Análisis costo beneficio sobre estrategias de optimización de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Montería, usando la Metodología de Marco Lógico

Aarón González Martínez

Alex Alberto Agámez Arbeláez

Asesor

Ronald Rojas Alvarado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Maestría en Gerencia De Proyectos

2025

Resumen

El presente documento se construye desde la necesidad de determinar estrategias efectivas para la reducción de costos por consumos de energía eléctrica en la ciudad de Montería, aplicando la Metodología de Marco Lógico – MML. La monografía se percibe como un análisis comparativo entre las diferentes estrategias de reducción de costos definidas en su estructura y a la luz del aprovechamiento y uso de energías renovables, apuntando a los Objetivos de Desarrollo Sostenible descritos por la ONU. (ODS, 2023).

Se producen insumos investigativos sobre la conceptualización teórica general relacionada con la energía eléctrica, fuentes, producción y distribución; así como la contextualización sobre la problemática que afecta a la población objeto de estudio y se modela una metodología para la implementación de la presente monografía, que tiene fines académicos y de uso público para la comunidad.

De acuerdo a la información suministrada se puede resaltar que la implementación de proyectos de sistemas fotovoltaicos de tipo "*on grid*", conectados a la red eléctrica convencional, se convierten en la alternativa más efectiva en términos de recursos, tiempos, efectos generales, riesgos sociales, viabilidad y sustentabilidad energética.

La aplicación de MML en un trabajo de investigación, permite una objetividad y facilidad a la hora de manipular los datos y de obtener insumos relevantes para la toma de decisiones, desde una visión gerencial en proyectos.

***Palabras clave*:** Electricidad, Energías Limpias, Sistemas Fotovoltaicos.

Abstract

This document is built from the need to determine effective strategies for reducing costs for electrical energy consumption in the city of Montería, applying the Logical Framework Methodology – MML. The monograph is perceived as a cost-benefit analysis between the different cost reduction strategies defined in its structure and in light of the exploitation and use of renewable energies, aiming at the Sustainable Development Goals described by the UN. (SDG, 2023).

Research inputs are produced on the general theoretical conceptualization related to electrical energy, sources, production and distribution; as well as the contextualization of the problems that affect the population under study and a methodology is modeled for the implementation of this monograph, which has academic purposes and public use for the community.

According to the information provided, it can be highlighted that the implementation of "on grid" type photovoltaic system projects, connected to the conventional electrical grid, becomes the most effective alternative in terms of resources, time, general effects, social risks. . , viability and energy sustainability.

The application of MML in a research work allows objectivity and ease when manipulating data and obtaining relevant inputs for decision making, from a project management perspective. (ODS, 2023)

Keywords: Electricity, Clean Energy, Photovoltaic Systems.

Tabla de Contenido

Introducción 9

Descripción del problema 10

Pregunta de Investigación 11

Justificación 12

Objetivos 14

Objetivo General 14

Objetivos Específicos 14

Marco Referencial 15

Antecedentes 17

Marco Conceptual 25

Marco Teórico 28

Energía, Consumo y Abastecimiento Energético 28

Electricidad en Colombia 28

Eficiencia Energética y Sostenibilidad 29

Tecnologías de Ahorro de Energía. 30

Métodos de Evaluación de Ahorro de Energía 33

Domótica 35

Análisis Costo Beneficio 37

Metodología Del Marco Lógico MML – Concepto 38
Marco Contextual 43
Marco Legal 53
Metodología 58
Plan de Acción 58
Diagrama Cronológico 59
Tipo y Enfoque de la Investigación 61
Fases de la Investigación 61
Fase 1 61
Fase 2 62
Resultados 62
Análisis de Resultados 62
Metodología de Marco Lógico 73
Árbol de problemas 73
Árbol de Objetivos 75
Estrategias de Minimización de Costos por Consumo Eléctrico 77
Matriz de Marco Lógico 79
Análisis de la Matriz del Marco Lógico 87
Conclusiones 90
Recomendaciones 93

Bibliografía 95

Lista de tablas

Tabla 1 *Plan de acción*..... 58

Tabla 2 *Diagrama Cronológico*..... 60

Tabla 3 *Precios kw/h en Montería* 63

Tabla 4 *Análisis Cualitativo de Alternativas* 80

Tabla 5 *Comparativo de Costos*..... 82

Tabla 6 *Matriz de Marco Lógico* 83

Lista de figuras

Figura 1 *Mapa Conceptual Asociado al Marco de Referencia* 16

Figura 2 *Estructura de MML* 39

Figura 3 *Estructura del Árbol de Problemas* 41

Figura 4 *Estructura del Árbol de Objetivos* 42

Figura 5 *Objetivos de Desarrollo Sostenible* 44

Figura 6 *Infografía ODS* 45

Figura 7 *Proporción de la Población con Acceso a Energía Eléctrica, 2015- 2021* 46

Figura 8 *Infografía ODS 11 - ONU* 47

Figura 9 *Consumo de Energía en el Sector Urbano en Colombia* 49

Figura 10 *Impacto Positivo de la Eficiencia Energética* 53

Figura 11 *Infografía sobre Aspectos Legales y Ambientales* 55

Figura 12 *Fluctuación de Costo kw/h* 64

Figura 13 *Formulario de Google para Captación de Información Parte 1* 65

Figura 14 *Formulario de Google para Captación de Información Parte 2* 66

Figura 15 *Percepción sobre Facturación de Energía* 67

Figura 16 *Niveles de Satisfacción* 68

Figura 17 *Percepción sobre el Servicio Prestado por el Operador* 69

Figura 18 *Percepción sobre Energías Limpias* 70

Figura 19 *Uso de Energías Limpias en Montería* 71

Figura 20 *Factores de No Uso de Energías Limpias* 72

Figura 21 *Intención de Uso de Energías Limpias* 73

Figura 22 *Arbol de Problemas* 74

Figura 23 *Arbol de Objetivos* 76

Introducción

La realización del presente trabajo, pretende generar un plan de acción a partir de la determinación de las estrategias de reducción de gastos por consumo de energía eléctrica en los hogares y/o pequeñas empresas de la ciudad de Montería – Córdoba.

Su desarrollo permitirá un impacto positivo en la población mencionada, toda vez que se generan insumos suficientes para una toma decisiones que redunde en la reducción de los costos por facturación de consumo eléctrico, así como del aprovechamiento de recursos renovables, ya que estas fuentes constituyen solo el 30 % del consumo de energía en el sector eléctrico. (ODS, 2023).

El presente documento busca, en primera instancia, realizar un análisis de los altos costos por consumo de energía eléctrica, tomando como referencia la población del municipio de Montería (perteneciente a la Región Caribe colombiana, con una población aproximada a los 500.000 habitantes) desde la perspectiva de la Metodología de Marco Lógico -MML- (ONU - CEPAL, 2015), ya que en el último año la facturación por servicio de energía eléctrica se ha incrementado 25,9 % en el país, siendo la costa Caribe la región más afectada. (CENERGÍA, 2024)

Posteriormente, se genera un plan de acción que determina estrategias de minimización de costos por consumo eléctrico, a fin de establecer relaciones comparativas que permitan al lector ampliar sus expectativas e incluso lo puedan llevar a la toma decisiones, que repercutan en la reducción sistemática de los costos por consumo energía y, por ende, en el mejoramiento de su calidad de vida; finalmente, se genera un informe con los resultados, conclusiones y recomendaciones sobre esta temática de interés general.

Descripción del problema

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible – (ODS) de la ONU se han concebido como un plan ambicioso que pretende una sostenibilidad a largo plazo a nivel global, donde se correlacionan todos los desafíos del planeta como pobreza, desigualdad, clima, degradación ambiental, prosperidad, paz y justicia. (ONU, 2023).

El objetivo número siete (7), denominado "*energía asequible y no contaminante",* propende por garantizar un acceso universal a energías limpias y asequibles, punto clave en el crecimiento de aspectos importantes para todos como la agricultura, el sector empresarial, el entorno educativo, la comunicación global, la sanidad y el transporte. (ONU, 2023).

Lograr la implementación de un sistema energético global que cubra todos los sectores del entorno humano, desde lo empresarial hasta la medicina, incluyendo el sector educativo y la agricultura, así como la infraestructura tecnológica y las comunicaciones; permite la aceleración en el proceso de acceso a la energía eléctrica, incluso en países donde el servicio es precario o inexistente.

De esta manera, se fortalece la eficiencia energética y prosigue el curso del uso de energías limpias expandibles a todos los lugares del globo; la apuesta sigue siendo la de mejorar el acceso de dos mil trescientos millones de personas a energías limpias y tecnologías seguras para cocinar (ONU, 2023)**.** De acuerdo con los datos de la ONU, la vida humana depende del acceso a un sistema de energía seguro y asequible; sin embargo, su consumo irracional se ha convertido en la causa número uno del calentamiento global. (ONU, 2023).

En Colombia, la energía eléctrica mueve el país, tanto en el entorno industrial y comercial como para usuarios residenciales, como lo describe el Ministerio de Hacienda en Colombia en su página web. (MinEnergía, 2024).

La energía eléctrica en Colombia se genera a partir de diferentes fuentes. Cerca del 70% de la generación de electricidad es hidráulica, es decir, que se produce con agua, una fuente que es renovable. Otra fuente de energía ya bastante reconocida y de paso desgastada en el planeta vienen a ser los llamados combustibles fósiles como el gas, el carbón o el petróleo, los cuales entran como plan alterno a producir energía cuando los embalses disminuyen sus niveles, así entran las termo eléctricas, asegurando el suministro eléctrico del país y así responder ante la demanda energética. (MInEnergía, 2020).

En Colombia, los altos costos de consumo eléctrico han venido siendo ápice preocupante para la economía de todos los habitantes, sobrecargando la canasta familiar y generando un gasto realmente considerable que, de paso, ha generado esa incertidumbre que abre las puertas a la búsqueda de otras estrategias que permitan una reducción en los altos costos de energía y detener el crecimiento del deterioro ambiental por uso de fuentes no renovables. (MInEnergía, 2020).

De acuerdo con la información de la ONU, existe la denominada MML o metodología de marco lógico, la cual se ha convertido en un derrotero de etapas sistemáticas que incluyen desde la generación misma de conceptos, así como de la etapa de diseño, de la ejecución y de la evaluación de proyectos, y que enfatiza en la obtención de objetivos, hacia grupos beneficiarios, generando la participación y la comunicación entre los interesados. (ONU - CEPAL, 2015).

Esta metodología plantea ventajas relevantes que propenden por una correcta toma de decisiones, por medio de la interacción de elementos, que generan un aprendizaje acumulable en el tiempo, y por lo cual toma ventaja ante otras metodologías.

Pregunta de Investigación

¿Cómo a partir de la metodología gerencial MML, se pueden determinar las principales estrategias para reducir costos por consumo de electricidad en la ciudad de Montería?

Justificación

Las Naciones Unidas, a través de su séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 7), pretende confirmar un acceso global total a un sistema de energía confiable, sostenible y moderno (ODS, 2023), enfocados en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables que permitan generar y promover múltiples tecnologías de eficiencia energética, lo cual genere la oportunidad de que te todos los habitantes del planeta puedan acceder a esa energía, redundando en el aumento sistemático de energías renovables y en la mejora de eficiencia, así como de la cooperación de diferentes países en la implementación de sistemas innovadores para el aprovechamiento de energías sostenibles, y así el mejoramiento en lo tecnológico y la ampliación de nuevos sistemas de energía. (ODS, 2023).

La vida hoy depende en gran medida de energías seguras a las que todos tengan acceso; sin embargo, el consumo indiscriminado de ésta se ha convertido en causa principal del cambio climático. (ODS, 2023)

La energía eléctrica en Colombia mueve al país, a través de responder a las necesidades industriales y comerciales y con la prestación a usuarios residenciales. (MinEnergía, 2024).

Según el DANE, los altos costos por facturación por servicio de energía eléctrica para la Región Caribe, superan los incrementos del orden nacional, que ha crecido 25,9 %, mientras que, en Santa Marta, por ejemplo, han subido 49,9 %. (CENERGÍA, 2024).

La aplicación de la MML, a un trabajo de investigación, permite una objetividad y facilidad a la hora de manipular los datos y de obtener insumos relevantes para la toma de decisiones, desde una visión gerencial en proyectos.

Surge entonces la necesidad de implementar estrategias que reduzcan costos por consumo eléctrico, tomando como objeto de análisis una muestra de la población de Montería, para ser

analizada sobre la arquitectura de la MML, que busca establecer relaciones de costo/beneficio, entre las diferentes estrategias de optimización de costos por consumo de energía eléctrica. (Aldunate & Córdoba, 2011).

Este contenido, se convierte en un insumo de interés para la población en general, toda vez que repercutirá en el reconocimiento de estrategias, que permitan la reducción de costos por concepto de facturación de consumos de electricidad en la región norte de Colombia, emanado desde la visión misma de la gerencia de proyectos.

Objetivos

Objetivo General

Analizar diversas estrategias de reducción de costos por consumos de energía eléctrica en la ciudad de Montería a través de la Metodología de Marco Lógico – MML.

Objetivos Específicos

Ejecutar un análisis sobre de costos de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Montería.

Consolidar información sobre estrategias de reducción de costos por consumo de energía eléctrica.

Desarrollar desde la perspectiva de la MML, un análisis comparativo para determinar las principales estrategias de minimización de costos por consumo de energía eléctrica.

