanda.
- ✚ Todos los equipos que hagan uso de la aplicación deben tener acceso a la red de datos.

Escalabilidad:

- ✚ La escalabilidad es la capacidad de ampliación de un sistema para satisfacer las necesidades empresariales. Para escalar el sistema, se debe agregar hardware adicional o actualizar el hardware existente sin modificar mucho la aplicación.

Portabilidad:

- ✚ Capacidad del producto o componente de ser transferido de forma efectiva y eficiente de un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otro. Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes subcaracterísticas:

1. Adaptabilidad: Capacidad del producto que le permite ser adaptado de forma efectiva y eficiente a diferentes entornos determinados de hardware, software, operacionales o de uso.
2. Capacidad para ser instalado: Facilidad con la que el producto se puede instalar y/o desinstalar de forma exitosa en un determinado entorno.
3. Capacidad para ser reemplazado: Capacidad del producto para ser utilizado en lugar de otro producto software determinado con el mismo propósito y en el mismo entorno.

Requisitos funcionales del sistema:

Los requerimientos funcionales de un sistema, son aquellos que describen cualquier actividad que este deba realizar, en otras palabras, el comportamiento o función particular del software cuando se cumplen ciertas condiciones. Los requisitos funcionales para esta herramienta son los módulos que se describen en el epígrafe 3.3.

Para dar cumplimiento a los requerimientos que debe cumplir el sistema de GE, así como las características técnicas determinadas en el epígrafe 2.5, se realiza una búsqueda de las mejores tecnologías computacionales que dan cumplimiento a estos.

3.2 Tecnologías computacionales a emplear.

En el decursar de los años Cuba viene trabajando en la GE, a raíz de los problemas ampliamente conocidos de su matriz energética, en la cual la gestión juega un papel fundamental en los gobiernos locales, de ahí que se desarrolle una herramienta informática en función de ella, si

bien esta aunque facilita la gestión, no abarca el universo deseado en la GEL.(Alvarez Basanta, 2022)

A partir de todo esto se hace necesario diseñar un software que permita la interacción con los diferentes actores que intervienen en la planeación energética y los provea de un mayor conocimiento y poder de decisión en cuanto a las políticas y objetivos a trazarse para lograr en un futuro contar con localidades sostenibles.

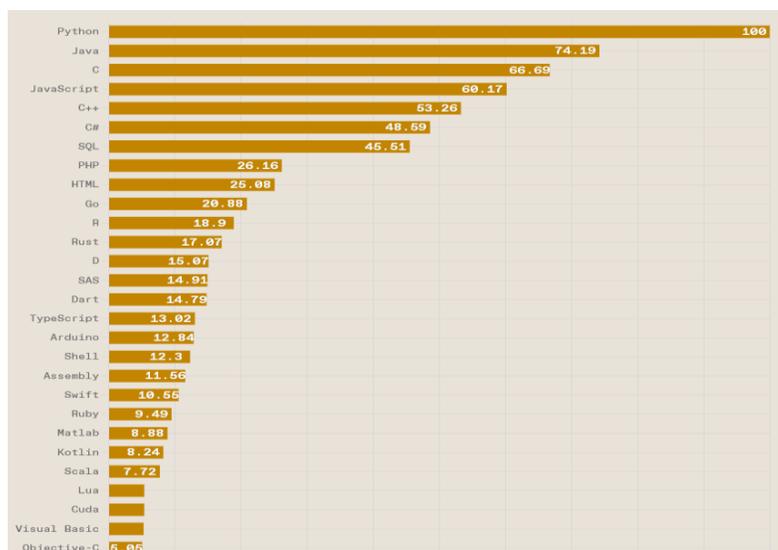
Para lograr este objetivo primeramente se realiza la tarea de buscar todos aquellos elementos que de una forma u otra intervienen en esta.

3.2.1 Lenguajes de programación.

La revista IEEE spectrum, elabora anualmente un ranking de popularidad de los principales lenguajes de programación (ver Figura 3.1), siguiendo un proceso que permite al usuario escoger los criterios para ordenar esta lista, además de establecer 4 categorías: web, móvil, empresarial y sistemas embebidos. El gran ganador en esta comparativa fue Python, siendo el primero en todas las categorías en las que está incluido.

Figura 3.1

Ranking de uso de lenguajes de programación 2022.



Nota: (Top Programming Languages 2022, 2022)

Python es una herramienta de desarrollo excelente que no solo sirve como un lenguaje de programación de propósito general, sino que también se adapta a nichos específicos de cualquier proyecto o flujos de trabajo. Con múltiples bibliotecas y paquetes que amplían sus capacidades, lo convierten en una herramienta versátil de ajuste perfecto para cualquiera que busque desarrollar programas y algoritmos, como se puede apreciar en la Figura 3.2. Consta con bibliotecas modernas de aprendizaje, automático y profundo, las más conocidas para ANN son:

- | | | |
|--------------|----------|----------------------|
| TensorFlow | NeuroLab | Deepy |
| Keras | ffnet | Blocks |
| Scikit-learn | MXNet | Nolearn |
| Theano | Lasagne | NeuPy |
| PyTorch | pyrenn | Scikit-Neural Networ |

Figura 3.2

Mejores bibliotecas de Python para Machine Learning y Deep Learning.



Nota: (Costa, 2020)

Como interfaz universal para gran variedad de plataformas de aprendizaje automático, Keras se utiliza actualmente en muchos proyectos del sector de la Inteligencia Artificial (IA). Si la biblioteca ya registra más de 250 000 usuarios individuales a mediados de 2018, esta cantidad ha aumentado significativamente, al menos desde que se incorpora TensorFlow. La libre elección del framework subyacente, la licencia gratuita y el concepto multiplataforma hacen de Keras la solución perfecta para las aplicaciones de redes neuronales profesionales, tanto en la industria como en la investigación. Por ejemplo, empresas famosas como Netflix, Uber y Yelp, así como, grandes organizaciones como la NASA o la CERN, confían en Keras o en el paquete TensorFlow-Keras para llevar a cabo sus proyectos. Una ventaja resulta en la flexibilidad de hacer uso de varias bibliotecas al mismo tiempo para el procesado de datos. De esta forma, los resultados obtenidos de un análisis pueden utilizarse como datos de entrada al usar cualquier otra librería.

3.2.2 Frameworks Frontend

Los framework front-end son uno de los aspectos principales del proceso de diseño y desarrollo web. Estos marcos deciden la estética, el atractivo visual y la experiencia del usuario de su aplicación web. Al mismo tiempo, hay muchas opciones disponibles. En («26 Best Web Development Frameworks to Use in 2022 | GMI», 2022) nos dan una lista de a los que su criterio son los mejores

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. Angular | 6. Svelte |
| 2. React | 7. Preact |
| 3. Vue.js | 8. LitElement |
| 4. Ember.js | 9. Alpine.js |
| 5. Backbone.js | 10. ASP.NET Core |

Vue.js

Vue.js es lanzado en 2014 por un ex ingeniero de Google que combinaba las partes buenas de AngularJS y React. Desde entonces, el marco crece hasta convertirse en uno de los marcos Web puramente impulsados por la comunidad más populares. Lo más atractivo de Vue.js es que representa un marco de desarrollo web simple, a diferencia de Angular. Tiene un tamaño pequeño y ofrece enlace de datos bidireccional. Además, el marco está basado en componentes

y tiene un modelo de objeto de documento (DOM) visual, lo que lo convierte en una opción eficiente y versátil.