Marco Referencial

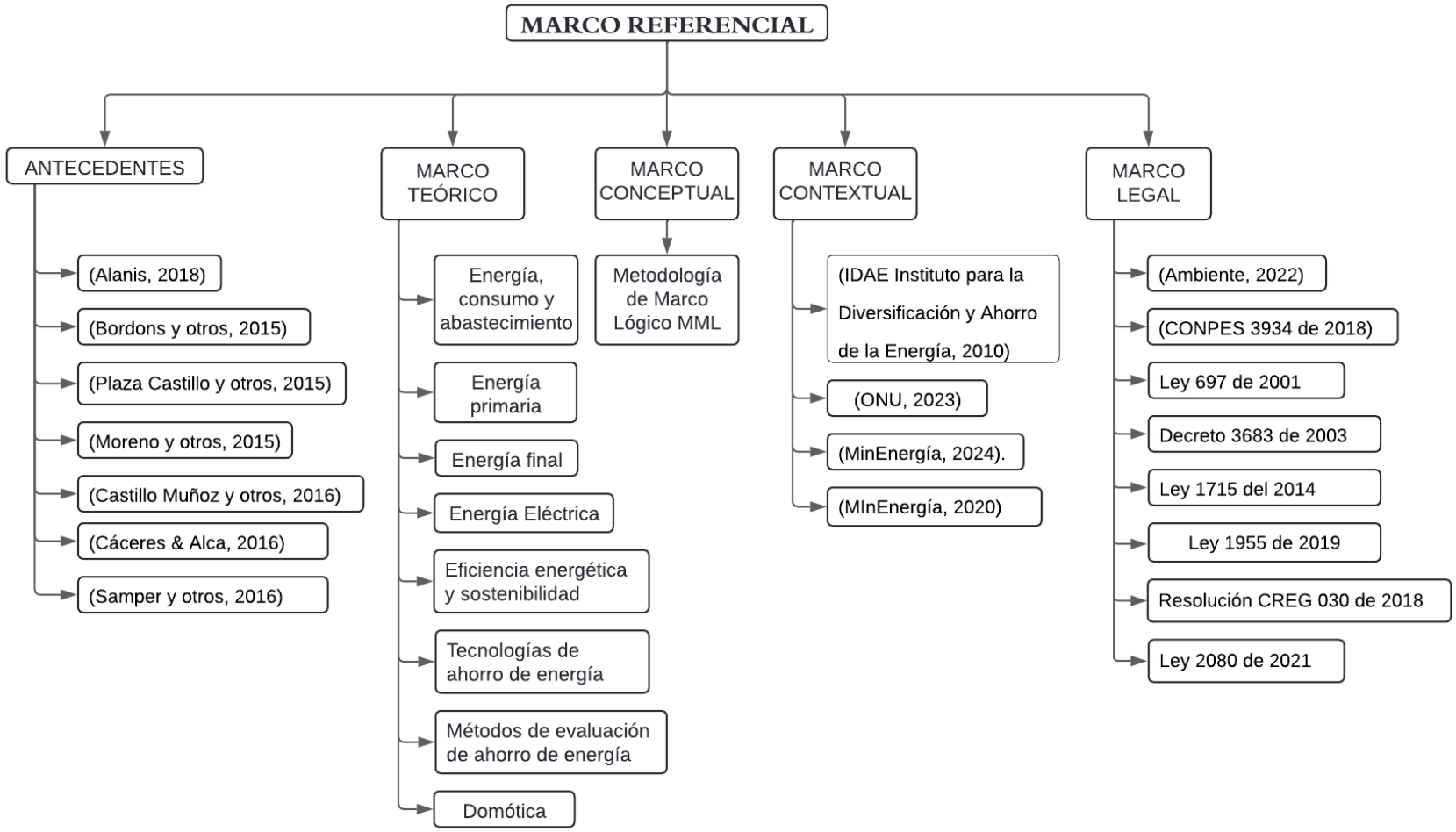
En este marco referencial se resaltan los factores inherentes a las diferentes estrategias o sistemas utilizados a fin de reducir los altos costos por consumos de energía eléctrica, así como la definición de conceptos que permiten una visión más amplia del lector y facilita la comprensión del contenido.

Se incluye además un mapa conceptual que visualiza la estructura del marco referencial de manera que el lector y/o la comunidad educativa, tengan un derrotero sobre el flujo de la información aquí contenida y puedan ir ampliando su espectro de conocimientos para luego llegar a una transferencia o adquisición de conocimientos que redunden en la comprensión del problema planteado.

Posteriormente, se resaltan los aportes de la MML como herramienta de la Gerencia de Proyectos, desde cuya visión se llevará a cabo el análisis de comparativo aquí propuesto.

Figura 1

Mapa Conceptual Asociado al Marco de Referencia



Nota. En la figura anterior se presenta un mapa conceptual asociado al Marco de Referencia. Elaboración propia.

Antecedentes

Entre las revelaciones más importantes de la última década acerca de esta temática, destacan por la cantidad de citaciones y su relevancia en la región los siguientes estudios, todos extraídos mediante la aplicación de un proceso bibliométrico aplicado a Scopus®, una de las principales bases de datos académicas y científicas del mundo. Esta base de datos de carácter multidisciplinar, publicada por Elsevier, indexa los artículos publicados en más de 25.000 revistas académicas evaluadas por pares, con actualización diaria, así como más de 210.000 libros. (ELSEVIER B.V., 2024).

Se desarrolla un análisis bibliométrico basados en palabras clave como electricidad, consumo eléctrico, energías limpias, sistemas fotovoltaicos, y otras, para lo cual se consultan diferentes documentos en la base de datos Scopus®, limitando la búsqueda entre los años 2013 y 2023. A partir de esta consulta se muestran los autores más relevantes en el tema, citas por año, publicación de artículos por año y red de coautorías, permitiendo visualizar un amplio espectro sobre fuentes a citar y consultar, con la finalidad de crear un estado del arte excelso como marco teórico de la investigación.

El artículo denominado “Electricity Prices Forecasting using Artificial Neural Networks”, “Previsión de precios de electricidad mediante redes neuronales artificiales”, presenta los resultados del uso de algoritmos de entrenamiento de redes neuronales recurrentes basados en el filtro de Kalman extendido y su uso en la predicción del precio de la energía eléctrica, para ambos casos: un paso adelante y n-paso adelante. (Alanis, 2018)

Además, se incluye la prueba de estabilidad utilizando la conocida metodología de Lyapunov, para la red neuronal artificial propuesta entrenada con un algoritmo basado en el filtro

de Kalman extendido. Finalmente, la aplicabilidad del esquema de predicción propuesto se muestra mediante la predicción de un paso adelante y de n pasos adelante utilizando datos del sistema eléctrico europeo. IEEE. (Alanis, 2018).

El artículo “Optimal energy management for renewable energy microgrids”; “Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable”, gestado desde la Universidad de Guadalajara, México, aborda algunas cuestiones relacionadas con el funcionamiento óptimo de las micro-redes, que son un conjunto de cargas, generadores y sistemas de almacenamiento de energía que pueden gestionarse aislados o conectados a la red principal, de forma coordinada para suministrar electricidad de forma fiable. (Bordons, García-Torres, & Valverde, 2015)

En este apartado, orientado desde el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, de la Universidad de Sevilla y el Centro Nacional Del Hidrógeno en Ciudad Real, España, se abordan los problemas de control y solución tanto para el despacho óptimo como para la integración de la micro red en el mercado eléctrico. Se presenta el desarrollo de controladores predictivos modelo para estudios de casos que incluyen varias fuentes renovables (fotovoltaica y eólica), así como almacenamiento híbrido utilizando hidrógeno. (Bordons, García-Torres, & Valverde, 2015)

Se presentan algunos resultados experimentales para una micro red demostrativa, así como simulaciones de programación en el mercado eléctrico. Los resultados indican que el desarrollo de los controladores adecuados permitirá una participación competitiva de las energías renovables en el nuevo modelo del sistema eléctrico. (Bordons, García-Torres, & Valverde, 2015).

Se encuentra también el artículo denominado “Design, Construction and Implementation of a Low Cost Solar-Wind Hybrid Energy System”, “Diseño, Construcción e Implementación de

un Sistema Híbrido de Energía Solar-Eólica de Bajo Costo", que aborda la implementación de un sistema híbrido solar-eólico que genera energía eléctrica a bajo costo. La energía eólica y solar se están convirtiendo en las fuentes de energía alternativas más populares, debido a su abundancia, disponibilidad y facilidad para obtener energía eléctrica.

Esta investigación, orientada en conjunto por la Universidad Del Atlántico, Colombia, el Instituto Tecnológico Superior de Misantla y la Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, en México, comprende la construcción de un sistema híbrido de energía renovable para aplicaciones domiciliarias, el cual utiliza materiales simples para su construcción e implementación. (Plaza Castillo, Daza Mafiolis, Coral Escobar, Garcia Barrientos, & Villafuerte Segura, 2015).

El sistema híbrido incluye baterías recargables, que se cargan con energía eólica a través de un pequeño alternador y/o energía solar a través de células solares, ambas utilizan un módulo de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). Este sistema energético ha sido diseñado para un bajo consumo de energía por su simplicidad, sin embargo, su flexibilidad le permite crecer de forma modular para cubrir la demanda propia de los hogares en diferentes regiones del mundo. El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar sistemas de energía híbrido solar-eólico utilizando un diseño simple, por ejemplo, se logró adaptar un motor simple de ventilador de techo en el sistema eólico. Se espera que este trabajo sostenga una parte del consumo eléctrico doméstico diario con una utilización eficiente de la energía solar y eólica. (Plaza Castillo, Daza Mafiolis, Coral Escobar, Garcia Barrientos, & Villafuerte Segura, 2015).

Desde la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en Riobamba, Ecuador; en conjunto con la Universidade Federal Fluminense (UFF), de Niterói, en Rio de Janeiro, Brazil, se publicó el artículo titulado "Evaluation of Brazilian electricity distributors

using a Network DEA model with shared inputs", "Evaluación de distribuidoras eléctricas brasileñas utilizando un modelo Network DEA con insumos compartidos", el cual define al Análisis Envolvente de Datos (DEA) como una metodología ampliamente utilizada para evaluar la eficiencia de las empresas de distribución eléctrica. (Moreno, Andrade , Angulo Meza, & De Mello, 2015)

La mayoría de los trabajos utilizan la longitud de la red como una de las variables en la modelación: algunos como input, ya que representa el total de electricidad distribuida, y otros como output, ya que consiste en el producto de las inversiones realizadas y la distribución geográfica. dispersión, mostrando así diferentes dimensiones de un mismo problema. Para abordar esta situación, este trabajo presenta una forma innovadora de abordar esta variable mediante el uso de un modelo Network DEA con dos etapas. (Moreno, Andrade , Angulo Meza, & De Mello, 2015)

En su enfoque, la longitud de la red se ha establecido para que sea tanto el resultado de la primera etapa (cuya entrada es una tasa de los costos operativos) como una entrada para la segunda etapa (cuyas salidas son el número de consumidores y el consumo total). Además, se tienen en cuenta factores para compartir los costos operativos entre las etapas. En aras de la exhaustividad, se introducen dos modelos Network DEA, a saber, enfoques relacionales y aditivos. Finalmente, se presentan, comparan y discuten los resultados de ambos modelos. (Moreno, Andrade , Angulo Meza, & De Mello, 2015).

El artículo "Analysis of Stability of Tension and Losses of Electric Power in Distribution Networks with Distributed Generation", "Análisis de Estabilidad de Tensión y Pérdidas de Energía Eléctrica en Redes de Distribución con Generación Distribuida", diseñado en conjunto entre la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Ecuador y la Universidad Pontificia

Bolivariana de Medellín, Colombia; pretende desarrollar un estudio sobre análisis de tensiones considerando energías renovables o no convencionales para implementar la generación distribuida (GD), como solución al problema generado en el sistema de energía eléctrica (EPS) debido a perturbaciones que lo afectan. (Castillo Munoz, Aguila Tellez, & Gonzalez Sanchez, 2016)

El artículo describe que uno de los problemas es la falta de potencia activa suministrada al sistema, lo que se compensa con la inclusión de generación distribuida; de lo contrario se considera criterio de inestabilidad perjudicando al propio sistema y al consumidor receptor del servicio. A partir del estudio de estabilidad de voltaje se estableció un sistema radial de 9 barras, en el cual se implementaron fuentes de generación distribuida y se analizaron los efectos que se presentaron en bajo, medio y alto impacto. El análisis se desarrolló con ayuda de fuentes literarias como base para el estudio, las cuales fueron aplicadas en el software ETAP, permitiéndonos establecer las características del sistema mediante la realización de simulaciones en el flujo de potencia en diversos escenarios. (Castillo Munoz, Aguila Tellez, & Gonzalez Sanchez, 2016)

El método de análisis permitió establecer márgenes y tasas de estabilidad de voltaje variando la potencia activa suministrada por la EPS, de manera que la relación entre el voltaje y la potencia permitió determinar las características del sistema, estableciendo el funcionamiento del sistema en operación normal. límites. Las condiciones de operación en las EPS son algunas de las limitaciones que anulan la idea de introducir un sistema con GD, ya que el sistema como tal no tiene capacidad para instalar centros de generación en el sistema de manera aleatoria. Para ello, incluimos estudios sobre el análisis de una ubicación óptima para encontrar la adecuada implementación de la GD en las EPS. Los resultados obtenidos se optimizaron utilizando el

software GAMS evaluando las funciones de costos, lo que permitió analizar la importancia de la implementación de la GD en los aspectos técnicos y económicos del sistema de distribución. (Castillo Munoz, Aguila Tellez, & Gonzalez Sanchez, 2016).

Otro artículo relevante por sus citaciones en diversos ponderados, es el titulado “Potential for Energy Recovery from A Wastewater Treatment Plant”, “Potencial de recuperación energética de una planta de tratamiento de aguas residuales”, orientado desde la Universidad Nacional de San Agustín en Arequipa, Perú, en el cual se estimó y describió el potencial de recuperación de energía de una planta de tratamiento de aguas residuales en el país Inca. (Caceres & Alca, 2016)

La energía térmica y eléctrica se obtuvo a partir de una metodología de cálculo que utiliza las características de las aguas residuales y un conjunto de datos de diseño establecido que incluye eficiencias para la unidad combinada de calor y energía (CHP). La tasa de carga orgánica fue de 3,98 kg VS/m3 día, la potencia eléctrica estimada fue de 241,7 kW y la potencia térmica estimada fue de 309,4 kW. Después de la modernización y modificación de la planta, ésta será eléctricamente autosuficiente y podrá incluso vender el excedente de electricidad a la red. Se sugiere la co-digestión de otros sustratos para mejorar la producción de biogás y el volumen libre de los digestores. (Caceres & Alca, 2016).