Características claves:

- ✚ Vue.js viene con la funcionalidad de desarrollo de aplicaciones de extremo a extremo de Angular y View Layer con características de flujo de datos externo de React.
- ✚ El marco ofrece documentación de primera calidad. Tiene muchos seguidores en China y, por lo tanto, también ofrece documentación china.
- ✚ Es 100% impulsado por la comunidad y, por lo tanto, no está impulsado por la necesidad de ninguna organización en particular.

React

Lanzado por Facebook en 2013, React se vuelve muy popular entre empresas y desarrolladores. Ahora es uno de los marcos de Java preferidos y es el marco de desarrollo de sitios web front-end más utilizado según una encuesta de Stack Overflow. Facebook desarrolla React.js durante sus etapas iniciales de crecimiento, cuando tienen que someterse a mejoras constantes debido a la incorporación de nuevas funciones y necesitan una forma eficiente de solucionar los problemas de mantenimiento del código. Una característica muy notable de React es su DOM virtual que mejora el marco con una funcionalidad sólida. Además, con la introducción de un marco de desarrollo móvil multiplataforma React Native, ahora también ha capturado una participación significativa en el mercado móvil.

Características claves:

- ✚ React es extremadamente flexible, ya que los ingenieros de software lo utilizan para desarrollar aplicaciones para diferentes tipos de interfaces de usuario, incluidas web, móvil, escritorio, televisores inteligentes, etc.
- ✚ En comparación con otros marcos frontend, React ofrece la mejor representación del lado del servidor con un excelente soporte de SEO.
- ✚ Las funciones de React se prueban con 2.700 millones de usuarios de Facebook; por lo tanto, es el marco más disruptivo e innovador.

Angular

Desarrollado por Google y lanzado en 2016, Angular es uno de los mejores marcos de desarrollo front-end. Inicialmente se lanzó en 2010 como AngularJS y luego es mejorado a la versión popular con el objetivo de superar las limitaciones de los marcos convencionales. Angular es conocido como el único marco basado en Typescript. Es compatible con el enlace de datos bidireccional, lo que significa que la vista y el modelo se sincronizan en tiempo real, y cualquier cambio en uno se refleja instantáneamente en el otro. Es notablemente estable y no tiene informes de un cambio crítico en los últimos cinco años. (*Angular, 2022*)

Características claves:

- ✚ Angular se usa mucho y tiene un excelente soporte de herramientas; así como, un amplio soporte de la comunidad.
- ✚ El enlace de datos: es una forma automática de actualizar la vista cada vez que cambia el modelo, así como de actualizar el modelo cada vez que cambia la vista. Esto es increíble porque elimina la manipulación de DOM de la lista de cosas de las que debe preocuparse.
- ✚ Controlador: Los controladores son el comportamiento detrás de los elementos DOM. AngularJS le permite expresar el comportamiento en una forma clara y legible sin el repetitivo habitual de actualizar el DOM, registrar devoluciones de llamada o ver cambios en el modelo.
- ✚ Extensibilidad: Es un conjunto de herramientas para crear el marco más adecuado para el desarrollo de su aplicación. Es completamente extensible y funciona bien con otras bibliotecas. Cada característica se puede modificar o reemplazar para adaptarse a su flujo de trabajo de desarrollo único y necesidades de características.
- ✚ JavaScript simple: A diferencia de otros marcos, no es necesario heredar de tipos propietarios para envolver el modelo en métodos de acceso. Los modelos son simples objetos JavaScript antiguos. Esto hace que su código sea fácil de probar, mantener, reutilizar y nuevamente libre de repeticiones.
- ✚ Enlace profundo: Un enlace profundo refleja dónde se encuentra el usuario en la aplicación. Esto es útil para que los usuarios puedan marcar y enviar enlaces por

correo electrónico a ubicaciones dentro de la aplicación. Las aplicaciones de ida y vuelta obtienen esto automáticamente, pero las aplicaciones AJAX, por su naturaleza, no. Combina los beneficios de los enlaces profundos con un comportamiento similar al de una aplicación de escritorio.

- Validación de formulario: La validación de formularios del lado del cliente es una parte importante de una gran experiencia de usuario, permite, declarar las reglas de validación del formulario sin tener que escribir código JavaScript.

- Comunicación del servidor: Proporciona servicios integrados además de XHR, así como varios otros backends que utilizan bibliotecas de terceros. Las promesas simplifican aún más su código al manejar el retorno asíncrono de datos.

- Directivas: Las directivas son una característica única y poderosa disponible en Angular. Las directivas le permiten inventar una nueva sintaxis HTML, específica para su aplicación.

- Componentes reutilizables: Usan directivas para crear componentes reutilizables. Un componente le permite ocultar una estructura DOM compleja, CSS y comportamiento. Esto le permite concentrarse en lo que hace la aplicación o en cómo se ve la aplicación por separado.

- Localización: Una parte importante de las aplicaciones serias es la localización. Los filtros conscientes de la configuración regional y las directivas derivadas de AngularJS le brindan elementos básicos para que su aplicación esté disponible en todas las configuraciones regionales.

- Multiplataforma

1. Aplicaciones Web Progresivas (PWA): Utiliza las capacidades modernas de la plataforma web para ofrecer experiencias similares a las de las aplicaciones. Instalación de alto rendimiento, sin conexión y en cero pasos.
2. Nativo: Crea aplicaciones móviles nativas con estrategias de Cordova, Ionic o NativeScript.

3. Escritorio: Crea aplicaciones instaladas en el escritorio en Mac, Windows y Linux con los mismos métodos de la programación web; además, de la capacidad de acceder a las interfaces de programación de aplicaciones (APIs) nativas del sistema operativo.

Velocidad y Rendimiento

1. Generación de código: Angular convierte sus plantillas en código altamente optimizado para las máquinas virtuales JavaScript de hoy en día, lo que le ofrece todas las ventajas del código escrito a mano con la productividad de un framework.
2. Universal: Sirve la primera vista de tu aplicación en Node.js®, .NET, PHP y otros servidores para una representación casi instantánea en HTML y CSS; también, allana el camino para sitios que se optimizan para SEO.
3. División de código: Las aplicaciones de Angular se cargan rápidamente con el nuevo enrutador de componentes, que ofrece división automática de código para que los usuarios solo carguen el código necesario para representar la vista que solicitan.

Productividad

1. Plantillas: Crea rápidamente vistas de interfaz de usuario con una sintaxis de plantilla sencilla y potente.
2. Angular CLI: permite construir rápidamente nuevos componentes, agregarlos y probarlos, para luego implementarlos instantáneamente.
3. IDEs: Obtén la finalización inteligente del código, errores instantáneos y otros comentarios en editores de entorno de desarrollo integrado (IDE) populares.

Historia de desarrollo completo

1. Pruebas: Con Karma para pruebas unitarias, se puede saber si se ha roto las cosas cada vez que ahorra y Protractor hace que sus pruebas de escenario se ejecuten más rápido y de una manera estable.
2. Animación: Crea coreografías complejas y de alto rendimiento y líneas de tiempo de animación con muy poco código a través de la interfaz de programación de aplicaciones (API) intuitiva de Angular.

3. Accesibilidad: Crea aplicaciones accesibles con componentes habilitados para aplicaciones de internet enriquecidas y accesibles (ARIA), guías para desarrolladores e infraestructura de prueba a11y integrada.

3.2.3 Frameworks Backend.

Los marcos back-end se han convertido en una parte integral del desarrollo web actual. Encontrar el marco adecuado es importante para que los desarrolladores garanticen un rendimiento y una escalabilidad óptimos. Aquí están los mejores marcos de back-end para 2022 tomado de (*Top 10 Best Web Backend Frameworks in 2022 for Web Development | AppMaster, 2022*).

- | | |
|------------------|------------|
| 1. Express.js | 6. Gatsby |
| 2. Next.js | 7. Nuxt.js |
| 3. Django | 8. Spring |
| 4. Ruby on Rails | 9. Koa |
| 5. Laravel | 10. NestJS |

Express.js

Express.js o Express es un marco de desarrollo web de código abierto que proporciona un sólido sistema de middleware para Node. aplicaciones basadas en js. Con funciones como enrutamiento, depuración y programación rápida del lado del servidor, Express es uno de los mejores marcos de back-end. Es fácil de aprender, proporciona un rendimiento excepcional y ofrece funcionalidades minimalistas.

Características claves:

- 🚦 Framework renderizado minimalista del lado del servidor. Es el marco de referencia del lado del servidor en Node.js.
- 🚦 Admite el desarrollo de aplicaciones de extremo a extremo, patrón modelo-vista-controlador (MVC) con capa de vista compatible con más de 14 motores de plantillas, Middleware, enrutamiento y creación de plantillas.

- ✚ Marco maduro y estable ya que está en desarrollo activo durante más de diez años.

Next.js

Next.JS es un marco React utilizado para desarrollar aplicaciones basadas en JS de una sola página. Se prefiere por ser un conjunto de herramientas de comando único que no necesita configuración.

Características claves:

- ✚ Viene con compatibilidad con CSS integrada, por lo que los desarrolladores pueden importar fácilmente archivos CSS desde JS.
- ✚ Ofrece el siguiente componente/imagen. Por lo tanto, los desarrolladores pueden optimizar automáticamente las imágenes.
- ✚ Ofrece compilación automática de TypeScript para que el desarrollo de Angular sea más fácil.

Django

Django es un marco basado en Python muy popular que los desarrolladores han adoptado mucho durante la última década. Django es actualmente uno de los principales marcos del lado del servidor: grandes nombres como Google, YouTube e Instagram lo usan. Es un marco rico en funciones, escalable y versátil que es más eficiente para el desarrollo de sitios web basados en bases de datos. La seguridad, la velocidad de desarrollo y la baja curva de aprendizaje lo convierten en uno de los mejores marcos de back-end de la actualidad. (*Django*, 2022)

Características claves:

- ✚ En comparación con otros marcos de código abierto, Django ofrece la mejor documentación. Cuenta con una gran comunidad lista para brindar soporte a todos los que explotan la herramienta.
- ✚ Django está orientado a SEO, lo que significa que los sitios web basados en él son más fáciles de optimizar y hacer compatibles con SEO. Una de las principales razones es que puede mantener aplicaciones basadas en Django en servidores a través de URL en lugar de direcciones IP.

- ✚ Ofrece extensibilidad a través de aplicaciones conectables (puede conectar fácilmente aplicaciones de terceros).
- ✚ Orientado sin código: Django no es un marco sin código, pero tiene algunas características sin código; hay paquetes que el desarrollador puede utilizar sin usar ningún código.
- ✚ Versatilidad: es particularmente adecuado para sitios web basados en bases de datos, pero dicho esto, es muy versátil. Puede usarlo para crear cualquier tipo de sitio web.
- ✚ Ridículamente rápido: Django fue diseñado para ayudar a los desarrolladores a llevar las aplicaciones desde el concepto hasta su finalización lo más rápido posible.
- ✚ Completamente cargado: ya que, incluye docenas de extras que puede usar para manejar tareas comunes de desarrollo web y se encarga de la autenticación del usuario, la administración de contenido, los mapas del sitio, las fuentes RSS y muchas más tareas, desde el primer momento.
- ✚ Tranquilizadamente seguro: Django se toma la seguridad muy en serio y ayuda a los desarrolladores a evitar muchos errores de seguridad comunes, como la inyección de SQL, las secuencias de comandos entre sitios, la falsificación de solicitudes entre sitios y el secuestro de clics. Su sistema de autenticación de usuarios proporciona una forma segura de administrar las cuentas y contraseñas de los usuarios.
- ✚ Extremadamente escalable: Algunos de los sitios más concurridos del planeta utilizan la capacidad de Django para escalar de forma rápida y flexible para satisfacer las demandas de mayor tráfico.
- ✚ Increíblemente versátil: Empresas, organizaciones y gobiernos utilizan Django para crear todo tipo de cosas, desde sistemas de gestión de contenido hasta redes sociales y plataformas informáticas científicas.

La meta fundamental de Django es facilitar la creación de sitios web complejos. Django pone énfasis en el re-uso, la conectividad y extensibilidad de componentes, el desarrollo rápido y el principio «DRY» (del inglés *Don't Repeat Yourself*, «No te repitas»). El lenguaje Python es

usado en todos los componentes del framework, incluso en configuraciones, archivos y en sus modelos de datos.

Los orígenes de Django en la administración de páginas de noticias son evidentes en su diseño, ya que proporciona una serie de características que facilitan el desarrollo rápido de páginas orientadas a contenidos; por ejemplo, en lugar de requerir que los desarrolladores escriban controladores y vistas para las áreas de administración de la página, Django proporciona una aplicación incorporada para administrar los contenidos, que puede incluirse como parte de cualquier página hecha con Django y que puede administrar varias páginas a partir de una misma instalación; la aplicación administrativa permite la creación, actualización y eliminación de objetos de contenido, llevando un registro de todas las acciones realizadas sobre cada uno, y proporciona una interfaz para administrar los usuarios y los grupos de usuarios (incluyendo una asignación detallada de permisos).

La distribución principal de Django también aglutina aplicaciones que proporcionan un sistema de comentarios, herramientas para syndicar contenido vía RSS y/o Atom, "páginas planas" que permiten gestionar páginas de contenido sin necesidad de escribir controladores o vistas para esas páginas, y un sistema de redirección de URLs.

Sitios conocidos que usan Django:

 Disqus

 National Geographic

 Instagram

 Open Knowledge Foundation

 Knight Foundation

 Pinterest

 MacArthur Foundation

 Open Stack

 Mozilla

3.2.4 Bases de Datos

Con la finalidad de determinar el gestor de bases de datos a utilizar se consultó (*DB-Engines Ranking*, 2022) para poder seleccionar el mejor valorado como se aprecia en el primer y tercer

lugar son ocupados de gestores de pago los cuales el precio anual de licencias oscilan entre \$10450.00 y \$13748.00 respectivamente por lo que se debería seleccionar MYSQL. Ver Figura 3.4.