Otro artículo de alta relevancia por sus citaciones investigativas, es el denominado “Investment Valuation of Energy Storage Systems in Distribution Networks considering Distributed Solar Generation”, “Valoración de Inversiones de Sistemas de Almacenamiento de Energía en Redes de Distribución considerando Generación Solar Distribuida”, originado desde el Instituto de Energía Eléctrica, UNSJ, CONICET de San Juan, Argentina; donde se expresa que debido a la creciente conciencia mundial sobre el cambio climático, se espera una mayor

penetración de la generación solar distribuida en todo el mundo. (Samper, Flores, & Vargas, 2016)

Cuando la integración en la red de estas tecnologías renovables intermitentes alcanza un alto nivel de penetración, se requiere una adaptación técnica, como capacidad de respaldo de generación o capacidad de la red de distribución. En este sentido, los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (ESS) compensan las variaciones en la producción de electricidad renovable y juegan un papel vital en la integración de estos recursos de generación variable a la red. A su vez, el ESS se puede utilizar para almacenar el exceso de electricidad generada durante los períodos de demanda fuera de las horas pico para descargarla en las horas pico, lo que se conoce como reducción de picos de carga, ahorrando así energía del sistema para cuando más se necesita. (Samper, Flores, & Vargas, 2016)

Este artículo presenta una metodología integral para valorar inversiones de ESS en redes de distribución con alta penetración de generación distribuida fotovoltaica. En concreto, se centra en la evaluación integral de los ESS como una opción flexible para el aplazamiento de inversiones en la planificación de expansión de la red eléctrica, considerando restricciones tanto económicas como técnicas y utilizando principalmente los ESS para reducir los picos de carga. (Samper, Flores, & Vargas, 2016)

La metodología propuesta se prueba en una red de distribución típica de América Latina, particularmente en la provincia de San Juan en Argentina. Para ello se realizan dos valoraciones de planificación de expansión: una, considerando las alternativas de expansión tradicionales y, la otra, considerando los ESS como opciones de expansión flexibles. Los resultados muestran que la mayor contribución de ESS radica en la flexibilidad que otorga a la planificación de la

expansión de la distribución, principalmente al diferir los refuerzos de la red. (Samper, Flores, & Vargas, 2016).

Marco Conceptual

Análisis costo beneficio: Herramienta de análisis financiero utilizada para determinar los beneficios proporcionados por un proyecto respecto a sus costos. (Project Management Institute, Inc., 2017)

BID: Banco Interamericano de Desarrollo, principal fuente de financiamiento para el desarrollo de América Latina y el Caribe. (BID, 2024)

Campo eléctrico: campo físico o región del espacio que interactúa con cargas eléctricas o cuerpos cargados mediante una fuerza eléctrica. (Concepto, 2024)

Carga eléctrica: Propiedad de la materia presente en partículas subatómicas, que se evidencian por la capacidad de repulsión o atracción entre ellas. Es el movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor. (Concepto, 2024)

Corriente alterna: (CA) La más empleada domésticamente, trabaja con oscilación regular y cíclica en su magnitud y sentido. (Concepto, 2023)

Corriente directa: (CD) Conocida como corriente continua (CC): Flujo de cargas eléctricas que nunca cambia su sentido en el tiempo. En otras palabras, su flujo o sentido de circulación es siempre el mismo. (Concepto, 2024)

Corriente eléctrica: Transmisión de cargas eléctricas. Que fluyen por un material conductor. (Concepto, 2024)

Domótica: automatización y control inteligente de los dispositivos y sistemas en el hogar, desempeña un papel significativo en el ahorro de energía. (IDAE, 2020)

Electricidad: Conjunto de fenómenos físicos vinculados a la presencia y transmisión de cargas eléctricas. (Concepto, 2024)

Energía: capacidad que posee una fuerza para generar una acción o un trabajo. (Concepto, 2024).

Energía solar: Se basa en el aprovechamiento de la radiación solar, a través de tecnologías especializadas que permiten captar los fotones provenientes del sol y transformarlos en energía eléctrica. Existen tres formas principales por las cuales se puede aprovechar la energía solar: utilizando paneles fotovoltaicos (que toman la luz y la convierten en electricidad), utilizando colectores solares (que permiten captar la energía solar y usarla para producir energía térmica, es decir, calentar los dispositivos que se alimentan de esta fuente) y utilizando plantas de energía solar concentradas (que realizan una conversión indirecta de la energía solar en energía eléctrica, basándose en un ciclo termodinámico). (Concepto, 2024)

Energía primaria: Este concepto enfatiza en la energía proveniente de los combustibles, antes de ser transformada en energía final.

Energía final: Es la energía convencional o común usada por el usuario; por ejemplo, la electricidad de los hogares, así como el gas natural residencial. (IDAE, 2010)

Energías renovables – Energías limpias: son formas de energía producidas por fuentes renovables con impacto ecológico mínimo o nulo en el medio ambiente. Son energías ecológicas o eco-amigables. (Concepto, 2024)

EE: Eficiencia energética.

FNCER: Fuentes no convencionales de energía renovable: Las fuentes de energía son fenómenos naturales capaces de generar energía aprovechable para usos económicos o biofísicos. Dichas fuentes pueden ser variadas, de orden físico o químico. Generalmente involucran la intervención humana para transformar y reconducir su energía, para disponer de ella a voluntad, en forma principalmente de electricidad, movimiento o calor. (Concepto, 2024)

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. IEEE es la Sociedad profesional y técnica más grande del mundo, además de ser el productor mayor de publicaciones en electro-tecnología. IEEE es la organización profesional técnica más grande del mundo dedicada a avanzar en tecnología en beneficio de la humanidad. (IEEE, 2024)

kWh: Kilovatio por hora (unidad de energía): El kilovatio-hora (kWh) es la unidad básica para medir el consumo de energía eléctrica en todo el mundo. Esta unidad se usa para cuantificar la cantidad de energía consumida por los hogares, edificios comerciales, industrias y otros usuarios de electricidad. Esta unidad se usa para calcular el costo de la electricidad y también para determinar el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero que producen los usuarios de electricidad. (Factor Energía, 2024)

Magnetismo: Las cargas eléctricas en movimiento generan campos magnéticos, afectando (atrayendo o repeliendo) a los materiales magnéticos y a las cargas en movimiento que se encuentren en él y pudiendo, bajo ciertas condiciones, generar ellos mismos una corriente eléctrica. (Concepto, 2024)

Metodología de Marco Lógico - MML: herramienta fundamental para visualizar un problema y facilitar el diseño, ejecución y evaluación de proyectos que redunden en su solución. (ONU - CEPAL, 2015)

ODS: Objetivos de desarrollo Sostenible. (ONU, 2023)

Potencial eléctrico: capacidad que tiene un campo eléctrico para realizar un trabajo. (Concepto, 2024)

Sistemas fotovoltaicos: Toman la luz y la convierten en electricidad, utilizando colectores solares que permiten captar la energía solar y usarla para producir energía térmica, es decir, calentar los dispositivos que se alimentan de esta fuente y utilizando plantas de energía solar

concentradas que realizan una conversión indirecta de la energía solar en energía eléctrica, basándose en un ciclo termodinámico. (Concepto, 2024)

Marco Teórico

Seguidamente, se propone un marco teórico que se constituye en una explicación lógica sobre los componentes técnicos específicos que sirven de apoyo para la comprensión y posterior resolución del problema planteado.

Energía, Consumo y Abastecimiento Energético

La energía está visionada como un motor que hace girar al mundo; sin ella, no existiría ni la iluminación, ni el aire acondicionado ni mucho menos la calefacción, tampoco la televisión, ni medios de transporte. Una sociedad desarrollada se convierte en súper-consumidora de energía, sin embargo, esto no garantiza un uso eficiente y responsable.

Si la sociedad hace un mejor uso de manera responsable y eficaz, se podría pensar en un aumento de la cobertura y la calidad de servicios sin aumentar los consumos de energía, lo que cual reduce la vulnerabilidad ante posibles crisis de suministro. (IDAE, 2010).

Electricidad en Colombia

Colombia se mueve con electricidad como pilar principal, respondiendo como primera medida a las necesidades de las grandes industrias y al sector comercial, así como la prestación de servicio para hogares y pequeños negocios.

Según la cartera de minas y energía de Colombia, describe que “el rol del estado en la prestación del servicio se enfoca en la formulación de política pública, regulación, cierre de brechas, planeación de la expansión, promoción de las FNCER”, en busca de generar confianza en el servicio y mejorar las condiciones de todos los usuarios. (MInEnergía, 2020)

Eficiencia Energética y Sostenibilidad

La eficiencia energética es la relación entre los resultados obtenidos, los servicios prestados y la energía consumida. En este caso la eficiencia se refiere al uso óptimo de la energía para lograr un determinado resultado, minimizando el desperdicio. En el contexto actual de preocupaciones ambientales y la necesidad de minimizar los efectos del calentamiento global, la eficiencia energética se ha vuelto crucial para la sostenibilidad. La implementación de sistemas de ahorro de energía no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a la conservación de recursos naturales y la mitigación del cambio climático. (IDAE, 2010)

Ahora bien, ahondando en el tema de la eficiencia acompañada con la sostenibilidad se entiende que la eficiencia energética es un elemento clave para promover la sostenibilidad ambiental, ya que permite maximizar la producción de bienes y servicios con un menor consumo de recursos energéticos y entre sus ventajas encontramos:

Reducción de costos: Mejorar la eficiencia energética implica utilizar menos energía para realizar las mismas actividades. Esto se traduce en menores costos de energía para hogares, empresas e industrias, lo que a su vez puede liberar recursos para otros usos y aumentar la competitividad económica. (IDAE, 2010)

Ahorro de recursos: Al utilizar la energía de manera más eficiente, se reduce la cantidad de recursos naturales necesarios para producir energía. Esto ayuda a preservar recursos no renovables como el petróleo, el gas natural y el carbón, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo. (IDAE, 2010)

Mitigación del cambio climático: La eficiencia energética reduce la cantidad de combustibles fósiles quemados para obtener energía, lo que disminuye las emisiones de gases.

Esta reducción en las emisiones ayuda a mitigar el cambio climático al disminuir su impacto en el calentamiento global y sus efectos asociados. (IDAE, 2010).

Creación de empleo y desarrollo económico: La eficiencia energética impulsa la demanda de tecnologías y servicios energéticos más eficientes, lo que puede generar empleo en sectores relacionados como la ingeniería, la construcción, la fabricación y la consultoría energética. Además, la inversión en eficiencia energética puede estimular el crecimiento económico al lograr aumentos significativos en cuanto productividad y de paso al mejoramiento en la calidad que d lugar a la competitividad en las empresas. (IDAE, 2010).

Mayor seguridad energética: Disminuir la dependencia de combustibles fósiles importados mejora la eficiencia de energía, además de fortalecer la seguridad energética en el país y reducir la sistemáticamente vulnerabilidad a las interrupciones en el suministro de energía y a las fluctuaciones de precios en el mercado internacional de energía, lo que a su vez promueve la estabilidad económica y social. (IDAE, 2010).

Tecnologías de Ahorro de Energía.

Entre las tecnologías actuales de ahorro de energía el mercado propone un sinfín de posibilidades, de las cuales se pueden encontrar las siguientes:

Iluminación LED. Es una tecnología de iluminación altamente eficiente que utiliza diodos emisores de luz para convertir la electricidad en luz. Comparados con las bombillas incandescentes y fluorescentes, los LED consumen significativamente menos energía y tienen una vida útil mucho más larga. Esta tecnología ha sido ampliamente adoptada en aplicaciones de iluminación residencial, comercial e industrial debido a su capacidad para reducir el consumo de energía y los costos operativos a largo plazo.

Entre los aspectos claves de la iluminación LED encontramos, la eficiencia energética, larga vida útil en el sentido que tienen una duración aproximada de 50.000 horas o más en comparación con otras fuentes de luz artificial, bajo mantenimiento debido a su larga vida útil, encendido instantáneo, sostenibilidad en este sentido los LED´s son una opción más respetuosa con el medio ambiente en comparación con otras tecnologías de iluminación. No contienen materiales tóxicos como el mercurio, que está presente en algunas lámparas fluorescentes, y son más fáciles de desechar al final de su vida útil. Además, su eficiencia energética contribuye a la reducción de emisiones de gases y al ahorro de recursos naturales.

Paneles solares. Los paneles solares, también llamados módulos fotovoltaicos, operan mediante el efecto fotovoltaico para convertir la energía solar en electricidad utilizable. Aquí te explico cómo funcionan en términos generales:

Células fotovoltaicas. Los paneles solares están compuestos por células fotovoltaicas, generalmente fabricadas con silicio cristalino. Cada célula fotovoltaica contiene capas de material semiconductor que tienen una carga eléctrica positiva (p) y otra negativa (n). Cuando la luz solar incide sobre estas células, los fotones de la luz excitan los electrones en el material semiconductor, creando una corriente eléctrica.

Generación de corriente eléctrica. La interacción de los fotones con los electrones en el material semiconductor crea una diferencia de potencial entre las capas positivas y negativas de la célula. Esta diferencia de potencial provoca que los electrones se muevan, generando una corriente eléctrica en el circuito conectado a las células fotovoltaicas.

Campo eléctrico. Dentro de cada célula fotovoltaica se genera un campo eléctrico debido a la diferencia de carga entre las capas p y n. Este campo eléctrico ayuda a dirigir los electrones

excitados hacia una dirección específica, facilitando así la generación de corriente eléctrica continua.

Conversión de corriente. La electricidad generada por los paneles solares es corriente continua (CC). Sin embargo, la mayoría de los dispositivos eléctricos y sistemas de alimentación funcionan con corriente alterna (CA). Por lo tanto, se utiliza un inversor solar para convertir la corriente continua en corriente alterna, que es la forma de electricidad que se utiliza en la mayoría de los hogares y empresas.

Conexión en sistema. Los paneles solares individuales se conectan entre sí en un arreglo eléctrico para formar un sistema solar fotovoltaico. Esto se realiza en serie o en paralelo, dependiendo de los requisitos de voltaje y corriente del sistema. La conexión en serie aumenta el voltaje total del sistema, mientras que la conexión en paralelo aumenta la corriente.

Entre las ventajas de los paneles solares se pueden encontrar:

Energía renovable y sostenible. Los paneles solares aprovechan una fuente de energía renovable e inagotable: la luz solar. Esta energía está disponible en abundancia y de forma constante, lo que la convierte en una opción sostenible para satisfacer las necesidades energéticas a largo plazo.

Reducción de emisiones. Al utilizar energía solar, se reducen las emisiones de gases y otros contaminantes asociados con la generación de electricidad generada por el tratamiento de combustibles fósiles, lo cual, contribuye con la mitigación del cambio climático y el mejoramiento de la calidad del aire.