Figura 3.4

Ranking de motores de bases de datos.

397 systems in ranking, October 2022

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Oct 2022	Sep 2022	Oct 2021			Oct 2022	Sep 2022	Oct 2021
1.	1.	1.	Oracle +	Relational, Multi-model ⓘ	1236.37	-1.88	-33.98
2.	2.	2.	MySQL +	Relational, Multi-model ⓘ	1205.38	-7.09	-14.39
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server +	Relational, Multi-model ⓘ	924.68	-1.62	-45.93
4.	4.	4.	PostgreSQL +	Relational, Multi-model ⓘ	622.72	+2.26	+35.75
5.	5.	5.	MongoDB +	Document, Multi-model ⓘ	486.23	-3.40	-7.32
6.	6.	6.	Redis +	Key-value, Multi-model ⓘ	183.38	+1.91	+12.03
7.	7.	↑ 8.	Elasticsearch	Search engine, Multi-model ⓘ	151.07	-0.37	-7.19
8.	8.	↓ 7.	IBM Db2	Relational, Multi-model ⓘ	149.66	-1.73	-16.30
9.	9.	↑ 11.	Microsoft Access	Relational	138.17	-1.87	+21.79
10.	10.	↓ 9.	SQLite +	Relational	137.80	-1.02	+8.43

Nota: (DB-Engines Ranking, 2022)

MySQL es utilizado por sitios webs muy populares y de gran tamaño. Entre estos sitios destacados, podemos nombrar algunos ejemplos como:

 Facebook

 Google

 Flickr

 GitHub

 NASA

 US Navy

 Netflix

 WeChat

 Spotify

 Wikipedia

- ✚ Tesla
- ✚ YouTube
- ✚ Twitter
- ✚ Zappos
- ✚ Uber
- ✚ Zendesk

Algunas características de MySQL son:

- ✚ Permite escoger múltiples motores de almacenamiento para cada tabla.
- ✚ Agrupación de transacciones, pudiendo reunir las de forma múltiple desde varias conexiones con el fin de incrementar el número de transacciones por segundo.
- ✚ Conectividad segura.
- ✚ Multiplataforma
- ✚ Ejecución de transacciones y uso de claves foráneas.
- ✚ Presenta un amplio subconjunto del lenguaje SQL.
- ✚ Replicación.
- ✚ Disponible en casi todas las plataformas o sistemas.
- ✚ Búsqueda e indexación de campos de texto.
- ✚ Utiliza varias herramientas para portabilidad.
- ✚ Tablas hash en memorias temporales.
- ✚ Uso de tablas en disco b-tree para búsquedas rápidas con compresión de índice.
- ✚ Ofrece un sistema de contraseñas y privilegios seguros de verificación basada en el host y tráfico de contraseñas encriptado al conectarse a un servidor.
- ✚ Uso de multihilos mediante hilos de kernel.
- ✚ Soporta gran cantidad de datos, incluso con más de 50 millones de registros.

- ✚ En las últimas versiones, se permiten hasta 64 índices por tablas. Cada índice puede consistir desde 1 a 16 columnas o partes de columnas. El máximo ancho de límite es de 1000 bytes.

A modo de resumen la combinación de Python + Django + Angular + MYSQL le deben otorgar una gran fiabilidad, escalabilidad y portabilidad al software que se pretende diseñar.

3.3 Diseño de los módulos que debe contener el nuevo producto

informático para la Gestión Energética Local.

El nuevo producto informático debe permitir la integración e interacción de todos los actores que intervienen en la GEL dígase: el grupo desarrollador, las autoridades locales y la comunidad. El producto debe estar compuesto por cuatro apartados imprescindibles: Socialización, Educación, Interacción y Operacional, los cuales se detallan a continuación.

3.3.1 Apartado Socialización.

- ✚ Debe contener los datos sobre todos los eventos que se realizan en función de la GEL como: lugar, fecha, hora, expertos del tema que se encuentran en el mismo, entre otros.
- ✚ Debe incluir todos los enlaces a páginas de redes sociales, permitiendo la publicidad de los eventos con todo tipo de público (exterior, universidades, instituciones, municipios, provincias, etc.).
- ✚ Debe permitir concretar lo que se hace a nivel investigativo y lo que se va haciendo a partir de la participación de las personas en el Apartado Interacción.
- ✚ Este debe dar a conocer que se está realizando en estos momentos, por donde va hacia donde se quiere llegar.
- ✚ Para su buen funcionamiento se debe apoyar en el trabajo realizado por (Gómez Galindo, 2022).

3.3.2 Apartado Educación.

Este apartado tiene como fin de instruir a todos los usuarios acerca de la GEL en el municipio que se aplique, con materiales atractivos a los diferentes tipos de público. Dicho contenido debe ser visible y descargable desde cualquier dispositivo, con solo acceder a ellos.

Debe ser accesible para todo el público, el cual puede adquirir mediante el mismo mayor conocimiento sobre la GEL que le permita tener dominio y criterio para interactuar, que pueda exponer sus necesidades y emitir sus opiniones sobre aspectos que deban ser tomados en cuenta para un nuevo proyecto que se anuncie en el Apartado Interacción.

Debe contener varios módulos teniendo en cuenta los diferentes rangos de edad del público al cual está dirigido el contenido, entre los cuales deben encontrarse como módulos imprescindibles: "Niños", "Adolescentes" y "Jóvenes y Adultos" donde se muestran artículos, investigaciones, capacitaciones, libros, legislaciones, videos, imágenes, juegos interactivos y cualquier tipo de material educativo dependiendo del usuario.

Módulo Niños

Este se divide en dos sub módulos: primera infancia y enseñanza primaria.

Primera infancia

Comprende las edades de 2 a 5 años de vida, se debe ofrecer materiales como:

- ✚ Videos cortos animados, estos deben ser de menos de 3 minutos, algo que llegue a la emoción de niño sin aburrirlo.
- ✚ Imágenes educativas, coloridas, como una sucesión de imágenes que de cierta forma cuente una historia, con un final instructivo.
- ✚ Juegos sencillos (Macromedia Flash), algo simple como dar un clic o dos de forma cada vez más rápida que motive al infante a algo como apagar las luces de una casa.
- ✚ Entre otros materiales que sean atractivos y comprensible por los más pequeños de la casa.

Enseñanza primaria

Comprende las edades entre los 6 a 12 años de vida, debe contener estos materiales mencionados para la primera infancia pensando en los niños de primer grado que todavía no aprenden a leer y escribir, además de:

- ✚ Videos un poco más largos, entre los 5 y 10 minutos, con contenido visualmente llamativo para los niños.
- ✚ Juegos un poco más avanzados, donde se requiera mayor práctica y rapidez dando clics, que les permita acumular puntos.
- ✚ Charlas cortas e instructivas, estas pueden ser niños de mayor edad, jóvenes, adultos, con duraciones aproximadas de 5 a 10 minutos, que transmita el mensaje esencial.
- ✚ Revistas y libros acorde a la edad, preferiblemente animados, con colores y figuras que llamen la atención.
- ✚ Entre otros tipos de materiales educativos.

Módulo Adolescentes

Comprende a las edades entre los 13 y los 18 años de edad, es decir, los muchachos que cursan estudios secundarios, preuniversitarios y la enseñanza técnica.

Debe contener materiales como:

- ✚ Libros y revistas en idioma español e inglés con contenidos acordes a la edad algo sencillo y atrayente.
 - Artículos sencillos, de revistas educativas que les permita conocer que ocurre en la actualidad en diferentes países del mundo.
- ✚ Videos de diferentes duraciones para que sean visualizados según los diferentes gustos que desarrollen.

- Documentales que se relacionen con la GE, la GEL, como se comporta en el mundo, la historia de las primeras personas que concibieron estas ideas, su evolución a lo largo de los años, etc.
- ✚ Juegos de mayor complejidad donde puedan por ejemplo construir un sistema eléctrico, reparar un circuito, construir una microrred con varios elementos como si fuera un rompecabezas, etc.
- ✚ Conferencias sencillas y breves (de 30 minutos) impartidas por especialistas en el tema.
- ✚ Entre otros materiales educativos comprensibles para dichas edades.

Módulo Jóvenes y Adultos

Comprende de los 18 años en adelante, entre ellos el público universitario en sus diferentes modalidades, ya sea pregrado y postgrado y todo tipo de público en general.

Debe contener todo tipo de materiales como los mencionados para los adolescentes y muchos más, por ejemplo:

- ✚ Artículos científicos nacionales e internacionales extraídos de revistas de universidades de prestigio en el país y a nivel mundial.
- ✚ Legislaciones:
 - Códigos
 - Leyes
 - Estatutos
 - Resoluciones
 - Decretos
 - Reglamentos
- ✚ Entrevistas realizadas al personal que trabaja directamente con el sistema de GEL y a los diferentes actores locales.
- ✚ Investigaciones como tesis de grado, maestrías, doctorados, postgrados realizados en todo el mundo relacionados con este tema de la GE y la GEL

✚ Capacitaciones dadas por especialistas en el tema:

- Urbanistas.
- Arquitectos.
- Empresarios.
- Profesores Titulares.
- Ingenieros de sistemas de energía.
- Personas con influencia directa e indirecta en el proceso de planificación.
- Decisores.
- Inversores.
- Contratistas.
- Planificadores.
- Promotores inmobiliarios.

✚ Entre otros contenidos a fin con el público.

Este módulo debe estar sustentado para su buen funcionamiento desde la propuesta del proyecto “Formación y estilo de vida con una conciencia responsable en el uso de la energía y cuidado del medio ambiente en las edades de la primera infancia hasta los universitarios” y se apoya en el trabajo de (Gómez Galindo, 2022).

3.3.3 Apartado Interacción.

Este apartado trata sobre los nuevos proyectos y obras a hacer, en el cual los diferentes actores pueden dar a conocer sus necesidades y opiniones sobre lo que ellos necesitan para que los arquitectos diseñen en base a los requerimientos que tiene la localidad, incluyendo el gobierno y los habitantes que van a interactuar con la obra y a partir de esto se diseñe satisfaciendo las necesidades de todas estas personas.

Permite la interacción de los diferentes actores que intervienen en la planificación energética que según la bibliografía especializada se encuentran desde los niños, adultos, el público en general que va a interactuar con la nueva obra, arquitectos, jefe de proyecto, constructores, la dirección de la comunidad, son todos los actores que de una forma u otra intervienen y disfrutan de la obra.

Este es un módulo imprescindible, novedoso, del que no se encuentran referencias en la bibliografía analizada. Debe ser utilizado si se quiere lograr una correcta GEL ya que permite la

integración e interacción de todos los actores que intervienen en la misma; el cual a nivel mundial es generalmente aplicado en forma de encuestas.

Un ejemplo de ello es The Line, una ecociudad anunciada por el gobierno de Arabia Saudita en enero del 2021 que ha comenzado su construcción el pasado 1 de noviembre de 2022. Para su diseño se realizan encuestas a los futuros habitantes de la ciudad. Constituye un ambicioso proyecto urbanístico en una de las zonas más áridas del planeta; cuya principal premisa es que no tiene calles ni coches, debe ser la primera ciudad del país libre de emisiones de dióxido de carbono y que hace uso exclusivo de energías limpias (Piantadosi, 2022). Según el sitio oficial del proyecto, esta ciudad busca revolucionar la forma en la que las sociedades urbanas interactúan con el medio ambiente, priorizar la salud y el bienestar de las personas sobre el transporte y las infraestructuras. Se planea que la ciudad termine de construirse en el año 2030. Con este proyecto las autoridades saudíes quieren reducir la dependencia del país del petróleo. (The Line, la ciudad del futuro sin coches ni calles que quieren construir en Arabia Saudí, 2022) (The Line, la nueva ciudad vertical en Arabia Saudita, 2022)

3.3.4 Apartado Operacional.

Este recoge los datos e información que permiten crear el pronóstico de la demanda del sector residencial, incluye todas las variables analizadas en el epígrafe 1.4 de este trabajo como por ejemplo: el consumo histórico, la cantidad de personas pertenecientes a la localidad donde se desarrolla el sistema, variables climatológicas, estilos de vida y estas deben ser incluidas en el algoritmo creado por (Alvarez Basanta, 2022) para obtener un pronóstico preciso y acertado. Con esta información se crea una base de datos según el tiempo que se requiere, mientras menor es la unidad de tiempo mayor precisión debe tener el pronóstico.

Además, debe contener un módulo que permita el cálculo de la huella energética para el sector residencial y debe estar vinculado con la aplicación SAGEN que realiza este cálculo para el sector empresarial y gubernamental, el cual tendrá su propia base de datos.

Debe incluir una evaluación que se realice en el sector estatal sobre el cumplimiento de las normas como las ISO 5 000, el plan de ahorro energético y como se proyectan en base a esto a partir del proyecto que se realiza al mismo tiempo que este por (Betancout Montes de Oca, 2022).

Debe permitir visualizar las futuras demandas tanto del sector residencial, como del empresarial y gubernamental, calcular la huella energética de los diferentes elementos que actúan en la localidad con el objetivo de trazar políticas que permitan la disminución de esta.

Este apartado contiene las librerías de Python que debe facilitar el procesamiento de los mismos utilizando ANN y MARS (Regresión Splines Adaptativa Multivariada); cuyas salidas dotan a los decisores de los elementos necesarios para una correcta y acertada decisión en cuanto a las futuras demandas de electricidad en cada localidad.

Solo debe tener acceso el personal designado, entre ellos:

- ✚ Administrador: es quien tiene pleno acceso y gestión del sistema.
- ✚ Decisor: aquel usuario que ejecuta los diferentes algoritmos para conocer los resultados.
- ✚ Editor: es el encargado de actualizar la información contenida e introducir los datos al Apartado Operacional.
- ✚ Moderador: es el encargado de leer los comentarios del Apartado Interacción para tomar las ideas y hacérselo llegar al arquitecto del nuevo proyecto.
- ✚ Gestor educativo: es el encargado de mantener al día los materiales que se encuentran en el Apartado Educación, buscar nuevos contenidos, eliminar los que han perdido validez y actualizar los juegos de los diferentes módulos.
- ✚ Gestor: es quien debe buscar, crear y promocionar los eventos que se comparten en el Apartado Socialización.