Independencia energética. Los paneles solares permiten a los hogares y negocios generar su propia electricidad, lo que reduce su dependencia de la red eléctrica convencional y de los combustibles fósiles. Esto proporciona una mayor autonomía y resiliencia energética.

Ahorro económico. A largo plazo representan ahorros significativos en los costos de energía. La electricidad generada por paneles solares es prácticamente gratuita una vez que se han amortizado los costos de instalación y mantenimiento.

Bajo mantenimiento. Los paneles solares requieren un mantenimiento mínimo una vez instalados. Solo necesitan ser limpiados ocasionalmente para garantizar un rendimiento óptimo. Además, su vida útil prolongada y las garantías ofrecidas por los fabricantes reducen la necesidad de intervención.

Flexibilidad. Los sistemas solares pueden adaptarse a una amplia gama de necesidades y tamaños, desde instalaciones residenciales pequeñas hasta proyectos comerciales y utilitarios a gran escala. Además, pueden ampliarse fácilmente según sea necesario para satisfacer demandas adicionales de energía.

Métodos de Evaluación de Ahorro de Energía

Auditorías energéticas. Este enfoque implica realizar una inspección exhaustiva de las instalaciones para identificar áreas de alto consumo de energía y oportunidades de mejora en la eficiencia energética. Durante una auditoría energética, se revisan los sistemas de iluminación, HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), equipos eléctricos, entre otros, para detectar posibles fugas de energía y malas prácticas de uso. La auditoría puede incluir la recopilación de datos de consumo histórico, análisis de facturas de energía y mediciones directas de consumo en tiempo real.

Análisis de facturas de energía. Este método implica revisar y analizar las facturas de energía para identificar patrones de consumo, tendencias estacionales y posibles anomalías. El análisis exhaustivo sobre facturas puede proporcionar información valiosa sobre el rendimiento

energético de un edificio o sistema y ayudar a identificar áreas específicas que requieren atención.

Medición y verificación. Es un proceso sistemático para cuantificar y verificar el ahorro de energía después de la implementación de medidas de eficiencia energética. Este proceso implica la recopilación de datos de consumo antes y después de la implementación de las medidas, así como la realización de ajustes para tener en cuenta variables externas que podrían afectar el consumo, como las condiciones climáticas. El M&V es fundamental para garantizar que las medidas de ahorro de energía sean efectivas y cumplan con los objetivos establecidos.

Simulaciones energéticas. Se utilizan modelos computacionales para simular el comportamiento energético de un sistema o edificio bajo diferentes condiciones operativas y climáticas. Estas simulaciones permiten evaluar el impacto de medidas de ahorro de energía antes de su implementación y optimizar el diseño y la operación de los sistemas para maximizar la eficiencia energética.

Evaluación del ciclo de vida. Este enfoque evalúa el impacto ambiental y energético de un producto o sistema en toda la extensión de su ciclo de vida completo. La evaluación de ciclo de vida permite identificar oportunidades de ahorro de energía y reducción de emisiones en todas las etapas del ciclo de vida de un producto o sistema.

Evaluación costo -beneficio. Se realiza un análisis de costos sobre la ideación de estrategias o medidas de ahorro de energía en comparación con los beneficios esperados, como el ahorro en facturas de energía, la reducción de emisiones de gases de y otros impactos ambientales y económicos. Este análisis ayuda a priorizar las medidas de ahorro de energía más rentables y a justificar las inversiones necesarias.

Indicadores de desempeño energético. Estos indicadores proporcionan una medida cuantitativa del desempeño energético de un sistema o edificio, lo que permite monitorear su eficiencia a lo largo del tiempo y compararlo con estándares o *benchmarks*. Los indicadores de desempeño energético pueden incluir métricas como el consumo de energía por unidad de producción, la intensidad energética o la huella de carbono.

Certificaciones energéticas. Algunos países o regiones ofrecen programas de certificación energética para edificios, equipos o sistemas que cumplen con ciertos estándares de eficiencia energética. Estas certificaciones pueden ayudar a promover la adopción de prácticas y tecnologías más eficientes en el sector de la construcción y a proporcionar reconocimiento a aquellos que cumplen con los estándares establecidos.

Domótica

La domótica, que se refiere a la automatización y control inteligente de los dispositivos y sistemas en el hogar, desempeña un papel significativo en el ahorro de energía

Entre la contribución de la domótica se encuentra:

Gestión eficiente de la iluminación. Los sistemas de iluminación inteligente pueden ajustar automáticamente el brillo y el encendido/apagado de las luces según la presencia de personas en la habitación, la luz natural disponible y los horarios preestablecidos. Esto ayuda a reducir el desperdicio de energía al garantizar que las luces estén encendidas solo cuando sea necesario. Además, pueden utilizar tecnología LED de bajo consumo energético y permitir la creación de ambientes personalizados que optimizan la iluminación según las necesidades y preferencias de los ocupantes.

Control de la climatización. Los termostatos inteligentes permiten programar y controlar la temperatura de manera más precisa y eficiente. Pueden ajustar automáticamente la calefacción

y el aire acondicionado según los patrones de uso, las preferencias de los usuarios y las condiciones climáticas externas, lo que puede generar importantes ahorros de energía. Además, algunos sistemas de domótica pueden integrar la gestión de la climatización con la detección de la presencia en diferentes áreas de la casa, lo que permite un control más eficiente del sistema de calefacción y refrigeración.

Gestión de electrodomésticos. Los electrodomésticos conectados a la red doméstica pueden ser controlados y monitoreados de forma remota, lo que permite optimizar su uso para minimizar el consumo de energía. Por ejemplo, es posible programar la lavadora, el lavavajillas o el horno para que funcionen durante las horas de menor demanda de energía o cuando las tarifas eléctricas son más bajas. Además, algunos electrodomésticos inteligentes pueden ajustar automáticamente su configuración de funcionamiento para minimizar el consumo energético sin comprometer su rendimiento.

Inteligencia en gestión energética. La domótica puede integrarse con sistemas más amplios de gestión energética en edificios o comunidades, permitiendo una coordinación y optimización aún mayores del consumo de energía en múltiples dispositivos y sistemas. Por ejemplo, los sistemas de domótica pueden intercambiar datos con sistemas de gestión energética centralizados para ajustar automáticamente el funcionamiento de los dispositivos en función de la demanda energética en tiempo real, minimizando así los picos de consumo y reduciendo los costos energéticos.

Análisis Costo Beneficio

Tomando como referencia lo descrito en la Guía del PMBOK® ésta define que un análisis costo-beneficio es "*una herramienta de análisis financiero utilizada para estimar las fortalezas y debilidades de las alternativas, a fin de determinar la mejor alternativa en términos de los beneficios que ofrecen*." (Project Management Institute, Inc., 2017). Esto se relaciona con los beneficios proporcionados por un proyecto respecto a otros.

Esta guía de dirección de proyectos define que un análisis costo beneficio puede mirarse como una herramienta de análisis de datos, ya que ayudará al director del proyecto a determinar si las actividades de calidad previstas resultan eficientes en materia de costos y forman una base de conocimiento óptima para una toma de decisiones efectiva.

Por otra parte, de acuerdo con el artículo de Cofín Habana y desde una perspectiva organizacional, el objetivo principal de un análisis costo beneficio, es la rentabilidad; aunque también aparecen otras misiones como crecer, agregar valor a la entidad y demás, sin rentabilidad no es posible la permanencia de una empresa en el mercado. Para su subsistencia, la generación de ingresos debe superar los egresos, es decir, se hace necesario que los ingresos por ventas sean superiores a los costos. (Aguilera Díaz, 2017).

La autora además describe al análisis del costo-beneficio como un "*proceso*" referente a la evaluación de un determinado proyecto, toda vez que permite determinar el total de los costos y los beneficios de todas las alternativas en pro de seleccionar la más rentable. (Aguilera Díaz, 2017).

Así también, la autora lo describe como una técnica que se relaciona de manera directa con la teoría de la decisión, tal como lo argumenta la guía del PMBOK®, ya que busca

formalizar la conveniencia de un proyecto a partir de los costos y beneficios que se derivan de él. (Aguilera Díaz, 2017).

Metodología Del Marco Lógico MML – Concepto

Esta metodología de Gerencia de Proyectos, se concibe como una herramienta fundamental para visualizar un problema y facilitar el la formulación y evaluación de proyectos en todas sus fases, que redunden en su solución. Está orientado hacia el logro de objetivos, los grupos beneficiarios y a una comunicación efectiva entre todos los stakeholders. (ONU - CEPAL, 2015)

Esta metodología ofrece ventajas importantes ya que genera una toma de decisiones efectiva, permitiendo una perspectiva dinámica e interactiva en cada etapa, lo cual produce nuevos conocimientos que son la gran diferencia y le aventaja ante otras metodologías de gerencia de proyectos. (ONU, 2015)

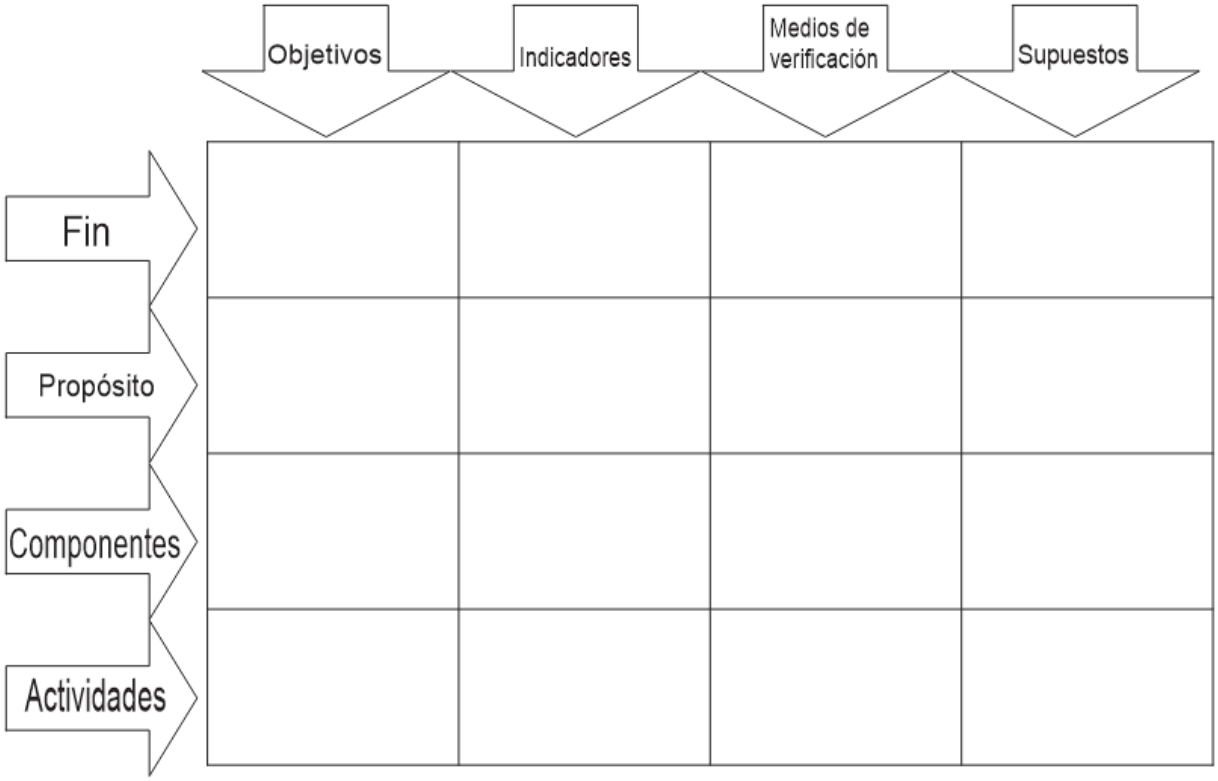
Es de resaltar que se pueden realizar adaptaciones, por ejemplo, en los nombres de los campos (filas y columnas), los objetivos pueden ser también las metas, siempre y cuando se conserve la estructura básica de una matriz de Marco Lógico con cuatro columnas y cuatro filas.

Es importante diferenciar la MML como estrategia propiamente dicha, de una tabla relacional conocida como matriz de marco lógico, la cual es solo un instrumento propio del método que permite llevar a cabo un análisis profundo y entender a cabalidad el problema, lo cual es el objetivo principal de la mencionada metodología de gerencia de proyectos conocida como MML, buscando una gestión óptima de todos los estamentos que circulan al proyecto, definir concretamente los objetivos y la mejor estrategia para su consecución. Por su parte, la matriz es el producto generado a partir de la aplicación de la metodología, y en la cual se plasma

lo que se va a hacer durante el proyecto, los riesgos claves y los insumos que sea necesario monitorear y evaluar. (ONU - CEPAL, 2015).

Figura 2

Estructura de MML



Nota. En la figura anterior se presenta la estrutura de MML.

La renombrada MML se enmarca en dos etapas principales, las cuales deben ser procesadas de manera sistemática; una primera fase que hace énfasis en la identificación de todos los factores que pueden llegar a aparecer durante el proyecto y luego la fase en la que se da origen al ciclo de vida del proyecto, donde se logra identificar plenamente el problema y se emiten diferentes alternativas de solución, logrando una visión amplia y clasificando las alternativas que se aplicarán para lograr las metas trazadas. El objetivo principal es formular proyectos de impacto positivo sobre las problemáticas de los interesados y de paso dar respuesta asertiva a sus necesidades.

En el desglose conceptual, se pueden describir cuatro tipos de estudios a llevar a cabo, comenzando con un estudio de los involucrados primeramente y luego realizando un estudio real sobre los problemas; esto, genera una imagen o visión clara de la realidad del momento. Seguidamente, aparecen en su orden un estudio de los objetivos o metas que se persiguen, lo cual permite generar una visión clara del futuro y de una posible situación mejor que generaría a su vez, un análisis de las estrategias a implementar, donde lo ideal sería comparar las diferentes alternativas que redundarían en la consecución de las metas establecidas en un principio.

La fase siguiente viene a ser la ideación de los planes efectivos cuya sola ideación del proyecto, da lugar a un primer plan operativo, el cual debe tener la característica de ser un plan práctico para su ejecución. Es aquí donde surge la tabla de marco lógico, denominada matriz ML y se definen las actividades y los recursos. (ONU - CEPAL, 2015).

El método como tal puede mirarse desde dos puntos de vista, diferentes pero relacionados, una visión vertical y otra visión horizontal. La lógica vertical busca garantizar que las actividades que se ejecuten en proyecto, se relacionen directamente con los motivos que las originaron, sin que existan acciones sobrantes o faltantes, que permitan la resolución del problema. Por su parte, la lógica horizontal se centra en facilitar a los creadores una ruta clara del programa o proyecto, y si se están cumpliendo con los objetivos trazados y obteniendo los resultados programados. (Aldunate & Córdoba, 2011).

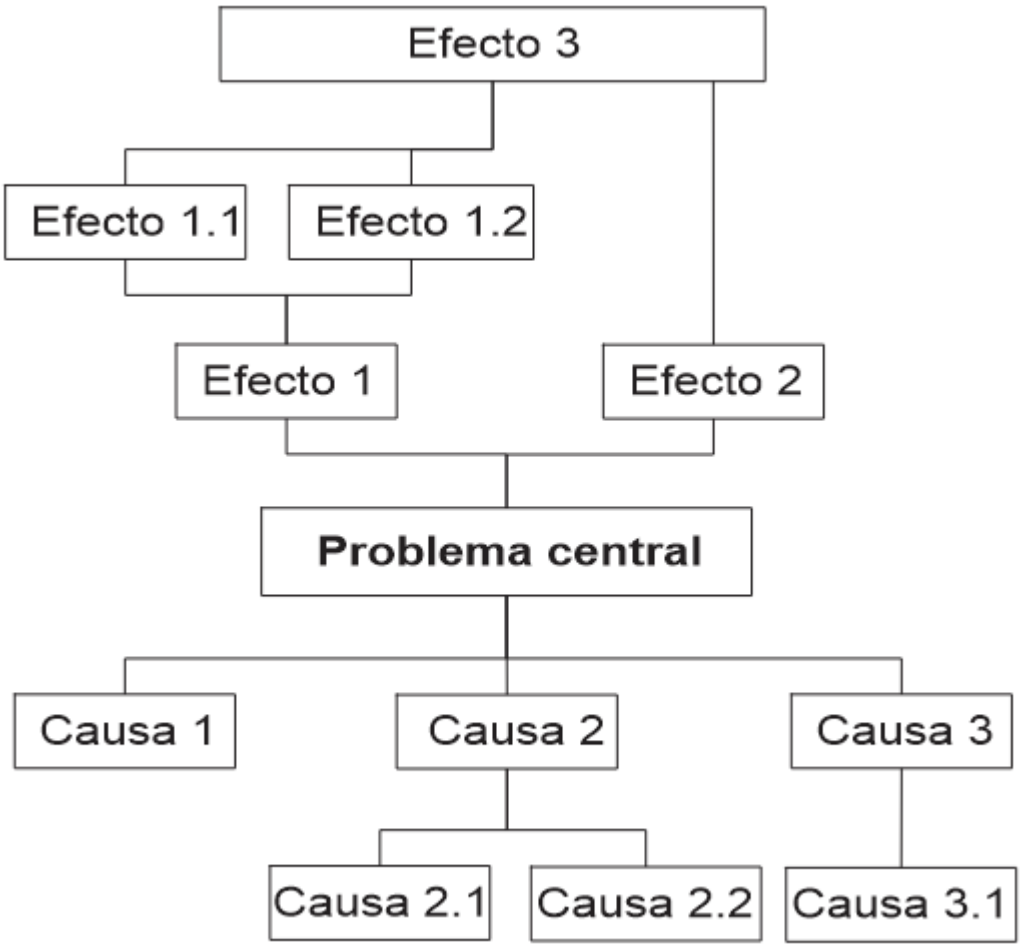
La metodología del Marco Lógico está pensada para dar solución a problemas específicos, y consta de tres fases principales, que son: identificar claramente el problema que se busca resolver; construir un modelo sistémico que permita identificar las condiciones lógicas de diferentes tipos que deban cumplirse para resolver el problema y tercero; la aplicación de un

instrumento de tipo gerencial se formule la estrategia de solución en forma de matriz. (Aldunate & Córdoba, 2011).

Para lograrlo, la MML establece el uso de lo que se denomina árbol de problemas, el cual refleja los efectos y causas del problema a tratar.

Figura 3

Estructura del Árbol de Problemas

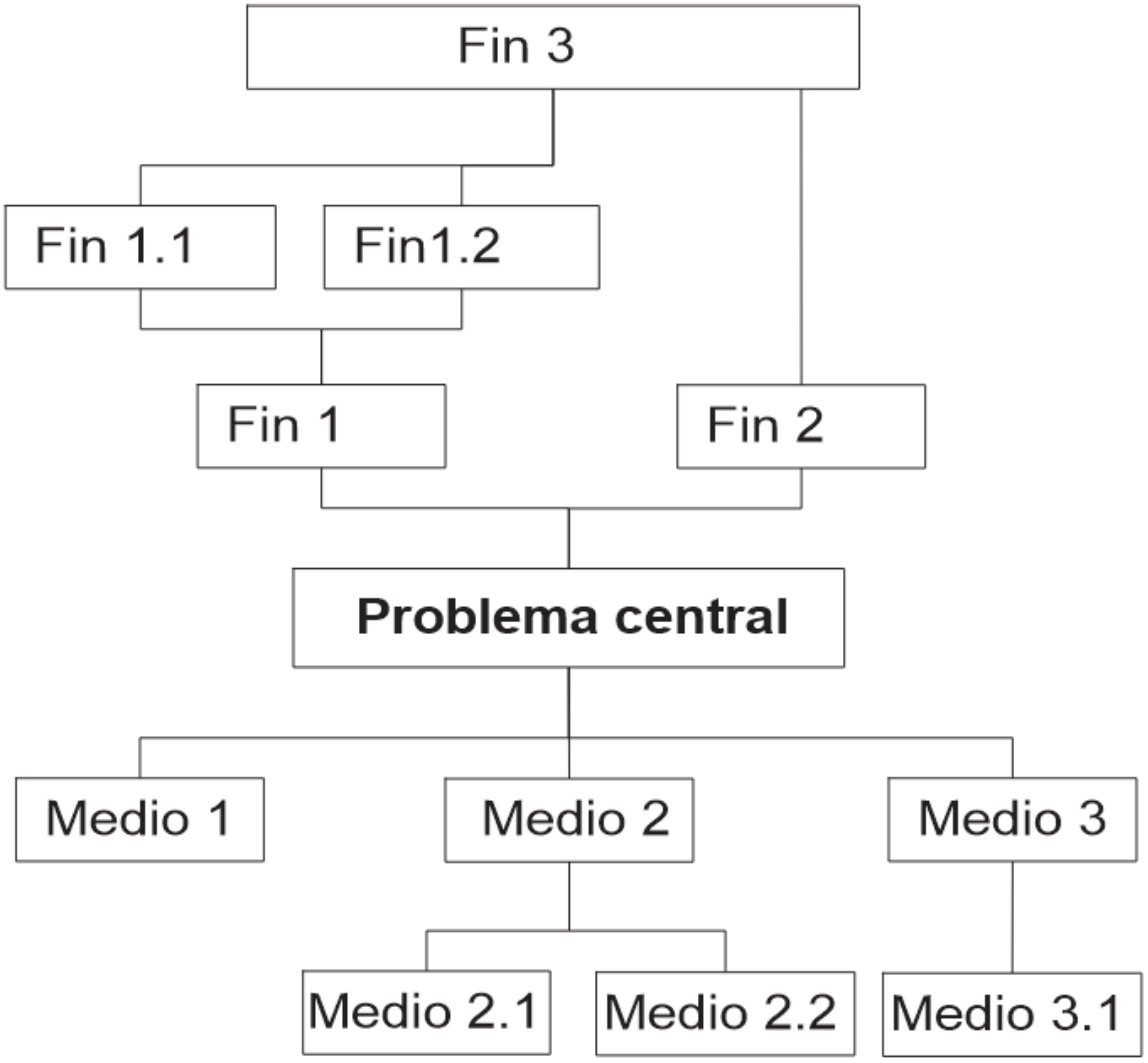


Nota. En la figura anterior se presenta el árbol de problemas. Elaboración propia.

Posteriormente, se deben analizar a fondo los objetivos, que permiten visualizar los diferentes escenarios que pueden presentarse con la resolución del problema. En otras palabras, sería como convertir los problemas mencionados en el árbol de problemas, en metas de carácter positivo, así como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 4

Estructura del Árbol de Objetivos



Nota. En la figura anterior se presenta el árbol de objetivos MML. Elaboración propia.

Para lograr una aplicación óptima de la Metodología del Marco Lógico MML®, es imperativo identificar claramente el problema, con sus posibles causas y efectos, así como las metas u objetivos que darían paso a esa solución, y los medios que sean necesarios para lograrlo.

Marco Contextual

Según el IDAE España, es innegable que la energía es imprescindible, aunque resaltan la inconsciencia del ser humano sobre el valor incalculable que tienen los recursos naturales que facilitan la vida, luego de ser procesados y convertidos en energía eléctrica, calor o combustible, materia prima para industrias y empresas. (IDAE, 2010).

De acuerdo a los datos de la ONU, la vida de hoy depende del uso de sistemas de energía seguros y de fácil acceso. Sin embargo, su consumo desmesurado se ha convertido en la causa principal del calentamiento global. (ODS, 2023)

Según el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, uno de los pilares más importantes del país es la energía eléctrica, la cual se centra en el cubrimiento del requerimiento industrial y comercial y, por otra parte, se cubre la prestación de los servicios residenciales. (MinEnergía, 2024).

Como ya se mencionó antes, los ODS se convierten en la apuesta de la ONU, para lograr una sostenibilidad perdurable en el futuro, desde la conciencia del ser humano. De manera tal que se mantiene una correlación entre los desafíos del planeta de hoy, como lo son la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. (ONU, 2015)

El Objetivo número 7, denominado “energía asequible y no contaminante”, pretende garantizar a todos los habitantes del planeta una energía limpia y de calidad, como elemento principal para fortalecer campos como el industrial, el agro, las comunicaciones, educación y el transporte. (ONU, 2023).

Figura 5

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Nota. En la figura anterior se presentan los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (ODS, 2023)

Naciones Unidas resalta a través de su portal web en su último informe sobre los ODS, que se mantiene en la búsqueda de los objetivos energéticos sostenibles, aunque no está llevando la velocidad esperada. Centenas de millones de habitantes del globo se mantienen con acceso nulo o casi nulo a energía eléctrica y otro tanto cercano a los dos mil millones de habitantes del planeta, mantendrían su dependencia de los combustibles fósiles y tecnologías contaminantes para la cocina en 2030. (ODS, 2023)

De igual manera describen que aproximadamente el 30 % del consumo de energía en el sector eléctrico proviene de fuentes renovables, pero se mantiene la situación negativa en cuanto a calefacción y transporte. Por otro lado, en los países desarrollados se mantiene un crecimiento anual superior al 9% en la utilización de las denominadas energías limpias, pero, la inversión internacional para el uso de energías limpias sigue siendo muy baja.

Figura 6

Infografía ODS

Nota. En la figura anterior se presenta una inforgafía de los ODS. (ODS, 2023)

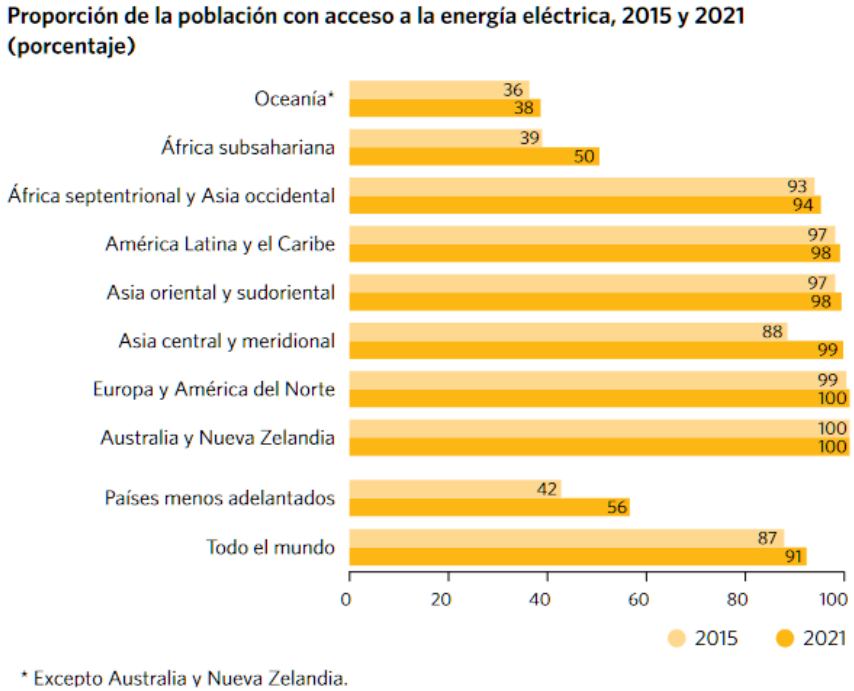
Garantizar el acceso a energía eléctrica global en 2030, exige trabajar a gran escala y aumentar la inversión en energías renovables, y desarrollar políticas estatales que así lo permitan. (ODS, 2023)

Las cifras de Naciones Unidas manifiestan una cifra exorbitante y a aproximada de setecientos millones de personas que no tienen acceso a electricidad; cifra que pasó del 73% en 1998 al 90% en 2020. Esto supone una inversión superior a los 40.000 millones de dólares anuales para lograr un acceso global a la energía eléctrica para el año 2030. (ODS, 2023)

Las fuentes renovables constituyen solo el 30 % del consumo de energía en el sector eléctrico, y siguen los desafíos en sectores como calefacción y transporte. En 2021, el 71 % de la población mundial tenía acceso a tecnologías y combustibles limpios para cocinar, frente al 64 % en 2015. (ODS, 2023).