Pueden existir tantos roles como el creador considere necesarios, incluso la cantidad de cada uno de estos debe ser establecida a consideración del mismo.

3.4 Conclusiones parciales

- ✚ El software debe cumplir con ciertas características, entre ellas los requisitos no funcionales: usabilidad, rendimiento, seguridad, software, hardware, escalabilidad y portabilidad.
- ✚ La combinación de Python + Django + Angular + MYSQL le deben otorgar una gran fiabilidad, escalabilidad y portabilidad al software que se pretende diseñar.
- ✚ La herramienta debe estar formada por cuatro apartados: Educación que permite que los actores adquieran una mayor educación energética, Socialización permite compartir todo lo relacionado con la GEL; Interacción establece las relaciones entre los diferentes actores y Operacional que debe gestionar el uso y consumo de la energía y la toma de decisiones económicas, sociales, medioambientales y gubernamentales.

Conclusiones generales

- ✚ La GE se aplica en cualquier tipo de organización incluyendo los gobiernos locales en Cuba, esta temática aun es incipiente, por lo que, es necesario hacer énfasis en la planeación energética como uno de los elementos de la GEL donde existen una serie de factores que influyen en el consumo energético en el sector residencial; como: tarifas, crecimiento demográfico, energía disponible, estilos de vida; entre otros, muchos que son poco estudiados en Cuba.
- ✚ La metodología QFD permite identificar y otorgar prioridad a las características técnicas que debe poseer el nuevo producto informático para la GEL, basándose en las necesidades y deficiencias del municipio este debe cumplir con ciertas características, entre ellas, los requisitos no funcionales: usabilidad, rendimiento, portabilidad, seguridad y con los requisitos funcionales: software y hardware; para lograr esto se escogen como tecnologías computacionales a emplear Python + Django + Angular + MYSQL le deben otorgar una gran fiabilidad, escalabilidad al software que se pretende diseñar.
- ✚ La herramienta debe estar formada por cuatro apartados: Educación que permite que los actores adquieran una mayor educación energética, Socialización permite compartir todo lo relacionado con la GEL; Interacción establece las relaciones entre los diferentes actores y Operacional que debe gestionar el uso y consumo de la energía y la toma de decisiones económicas, sociales, medioambientales y gubernamentales; permitiendo la integración e interacción de los actores locales.

Recomendaciones

- ✚ Dar continuidad a la investigación.
- ✚ Aplicar la herramienta en el municipio de Cienfuegos.

Bibliografía

- Agüero Gonzalez, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Cen y Rancho Luna (Trabajo de Diploma)*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Aguña Cuadrado, M. (2020). *Herramienta de simulación y análisis de una micro red*.
- Alvarez Basanta, L. D. (2022). *Pronóstico de la demanda de energía eléctrica del sector residencial en el municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Aman, S., Simmhan, Y., & Prasanna, V. K. (2013). *Sistemas de Gestión Energética: Estado del Arte y las Tendencias Emergentes*.
- Angular. (2022). <https://docs.angular.lat/>
- Antunes, P., Carreira, P., & da Silva, M. M. (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy policy*, 73, 803-814.
- Arencibia Arauca, A. (2014). *La gestión del conocimiento en energía para municipios cubanos*. <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia47/HTML/Articulo10.htm>
- Aureliano Viera, 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 "Carlos Rafael Rodríguez".
- Ávila Acosta, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos. (Trabajo de Diploma)*. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".

- Berrezueta, J., & Encalada, A. (2014). Análisis de los factores que afectan la demanda de energía eléctrica y su estimación. Sector residencial del área de Concesión de la empresa eléctrica regional Centro Sur CA, período 2002–2012. *Universidad de Cuenca*.
- Berriel, R. F., Lopes, A. T., Rodríguez, A., Varejao, F. M., & Oliveira-Santos, T. (2017). Monthly energy consumption forecast: A deep learning approach. *2017 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 4283-4290.
- Best Web Development Frameworks to Use in 2022 | GMI. (2022, octubre 3). *Official GMI Blog*. <https://www.globalmediainsight.com/blog/web-development-frameworks/>
- Bird, S., Achuthan, A., Maatallah, O. A., Hu, W., Janoyan, K., Kwasinski, A., Matthews, J., Mayhew, D., Owen, J., & Marzocca, P. (2014). Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. *Energy for Sustainable Development*, 19, 83-91.
- Black, J. D., & Henson, W. L. (2013). Hierarchical load hindcasting using reanalysis weather. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(1), 447-455.
- BNamericas—Las principales tendencias de digitalización... (2022). BNamericas.com. <https://www.bnamericas.com/es/analisis/las-principales-tendencias-de-digitalizacion-del-sector-energetico-latinoamericano>
- Boffill, S., Reyes, R., Calcines, C., & Luna, C. (2015). Gestión del gobierno local con apoyo en el conocimiento y la innovación. Lecciones aprendidas en Yaguajay, Cuba. *Retos de la Dirección*, 9(1), 201-217.
- Boffill Vega, S. (2010). *Modelo General para contribuir al desarrollo local, basado en el Conocimiento y la Innovación. Caso Yaguajay*. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.

- Bordons, C., García-Torres, F., & Valverde, L. (2015). Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 12(2), 117-132.
- Borroto Nordelo, A. (2006). Gestión y economía energética. *Editorial Universidad de Cienfuegos*, 1(104), 6-16.
- Borroto Nordelo, A. E. (2009). Tecnología de gestión total eficiente de la energía. *Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur*.
- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*, 48(1), 323-338.
- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management—gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 667-679.
- Cabello Justafre, J. J. (2018). *Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba. Caso de estudio municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Campillo Sabina, E. (2018). *Diagnóstico energético del municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Cantero Madrazo, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina. (Trabajo de Diploma)*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Celik, B., Roche, R., Suryanarayanan, S., Bouquain, D., & Miraoui, A. (2017). Electric energy management in residential areas through coordination of multiple smart homes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 260-275.

Chaviano, J., & Puebla, J. C. (2018). *Despliegue de la Función Calidad para mejorar la Planificación Energética en el Municipio de Cienfuegos*.

Colombo, E., Bologna, S., & Maserà, D. (2013). *Renewable energy for unleashing sustainable development* (Vol. 390). Springer.

Comienza el proyecto 'The Line': La ciudad de 170 km y espejos gigantes en Arabia Saudí. (2022, octubre 18). Diario AS. <https://as.com/actualidad/the-line-comienza-a-construirse-la-ciudad-de-170-kilometros-y-dos-espejos-gigantes-en-arabia-saudi-n/>

Comienzan las obras de 'The Line', la ciudad sostenible y futurista de Arabia Saudí. (2022, octubre). Atalayar. <https://atalayar.com/content/comienzan-las-obras-de-line-la-ciudad-sostenible-y-futurista-de-arabia-saudi>

Correa, J., Cabello, J. J., Nogueira, D., Cruz, A., & Rodríguez, S. (2016). *Diagnóstico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos: Sector residencial*. Conferencia Científica Internacional.

Correa, J., González, S., & Hernández, Á. (2017a). La gestión energética local: Elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67.

Correa, J., González, S., & Hernández, Á. (2017b). La gestión energética local: Elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67.