Figura 7

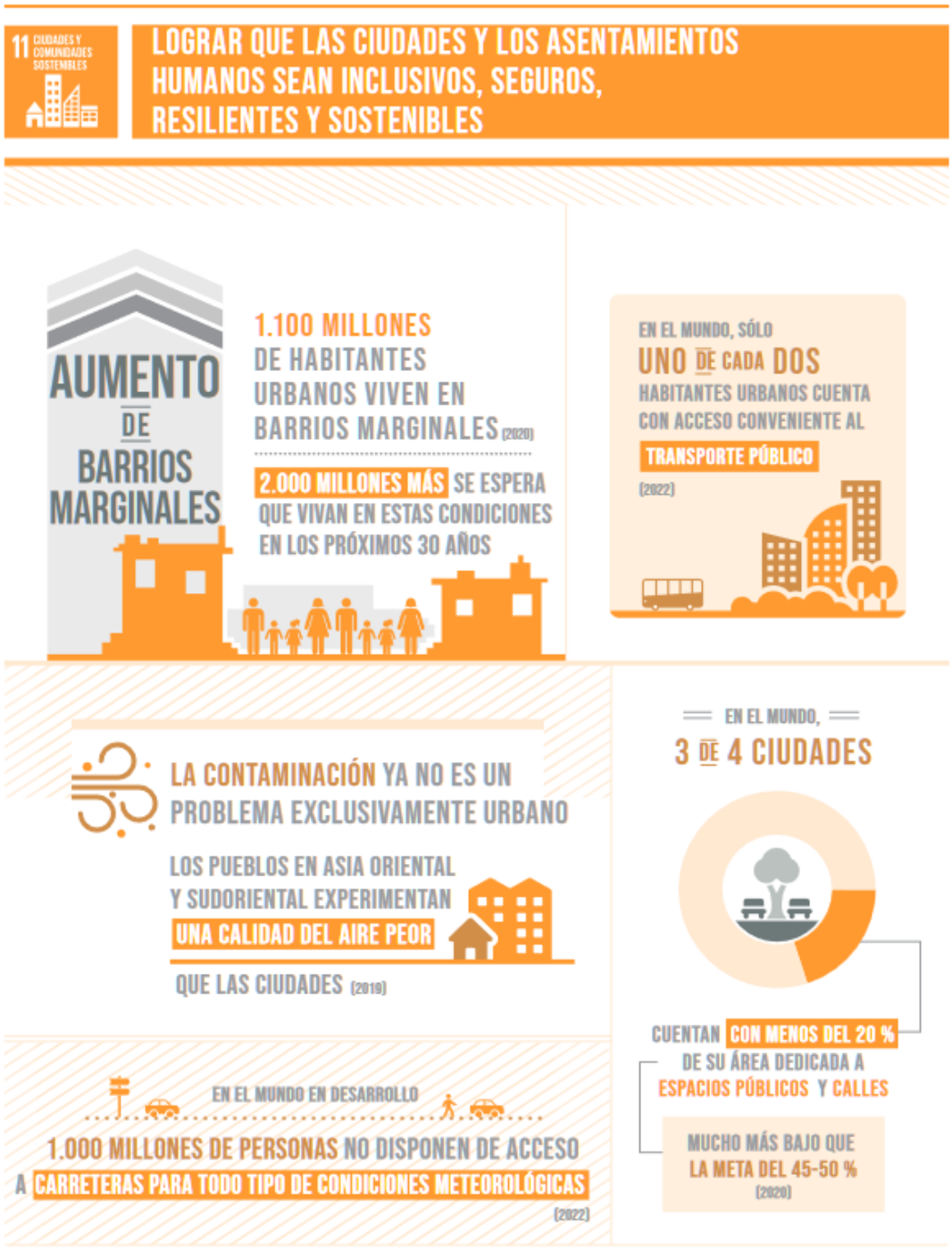
Proporción de la Población con Acceso a Energía Eléctrica, 2015- 2021



Nota. Proporción de población con acceso a energía eléctrica, 2.015 – 2.021. (ODS, 2023)

Figura 8

Infografía ODS 11 - ONU



Nota. En la figura anterior se presenta una infografía sobre el ODS 11. (ODS, 2023)

Colombia es movida por electricidad, ya que cubre la necesidad de la industria y el comercio, así como a los usuarios residenciales, como los describe el Ministerio de Hacienda en Colombia en su página web. (MinEnergía, 2024).

Según el portal del ministerio, la energía eléctrica en Colombia se genera a partir de diferentes fuentes, siendo la energía hidráulica la principal con aporte del 70% y se sustenta como fuente de energía renovable. Luego aparecen los denominados combustibles fósiles como el gas y el carbón, que son convertidos en energía eléctrica, denominada energía térmica.

Cuando los embalses reducen su potencial, las termo eléctricas aseguran el suministro de energía eléctrica al país y mantener la prestación de este servicio esencial para los colombianos. (MInEnergía, 2020).

Por otra parte, el objetivo 11 busca la generación de un pensamiento inclusivo en las ciudades, tratando de que sean mucho más seguras y sostenibles. (ONU, 2015). De acuerdo con datos de Naciones Unidas, la población mundial sobrepasa los 8.000 millones de personas en el año 2023, la mayoría asentadas en sectores urbanos. La previsión plantea un aumento significativo para 2050, en el que un 70% de la población estará habitando en ciudades grandes y pequeñas.

Unos 1100 millones de personas aproximadamente, viven actualmente en barrios marginales, o en condiciones similares en las ciudades, por lo cual se visiona que en los próximos 30 años haya 2000 millones más. (ODS, 2023).

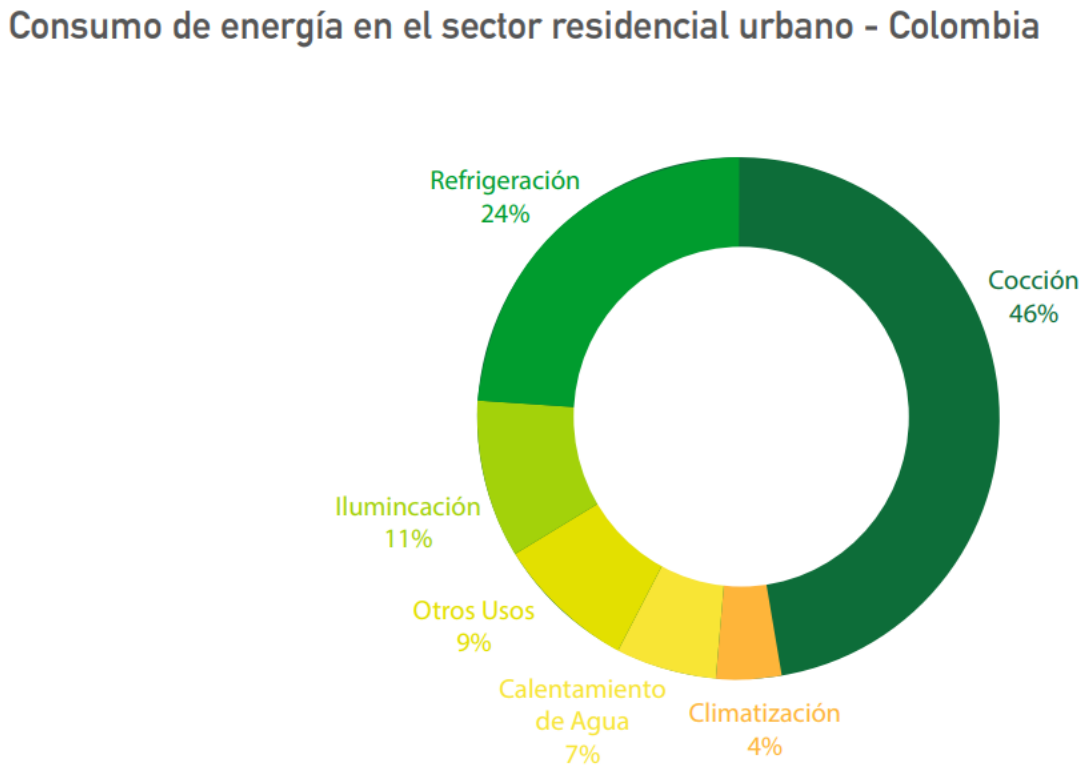
A través de su plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 – 2022, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, manifiesta que en el año 2015 la relación entre energía útil y pérdidas de energía del orden nacional oscila en un 48% y 52% respectivamente, los cuales se consideran como costos estimados de energía desperdiciada alrededor de 4.700

millones de dólares al año. (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016).

Referente al consumo eléctrico en los hogares de Colombia, el Ministerio de Minas y Energía establece en orden de aparición así: refrigeración, televisión, iluminación y cocción. Siendo la electricidad y el gas natural, las energías más utilizadas en el entorno urbano, con participaciones del 55% y 35% respectivamente, inclusivas mientras que, en zonas rurales, la leña sigue siendo un energético con muy alta demanda (77%) seguida del GLP (14%) y la electricidad. (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016).

Figura 9

Consumo de Energía en el Sector Urbano en Colombia



Nota. En la figura anterior se presenta la proporción de consumo de energía en el sector urbano de Colombia. (MInEnergía, 2020)

De acuerdo con un informe de ERCO.ENERGY, una empresa que brinda soluciones y servicios de la cadena completa de energía, manifiestan que anteriormente, la región colombiana tenía un panorama negativo con las empresas prestadoras de energía. Se padecía de innumerables apagones que no discriminaban ciudades, municipios, estratos ni mucho menos sectores económicos. Sin embargo, esto cambió en la actualidad, gracias a las gestiones e inversiones realizadas al sistema eléctrico de la región que se han ido materializando en nuevos circuitos, transformadores, subestaciones y otros equipos eléctricos. (ERCO, 2024)

Según Andrés Blandón de ERCO.ENERGY, suena contradictorio que en el Caribe colombiano se cuente con un potencial incalculable en fuentes de generación de energías limpias como el gas natural, el sol y el viento, pero, en contravía, se tengan las tarifas de energía eléctrica más altas del país.

En datos técnicos, pero muy reveladores, se postula que todos los departamentos de la región cuentan con producción y extracción de gas natural; por su parte, Córdoba, La Guajira y Atlántico superan el 30% de la producción que se consume en el país.

En este mismo sentido, tenemos una radiación solar inmejorable, con lugares que alcanzan los 5,5 kWh/m2, condiciones ideales para instalar paneles solares fotovoltaicos; y, por último, los vientos de los territorios que limitan con el mar Caribe son superiores a los 15 m/s perfectos para la generación de energía eólica. (ERCO, 2024)

En promedio, la tarifa de energía en la región aumentó un 35% entre los diciembres del 2021 y de 2022, lo que ocasionó que una familia, negocio y/o empresa que venía pagando facturas de $100.000 pesos, pasara a pagar por el mismo consumo $135.000 pesos.

Por esto, en noviembre de 2022, el nuevo Gobierno creó un plan de choque llamado Pacto por la Justicia Tarifaria, que busca la disminución del precio de la energía a través de la renegociación de los contratos bilaterales, con el fin de que generadores y transmisores puedan disminuir el costo por kWh suministrado y que sea el comercializador quien traduzca al cliente final ese beneficio.

Una segunda medida a mediano plazo es construir un indexador específico para el sector eléctrico que sea independiente a los indexadores naturales de la economía IPP e IPC, los cuales fueron protagonistas determinantes para el aumento desmedido de la tarifa en la región por sus altos incrementos.

Así se busca una reducción del 4% al 8% de la tarifa, por lo que una familia de estrato 3 en Barranquilla pasó de pagar $865,35 por kWh en octubre de 2022 a $859,65 en noviembre de ese año, lo que equivale a un ahorro de 0,65%. El mes de diciembre la tarifa alcanzó un nuevo valor por $883,53 con un alza de $28,88 que equivale al 3,36%. (ERCO, 2024)

Actualmente, en la tarifa más reciente en febrero del 2024 el valor del kWh está en los $1.071,09 para el departamento de Córdoba.

Por su parte, CENERGÍA, una Cámara de empresas suministradoras de bienes y servicios de ingeniería en la cadena de valor del sector energético en Colombia, manifiesta a través de su portal web que el reciente informe del DANE sobre el costo de vida, los altos costos por facturación en departamentos como Sucre, Atlántico, Bolívar, Córdoba y La Guajira (por mencionar algunos) por tener energía en sus hogares. Según el portal, en el último año la facturación por servicio de energía eléctrica se ha incrementado 25,9 % en el país, siendo la costa Caribe la región más afectada. Por ejemplo, en Santa Marta han subido 49,9 %, mientras que en Riohacha el alza ha sido del 47,1%. (CENERGÍA, 2024).

De acuerdo con la Cámara Colombiana de Energía, en los últimos años el gobierno ha aumentado los esfuerzos para mejorar las necesidades de la comunidad, sin embargo, se hace lejano el cierre de esa brecha.

Existen entonces múltiples factores del pasado como la obsolescencia de los sistemas de transmisión, la baja inversión en modernización de las redes; la alta cartera, y las costosas pérdidas no técnicas de la energía, que generaron la intervención de Electricaribe y posterior concesión a los actuales operadores AIR-E y AFINIA, que mantienen continuidad en la prestación y han evitado que el sistema siga golpeando las finanzas públicas. (CENERGÍA, 2024).

Las empresas llegaron por Electricaribe, han mostrado su intención por mejorar la prestación del servicio, sin embargo, no se vislumbra un panorama alentador en cuanto al anhelo de acercarse a los estándares de calidad y seguridad que la población amerita.

La CCE describe que se ha generado un aumento significativo en las tarifas de energía eléctrica en los últimos 18 meses, siendo la región Caribe la más afectada, como resultado de la fórmula para calcular las tarifas que posee seis componentes y dos indexadores que la conforman. (CENERGÍA, 2024).

Es importante mencionar que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) contrató una consultoría en el marco de la formulación de una posible acción de mitigación nacionalmente apropiada (NAMA) en el sector hotelero de Colombia, la cual contempla alternativas de eficiencia energética con proyectos enfocados en la optimización de sistemas de iluminación, sistemas de climatización, sistemas de calentamiento de agua sanitaria y piscinas (incluyendo la posibilidad de uso de sistemas solares térmicos), introducción de sistemas

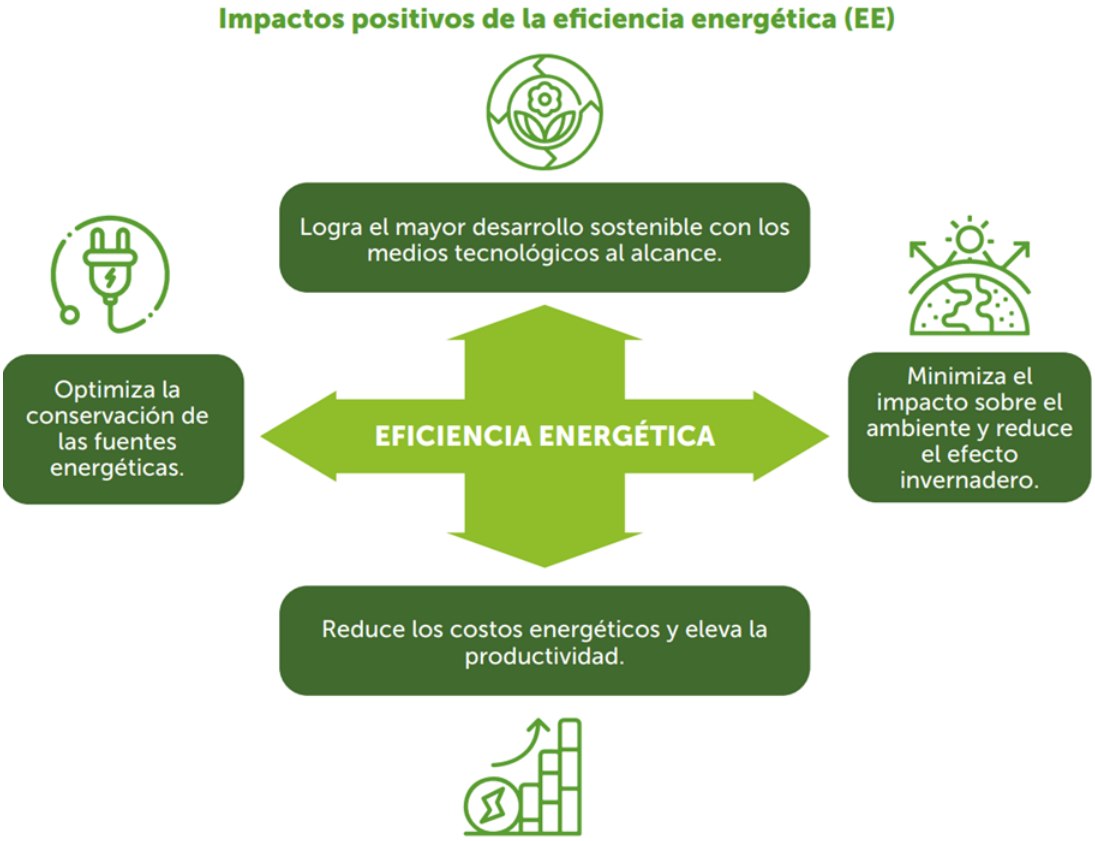
fotovoltaicos, y la incorporación de sistemas de control para los ítems anteriores según aplique. (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016).

Marco Legal

La sostenibilidad energética es una estrategia que busca promover la eficiencia energética (EE) y la inclusión de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) en el interior de las organizaciones, con el firme propósito de asegurar la optimización de los recursos, así como el aprovechamiento de nuevas fuentes energéticas en el marco de la Política de Crecimiento Verde y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (Ambiente, 2022).

Figura 10

Impacto Positivo de la Eficiencia Energética



Nota. En la figura anterior se presentan los impactos positivos de la eficiencia energética. (Ambiente, 2022)

La Secretaría de Ambiente de Bogotá afirma que, con la Declaración de Crecimiento Verde, un grupo de más de 40 países se dieron a la tarea de minimizar la crisis ambiental y el compromiso se enmarca en promover el crecimiento económico y el desarrollo sostenible. En Colombia, la Política Nacional de Crecimiento Verde (CONPES 3934 de 2018), dispone de los parámetros para mantener y mejorar el crecimiento económico el país necesita, un modelo más sostenible y competitivo, con base en la eficiencia de los recursos naturales y con apuesta de la ciencia y la tecnología como herramientas para la implementación de nuevos procesos que garanticen la minimización de los impactos ambientales y sociales. (Ambiente, 2022).

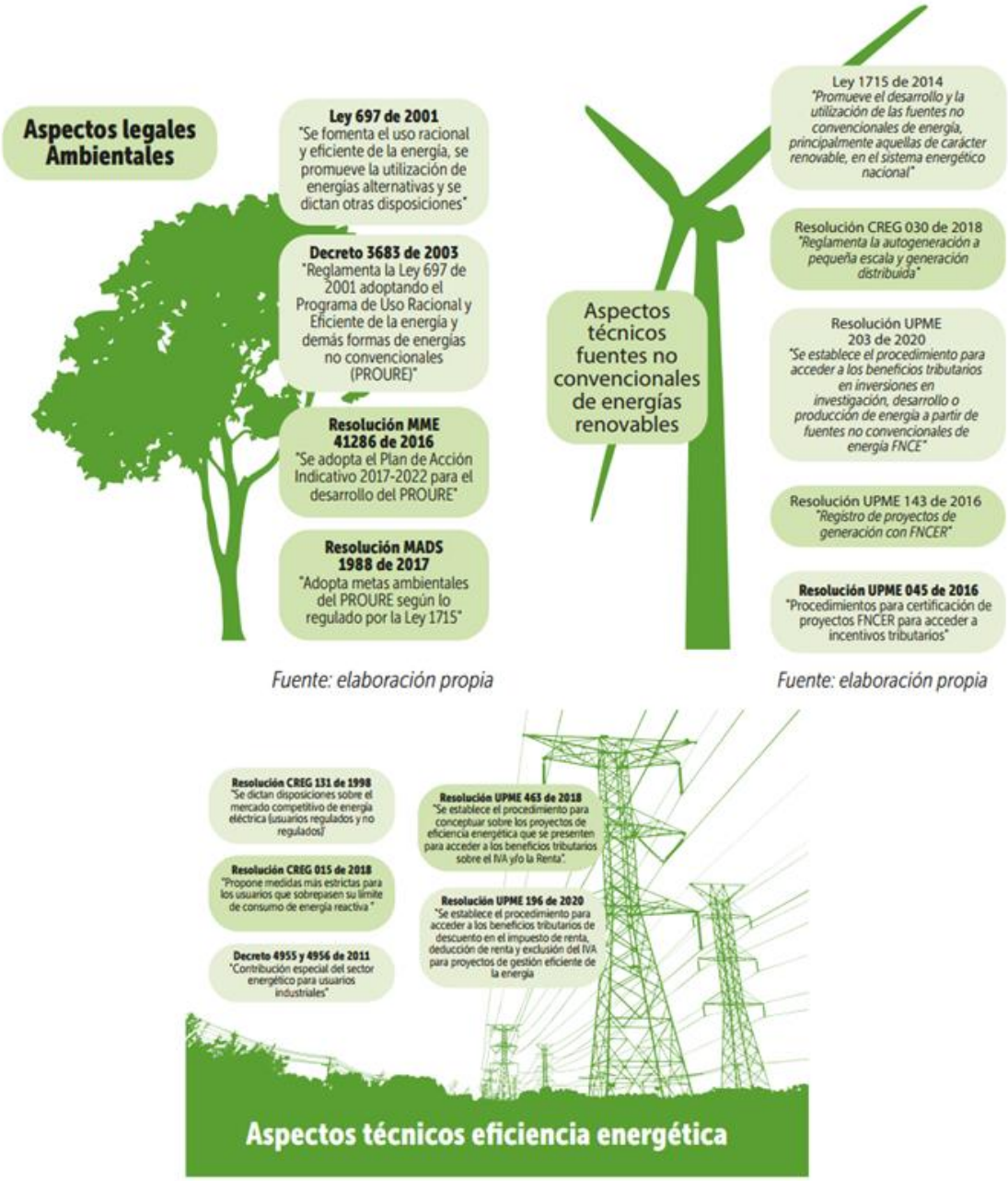
En ese mismo informe, la Secretaría de Ambiente de Bogotá hace alusión a la regulación nacional en materia de sostenibilidad energética, refiriéndose a la Ley 697 de 2001, por la cual el Congreso de la República declaró el "Uso Racional y eficiente de la Energía (URE) y la promoción del empleo de fuentes de energía no convencionales como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional" (Art 1o). (Ambiente, 2022).

El Decreto 3683 de 2003, que reglamenta la Ley 697, establece las directrices, lineamientos y funciones que deben implementar las entidades de orden público y privado con relación a la promoción, organización, desarrollo y seguimiento del Programa de Uso Racional y eficiente de la Energía y las demás formas de energías no convencionales (PROURE).

A partir de este decreto, se desprendió una serie de reglamentaciones jurídicas que han fortalecido el PROURE durante los últimos años en el país, en aspectos técnicos y ambientales. A nivel general, y para el interés de las organizaciones de la ciudad, estas se resumen y visualizan en la siguiente figura.

Figura 11

Infografía sobre Aspectos Legales y Ambientales



Nota. En la figura anterior se muestra una infografía sobre la normatividad vigente en temas ambientales. (Ambiente, 2022)

Es a través de la Ley 1715 fecha del 13 de mayo del año 2014 la cual señala “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, y tiene como objetivo promover el desarrollo de energías renovables mediante un conjunto de incentivos y regulaciones favorables. Destacando entre los aspectos principales de dicha ley incentivos fiscales, regulación simplificada, investigación y desarrollo, fondos y apoyos financieros, educación y capacitación y energía solar fotovoltaica. (Congreso de la República, 2014)

Igualmente, dentro del contexto legislativo encontramos la Ley 1955 de 2019. Ley por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de inversión social y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República de Colombia. Esta ley refuerza los incentivos para energías renovables y apoya la inversión en infraestructura sostenible. Complementa las disposiciones de la Ley 1715 al ofrecer un marco adicional para promover tecnologías limpias, incluidas las instalaciones solares.

La Resolución CREG 030 de 2018. Por la cual se establecen las condiciones para la conexión de los proyectos de generación de energía eléctrica a la red de transmisión. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). La cual establece las normas para la conexión de proyectos de generación de energía renovable al sistema eléctrico nacional. Incluye requisitos técnicos y administrativos para la integración de sistemas fotovoltaicos en la red de transmisión.

Ley 2080 de 2021. Ley por medio de la cual se dictan disposiciones para fomentar el uso de tecnologías limpias y sostenibles. Congreso de la República de Colombia. Esta ley fomenta el uso de tecnologías limpias y sostenibles en Colombia. Introduce medidas adicionales para apoyar el crecimiento de la energía solar fotovoltaica y otras fuentes de energía renovable.

Resolución CREG 048 de 2016. Por la cual se establecen las reglas para la comercialización de energía eléctrica generada por fuentes no convencionales. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Esta Resolución regula el comercio de energía proveniente de fuentes no convencionales, permitiendo que proyectos de energía renovable, como los de energía solar, participen en el mercado eléctrico de Colombia.

Metodología

Plan de Acción

La investigación propuesta se enfoca en establecer comparativos sobre estrategias que redunden en la reducción de los costos por consumo de energía eléctrica para los ciudadanos del municipio de Montería Córdoba, a fin de generar insumos de valor que permitan definir un plan de acción para una toma de decisiones asertiva. Para ello, se hace indispensable la implementación de metodologías claras de investigación correlacionadas al logro de los objetivos trazados en la misma, y que se resumen en la tabla 1 de este documento.

Tabla 1

Plan de acción

Objetivos Específicos	Actividad	Metodología
Ejecutar un análisis sobre de costos de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Montería.	Recopilación de la información sobre los costos por consumo de energía eléctrica en la ciudad de Montería. Análisis de los datos sobre los costos por consumo de energía eléctrica. Consolidación de resultados	Tipo: exploratorio; donde se trata de indagar de manera aleatoria y objetiva la información de facturación de energía eléctrica de la ciudad de Montería. Fuentes de información: Usuarios al azar. Instrumento: Encuesta virtual. Tipo: descriptivo; donde se aplican instrumentos de análisis cuantitativo/cualitativo sobre los datos arrojados desde la recopilación de la información. Tipo: analítico; donde se consolida la información antes detallada y se emiten conclusiones que se convierten en insumos de referencia para uso posterior de la comunidad educativa y la comunidad en general.

Objetivos Específicos	Actividad	Metodología
Desarrollar desde la perspectiva de la MML, un análisis comparativo para determinar las principales estrategias de minimización de costos por consumo de energía eléctrica.	Análisis de costo-beneficio sobre las estrategias de minimización de costos de consumo de energía eléctrica a través de la Metodología de Marco Lógico - MML.	Tipo: descriptivo; donde se aplican instrumentos de análisis de costo/beneficio sobre los datos arrojados desde la recopilación de la información anterior a través de la Metodología de Marco Lógico - MML.
	Consolidación de resultados aplicando la metodología de marco lógico.	Tipo: analítico; donde se consolida la información antes detallada y se emiten conclusiones que se convierten en insumos de referencia para uso posterior de la comunidad educativa y la comunidad en general, aplicando la metodología de marco lógico.
	Documento final.	Refinamiento y divulgación del informe final.

Nota. En la tabla se establecen las relaciones entre los objetivos y las metodologías aplicadas en cada fase del proyecto.

Diagrama Cronológico

La información anteriormente descrita, da origen al cronograma de actividades a desarrollar en pro de la consecución de los objetivos propuestos, tal y como lo muestra la tabla 2 que se presenta a continuación.

Tabla 2

Diagrama Cronológico

FASE	ACTIVIDAD	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7
1. Análisis sobre los altos costos por consumo de energía eléctrica.	Recopilación de la información sobre los costos por consumo de energía eléctrica.							
	Análisis de los datos sobre los costos por consumo de energía eléctrica.							
	Consolidación de resultados.							
2. Modelar un análisis comparativo sobre estrategias de minimización de costos por consumo de energía eléctrica, a través de MML.	Recopilación de la información sobre estrategias de minimización de costos de consumo de energía eléctrica.							
	Análisis de costo-beneficio sobre las estrategias de minimización de costos de consumo de energía eléctrica a través de MML.							
	Consolidación de resultados aplicando la metodología de marco lógico.							
	Documento final.							

Nota: En la tabla se muestran fases y actividades de cada fase del proyecto.

Tipo y Enfoque de la Investigación

El desarrollo del presente proyecto se aborda desde un enfoque de tipo mixto, que engloba las características positivas del análisis cualitativo y los principios propios del estudio cuantitativo, a partir de la compilación estratégica de los datos recolectados, que redundan en la generación de nuevos conocimientos que sustentan a su vez una toma de decisiones asertiva referente al objeto de estudio, bajo los acordes de la metodología de marco lógico.

La investigación como tal responde al tipo descriptivo, basados en el hecho del análisis comparativo y de comparativo que tienen las diferentes estrategias de reducción de costos por concepto de facturación por consumo de electricidad en el municipio de Montería, lo que a su vez se convierte en un insumo de interés general, emanado desde la visión misma de la gerencia de proyectos.