Correa Soto, J. (2021). *Instrumento metodológico para la gestión energética en los órganos de gobierno local en Cuba*.

Correa Soto, J., Borroto Nordelo, A. E., González Álvarez, R., Curbelo Martínez, M., & Díaz Rodríguez, A. M. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001: 2011. *Ingeniería energética*, 35(1), 38-47.

- Correa Soto, J., Cabello Eras, J. J., Nogueira Rivera, D., Haeseldonckx, D., Sagastume, A., & Silva de Olivera, L. F. (2018). *Municipal energy management model for Cuban first level municipalities*.
- Cortés, M. E., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Universidad Autónoma del Carmen.
- da Silva, V. A., & dos Santos, F. J. M.-H. (2019). Energy management system ISO 50001: 2011 and energy management for sustainable development. *Energy Policy*, 133, 110868.
- Cuatro tendencias que demuestran que el futuro de la energía es verde—Energía—Otras*. (2022). Energética XXI, revista de noticias de energía, biomasa, eólica, fotovoltaica, solar, autoconsumo. <https://www.energetica21.com/noticia/4-tendencias-que-demuestran-que-el-futuro-de-la-energia-es-verde>
- Daw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., & Venner, I. (2012). *Energy efficiency strategies for municipal wastewater treatment facilities*. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- DB-Engines Ranking*. (2022). DB-Engines. <https://db-engines.com/en/ranking>
- de Armas, M. R. B., & Cruz, F. E. S. (2017). *Título: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos*.
- Delgado, E., Guevara, J., Abad, J., Jaramillo, J. P., & Carlozama, J. (2017). Identificación de los factores que influyen en los hábitos de consumo de energía asociados al nivel cultural de los habitantes del sector Fortín de la ciudad de Guayaquil. *Global Partnerships for Development and Engineering Education: Proceedings of the 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, July 19-21, 2017, Boca Raton, FL, United States*, 315.

- Delgado, E., Peralta, J. M., & Guevara-Saenz de Viteri, J. (2017). *Identificación de los factores que influyen en los hábitos de consumo de energía asociados al nivel cultural de los habitantes del sector Fortín de la ciudad de Guayaquil*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.315>
- Denis, G. S., & Parker, P. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2088-2095.
- Díaz La Hoz, M. (2019). *Mejora de la Gestión Energética Municipal de Cienfuegos*.
- Django. (2022). Django Project. <https://www.djangoproject.com/>
- Doty, S., & Turner, W. C. (2004). *Energy management handbook*. Crc Press.
- Elma, O., Taşçıkaraoğlu, A., Ince, A. T., & Selamoğulları, U. S. (2017). Implementation of a dynamic energy management system using real time pricing and local renewable energy generation forecasts. *Energy*, 134, 206-220.
- Enerdata. (2022, julio 21). *Tendencias Energéticas Mundiales*. <https://es.enerdata.net/publicaciones/informes-energeticos/tendencias-energeticas-mundiales.html>
- Fernández Contreras, L. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso (Trabajo de Diploma)*. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".
- Fiordelisis, M. (2011). *Desarrollo local y energía*. Taller de Sensibilización para el Municipio de Aguada de Pasajeros.
- Franke, M., & Nadler, C. (2019). Energy efficiency in the German residential housing market: Its influence on tenants and owners. *Energy policy*, 128, 879-890.

- Fundora, C. P., & López, J. (2011). Energía, medio ambiente y sociedad: Una experiencia interdisciplinaria en la montaña. *Universidad y Sociedad*, 3(3).
- Futcher, J. A., & Mills, G. (2013). The role of urban form as an energy management parameter. *Energy Policy*, 53, 218-228.
- Galvez-Martos, J.-L., Styles, D., & Schoenberger, H. (2013). Identified best environmental management practices to improve the energy performance of the retail trade sector in Europe. *Energy policy*, 63, 982-994.
- Gómez Galindo, R. (2022). *Repositorio institucional para la mejora del proceso de información del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- González García, A., Arencibia Arauca, A., & Viant Garrido, E. (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-García, A., Arencibia-Aruca, A., & Saunders-Vázquez, A. (2013). Red Nacional de Gestión del Conocimiento de la Energía: Espacio colaborativo para la solución de problemas vinculados con la gestión de la información de la energía en Cuba. *Ciencias de la Información*, 44(1).
- Guacaneme Muñoz, W. E., Rodríguez Benavides, A. F., & Gómez Páez, L. M. (2016). *Emulador de una Microrred Residencial Aislada con un Sistema de Gestión de Energía a Partir de Generación Fotovoltaica y Tecnología V2g*.
- Hernández Arostegui, D., Herrera Venta, F. M., Vilaragut Llanes, M., & Sousa Santos, V. (2021). Modelado y simulación de una microrred autónoma. *Ingeniería Energética*, 42(2), 36-47.
- Hurtado Espinosa, L. (2017). *Diseño de un producto informático para la gestión de la energía del gobierno municipal de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

- IEEE spectrum. (2022). *Ranking de uso de languages de programación 2022*.
<https://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2020>
- Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S., & Rotunno, R. (2014). Energy Management Maturity Model: An organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *Journal of cleaner production*, 83, 108-117.
- Jaccard, M., Failing, L., & Berry, T. (1997). From equipment to infrastructure: Community energy management and greenhouse gas emission reduction. *Energy policy*, 25(13), 1065-1074.
- Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model—proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755.
- Keshtegar, B., Mert, C., & Kisi, O. (2018). Comparison of four heuristic regression techniques in solar radiation modeling: Kriging method vs RSM, MARS and M5 model tree. *Renewable and sustainable energy reviews*, 81, 330-341.
- Khorasany, M., Mishra, Y., & Ledwich, G. (2018). Market framework for local energy trading: A review of potential designs and market clearing approaches. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 12(22), 5899-5908.
- Khuntia, S. R., Rueda, J. L., & van Der Meijden, M. A. (2016). Forecasting the load of electrical power systems in mid-and long-term horizons: A review. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(16), 3971-3977.
- Las principales tendencias de digitalización del sector energético—BNamericas*. (2022).
<https://www.bnamericas.com/es/analisis/las-principales-tendencias-de-digitalizacion-del-sector-energetico-latinoamericano>
- Liu, B., Nowotarski, J., Hong, T., & Weron, R. (2015). Probabilistic load forecasting via quantile regression averaging on sister forecasts. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 8(2), 730-737.

- Mangla, S. K., Luthra, S., Jakhar, S., Gandhi, S., Muduli, K., & Kumar, A. (2020). A step to clean energy-Sustainability in energy system management in an emerging economy context. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118462.
- Martínez Hernández, A. (2018). *Modelo para la gobernanza de la matriz energética provincial en función de la generación de electricidad en Pinar del Río* [PhD Thesis]. Universidad de Pinar del Río " Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de
- Martínez-Molina, A., Ariño-Latorre, C. V., Flors-Mas, O., Moya-López, D., Pérez, E., & Beltran, H. (2015). *Sistema de gestión de energía para microrredes basado en control predictivo*.
- Medina, E., & Vicéns, J. (2011). *Factores determinantes de la demanda eléctrica de los hogares en España: Una aproximación mediante regresión cuantílica*.
- Medland, R., Foth, M., & Petkov, P. (2011). Connecting people and resource consumption in real time. *IEEE Pervasive Computing*, 10(1), 63-64.
- Mengelkamp, E., Schönland, T., Huber, J., & Weinhardt, C. (2019). The value of local electricity-A choice experiment among German residential customers. *Energy policy*, 130, 294-303.
- Minoli, D., Sohraby, K., & Occhiogrosso, B. (2017). IoT considerations, requirements, and architectures for smart buildings—Energy optimization and next-generation building management systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 269-283.
- Mirjat, N. H., Uqaili, M. A., Harijan, K., Valasai, G. D., Shaikh, F., & Waris, M. (2017). A review of energy and power planning and policies of Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 110-127.
- Monteagudo Llanes, J., Montesinos Pérez, M., Marín Mora, E. . V., & Torres Fuentes, R. (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa. *Revista Cubana de Gestión empresarial*, 9(3), 46-55.

- Muñoz Caravaca, A., Herrera Marrero, R. H., Fichez, R., Douillet, P., Díaz García, O., & Fernández, J. M. (2014). *Influencia de las características hidrodinámicas y morfométricas en la distribución de 210 pb en los sedimentos superficiales de la bahía de Cienfuegos, Cuba.*
- Najafi Ravadanegh, S., Jahanyari, N., Amini, A., & Taghizadeghan, N. (2016). Smart distribution grid multistage expansion planning under load forecasting uncertainty. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(5), 1136-1144.
- Nápoles García, O. O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares de La Gloria, La Juanita y Juanita II. (Trabajo de Diploma).* Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Navarro Chamorro, D. (2020). *Gestión de energía para la microrred en Cuenca (Ecuador) usando control predictivo.*
- Nie, H., & Kemp, R. (2013). Why did energy intensity fluctuate during 2000–2009?: A combination of index decomposition analysis and structural decomposition analysis. *Energy for Sustainable Development*, 17(5), 482-488.
- ONEI Cienfuegos. (2021). *Anuario Estadístico 2020 Cienfuegos.* <http://www.onei.gob.cu>.
- ONN. (2019). *NC ISO 50001: 2019. Sistemas de Gestión de la Energía—Requisitos con orientación para su uso.* <http://www.nc.cubaindustria.cu/certificacion.html>
- ONN. (2015a). *NC ISO 9001: 2015. Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos.* ONN. <http://www.nc.cubaindustria.cu/certificacion.html>.
- ONN. (2015b). *NC ISO 14001: 2015. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso.* ONN. <http://www.nc.cubaindustria.cu/certificacion.html>

- Peña, E. (2009). *Estrategia para el desarrollo e implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para el gobierno provincial de Cienfuegos* [PhD Thesis]. Tesis de Maestría en Eficiencia Energética. Cienfuegos: Universidad de
- Piantadosi, G. M. P. M. (2022, octubre 29). *The Line: La surrealista ciudad del desierto que ya está construyendo Arabia Saudí*. *elconfidencial.com*. https://www.elconfidencial.com/mundo/2022-10-29/the-line-surrealista-ciudad-desierto-arabia-saudi_3511692/
- Puntoni, P. P. (2022, agosto 3). *The Line, la ciudad futurista de 170km de largo y 200m de ancho que se construirá en Arabia Saudí*. *ELLE Decor*. <https://www.elledecor.com/es/arquitectura/a40792538/the-line-ciudad-vertical-futurista-arabia-saudi/>
- Rifkin, J. (2011). *La Tercera Revolución Industrial*.
- Rodríguez Figueredo, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares de Punta Gorda y Junco Sur. (Trabajo de Diploma)*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Rodríguez Figueredo, S. (2019). *Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- Rojas, R. (2014). *Energía en Cuba: Iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables*. <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>
- Sánchez-Silvera, A., Guarnizo-Marín, J. G., Forero-García, E. F., & Montenegro-Martínez, D. (2021). Sistema de gestión de energía descentralizado basado en multiagentes para operación de múltiples microrredes. *Tecnológicas*, 24(51), 94-119.

- Sawaengsak, W., Silalertruksa, T., Bangviwat, A., & Gheewala, S. H. (2014). Life cycle cost of biodiesel production from microalgae in Thailand. *Energy for Sustainable Development*, 18, 67-74.
- Schulze, M., Nehler, H., Ottosson, M., & Thollander, P. (2016). Energy management in industry—a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of cleaner production*, 112, 3692-3708.
- Sheikhahmadi, P., Bahramara, S., Shahrokhi, S., Chicco, G., Mazza, A., & Catalão, J. P. (2020). Modeling Local Energy Market for Energy Management of Multi-Microgrids. *2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, 1-6.
- The Line (Arabia Saudita). (2022). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=The_Line_\(Arabia_Saudita\)&oldid=147036100](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=The_Line_(Arabia_Saudita)&oldid=147036100)
- The Line, la ciudad del futuro sin coches ni calles que quieren construir en Arabia Saudí.* (2022, julio 28). La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20220728/8435182/asi-the-line-ciudad-futuro-coches-calles-esta-construyendo-arabia-saudi-pmv.html>
- The Line, la nueva ciudad vertical en Arabia Saudita.* (2022, julio). <https://www.ngenespanol.com/traveler/the-line-la-ciudad-vertical-en-arabia-saudita/>
- Tolón Martín, T. I. (2013). *Operación y gestión de microrredes energéticas urbanas en un entorno de sostenibilidad energética y ambiental* [Master's Thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Top 10 Best Web Backend Frameworks in 2022 for Web Development | AppMaster.* (2022). <https://appmaster.io/blog/10-best-web-backend-frameworks>
- Top Programming Languages 2022.* (2022, agosto 23). IEEE Spectrum. <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2022>

- Valkila, N., & Saari, A. (2013). Attitude–behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas. *Energy for Sustainable Development*, 17(1), 24-34.
- Vázquez, E. (2022). *Elaboración de un Software web para el cálculo de la huella energética aplicado a las condiciones de Cuba*.
- Wackernagel, M. (2001). *Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Lom Ediciones.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). Nuestra huella ecológica, Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. *Ediciones LOM. Santiago de Chile*, 89-103.
- Weiser, M. (2002). The computer for the 21st century. *IEEE pervasive computing*, 1(1), 19-25.
- Wilson, E. J., Plummer, J., Fischlein, M., & Smith, T. M. (2008). Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural electric co-operatives and small municipal utilities. *Energy policy*, 36(9), 3383-3397.
- Yang, X., Zhang, Y., Zhao, B., Huang, F., Chen, Y., & Ren, S. (2017). Optimal energy flow control strategy for a residential energy local network combined with demand-side management and real-time pricing. *Energy and Buildings*, 150, 177-188.
- Yang, Z., & Wei, X. (2019). The measurement and influences of China's urban total factor energy efficiency under environmental pollution: Based on the game cross-efficiency DEA. *Journal of cleaner production*, 209, 439-450.
- Zhang, J., & Shen, C. (2020). Set-based obfuscation for strong PUFs against machine learning attacks. *IEEE transactions on circuits and systems I: regular papers*, 68(1), 288-300.
- Zia, H., & Devadas, V. (2007). Energy management in Lucknow city. *Energy Policy*, 35(10), 4847-4868.