Fases de la Investigación

Concluir con objetividad la presente investigación, solo es posible a través del proceso sistemático definido en cada una de sus fases, donde se procura armar un árbol de problemas que permita enmarcar el objeto de estudio así como un árbol de objetivos que conduzcan a su solución, un análisis cuantitativo sobre la fluctuación de precios de costos que presenta en kw/h en la población objeto, el análisis cualitativo sobre las estrategias de minimización y la Matriz de Marco Lógico aplicada en esta misma línea.

Así entonces, las fases del proyecto son:

Fase 1

Enmarcada en el análisis sobre los altos costos por consumo de energía eléctrica, para lo cual se hace necesario un proceso sistemático que inicia con la recopilación de la información en fuentes primarias sobre todo lo referente a la energía eléctrica, obteniendo como resultado una

tabla de revisión analítica especializada y caracterizada sobre los aspectos relevantes en energía eléctrica. Paso seguido, sobre los costos por consumo de energía eléctrica, para lo cual se analizan los precios de costo kw/h de los últimos seis (6) meses en la población objeto de esta investigación y posteriormente se recolecta la información de usuarios sobre los altos costos de facturación, la cual se realiza mediante una encuesta digital y, por último, el análisis de los datos sobre los costos por consumo de energía eléctrica que conlleva de manera lógica a la consolidación de resultados.

Fase 2

Esta segunda fase permite generar los insumos necesarios para aplicar la MML en estrategias de minimización de costos por consumo de energía eléctrica en el municipio de Montería, a través de la construcción de un árbol de problemas y un análisis comparativo sobre dichas estrategias, trazando así la fundamentación teórica que da origen a un árbol de objetivos sobre las estrategias de minimización de costos por consumo de energía eléctrica.

Luego de esto se procede con la consolidación de resultados aplicando la metodología de marco lógico, y la generación de un informe de interés tanto para la comunidad académica como en general, que permita como referente digno para la toma de decisiones, desde la visión misma de la gerencia proyectos.

Resultados

Análisis de Resultados

En pro de comprender el objeto de esta investigación, basados en un estudio sobre los costos de facturación por consumo de energía, se toman los datos contenidos en las facturaciones de los últimos meses referentes al costo del kilovatio por hora (kw/h), para un hogar de estrato

residencial dos (2) de la ciudad de Montería, como un objeto promedio para la investigación, la cual genera los siguientes datos:

Tabla 3

Precios kw/h en Montería

Precios kw/h en Montería					
sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24
$ 868,21	$ 938,54	$ 994,43	$ 1.065,66	$ 1.061,09	$ 1.071,09

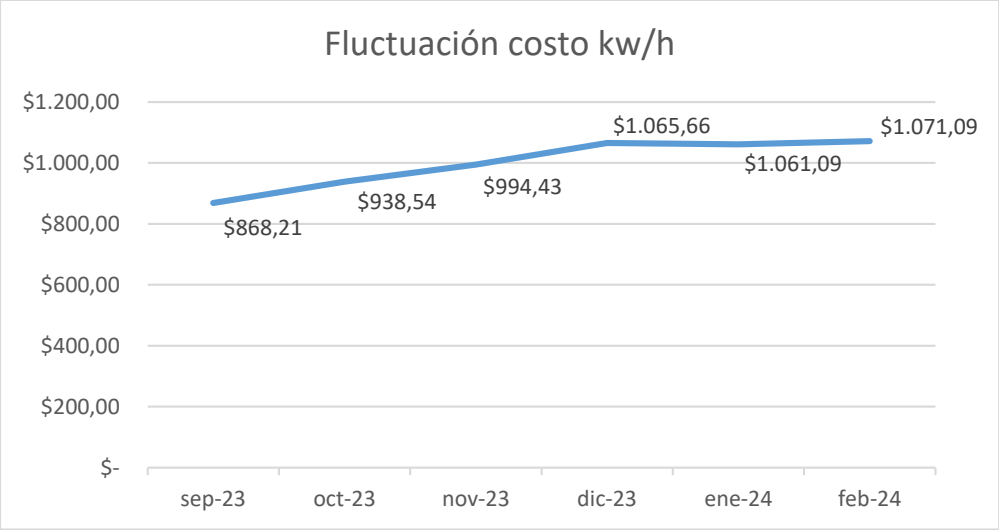
Nota: Elaboración propia.

La tabla anterior recoge la información acerca de los costos de kw/h en el período comprendido entre septiembre de 2.023 y febrero de 2.024, la cual permite apreciar la fluctuación ascendente de estos valores, que evidencian un crecimiento del 23% y que se ha convertido en causa de rechazo por la comunidad en general.

A partir de esta infomración se genera la siguiente gráfica que permite una mejor comprensión de la tendencia a la alza del costo del kw/h durante el período mencionado.

Figura 12

Fluctuación de Costo kw/h



Nota. En la gráfica se muestra la fluctuación de costos del kw/h.

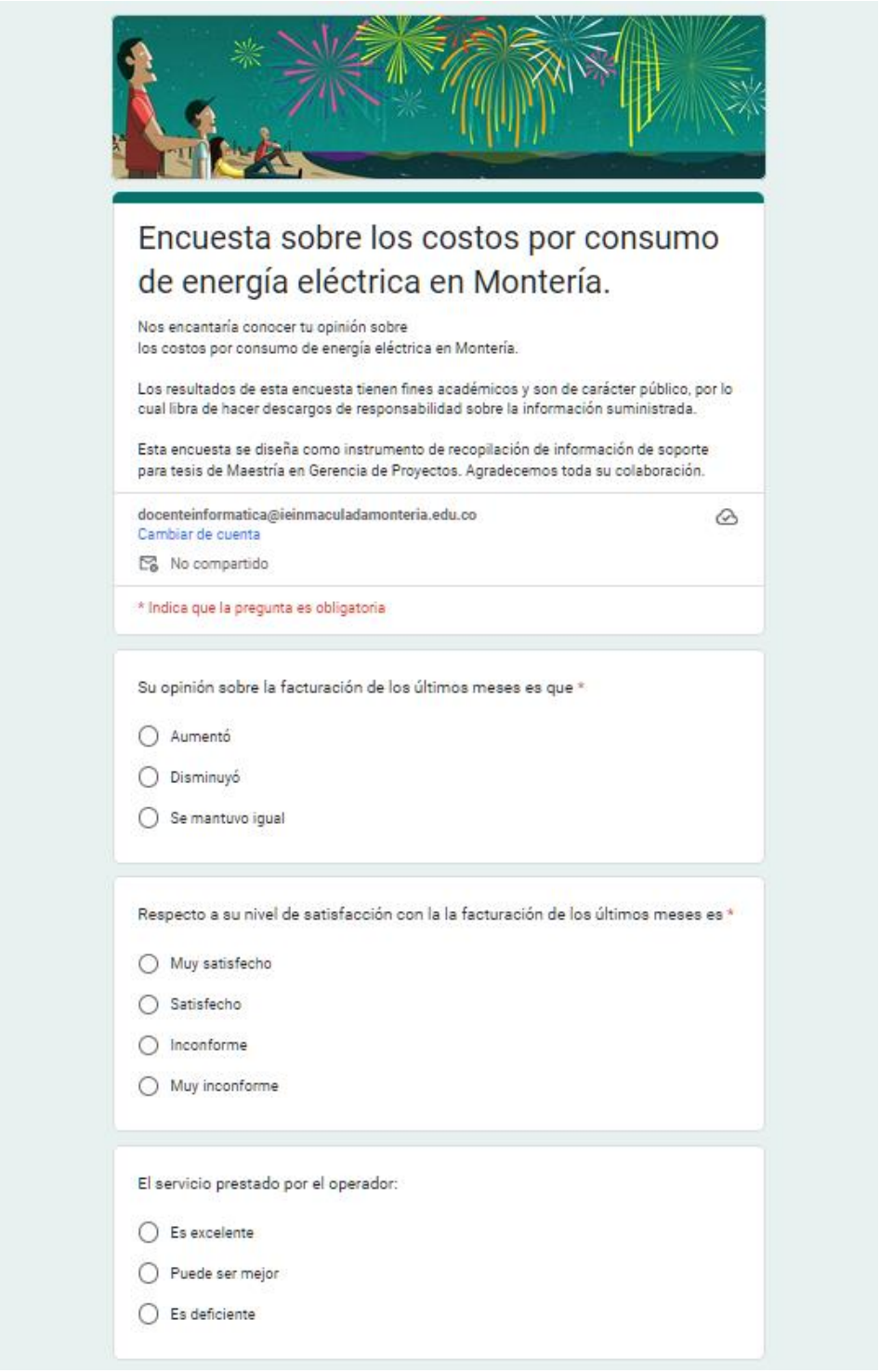
Esta información gráfica facilita la visualización del aumento sistemático y progresivo del costo del kw/h durante los últimos seis meses en la ciudad de Montería.

Con referencia a la opinión de la población objeto de esta investigación, se procede a la realización de una encuesta digital acerca de la percepción que tienen los habitantes respecto al servicio de energía eléctrica y sus costos; a través de los formularios de Google®, tal y como lo muestran las siguientes ilustraciones, referentes al enlace https://forms.gle/zmhHdBVdnvwGn2ej8

Las siguientes son figuras que ilustran el contenido del formulario.

Figura 13

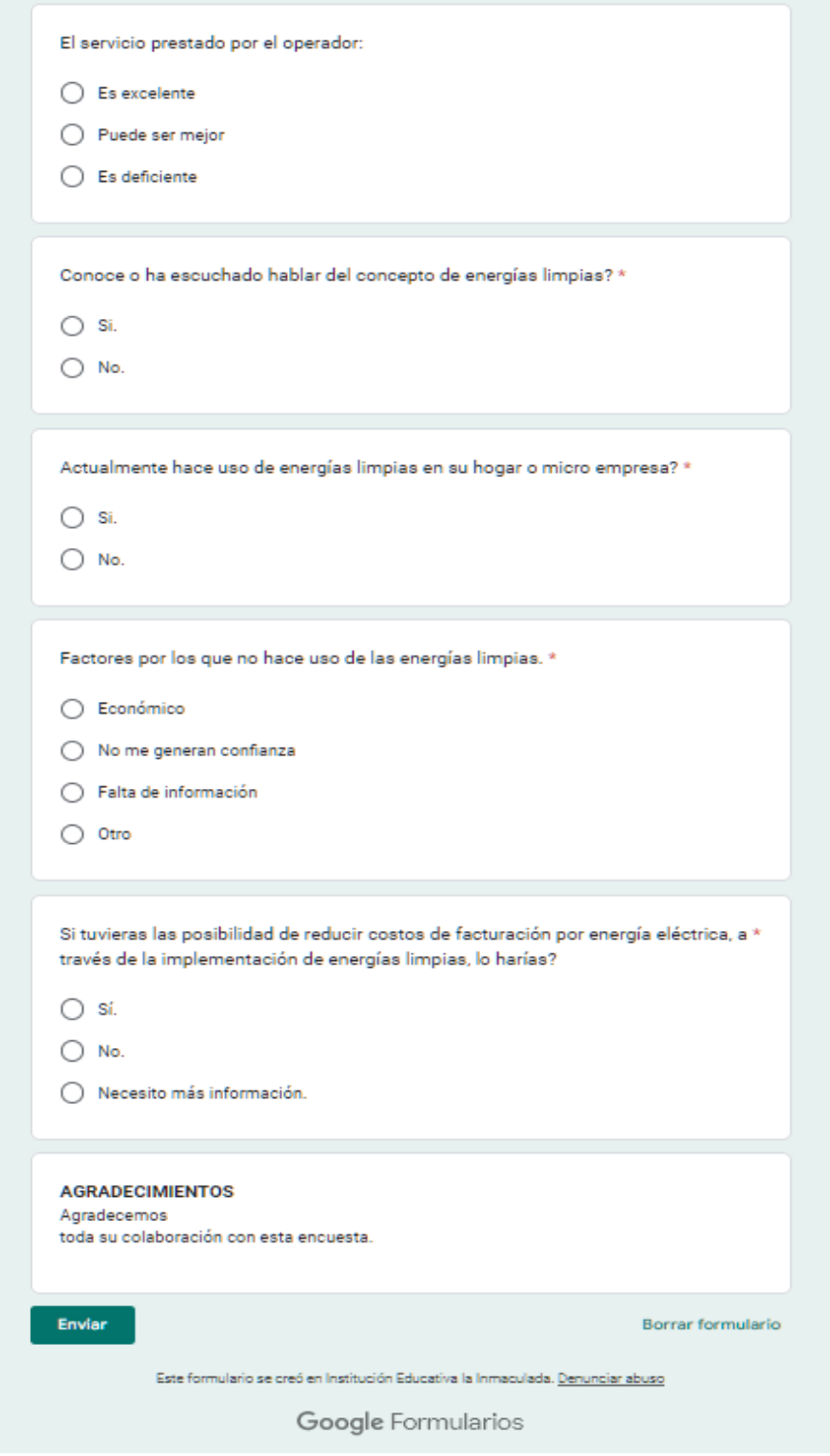
Formulario de Google para Captación de Información Parte 1



Nota. La figura muestra el formulario de captación de información. Elaboración propia.

Figura 14

Formulario de Google para Captación de Información Parte 2



Nota. La figura muestra el formulario de captación de información. Elaboración propia.

Los datos suministrados por 277 usuarios al azar, que se convierten en la muestra para este análisis, permiten la generación de insumos susceptibles al estudio y que revelan las siguientes concepciones.

Figura 15

Percepción sobre Facturación de Energía

Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

La ilustración muestra claramente que un 95.7% de la población percibe que la facturación de energía de los últimos meses, tuvo una tendencia al alza, lo cual, corrobora la información presentada anteriormente y que indica que la percepción general de la comunidad es que la facturación por concepto de consumos de energía eléctrica sigue subiendo mes tras mes. Un 3.8% de la población manifiesta que la facturación se mantuvo igual y solo un 0.5% de la población manifiesta que la facturación tuvo una disminución.

Lo anterior, coloca de manifiesto la tendencia del último año en el que la facturación por servicio de energía eléctrica se ha incrementado 25,9 % en el país, siendo la costa Caribe la región más afectada. (CENERGÍA, 2024)

Figura 16

Niveles de Satisfacción

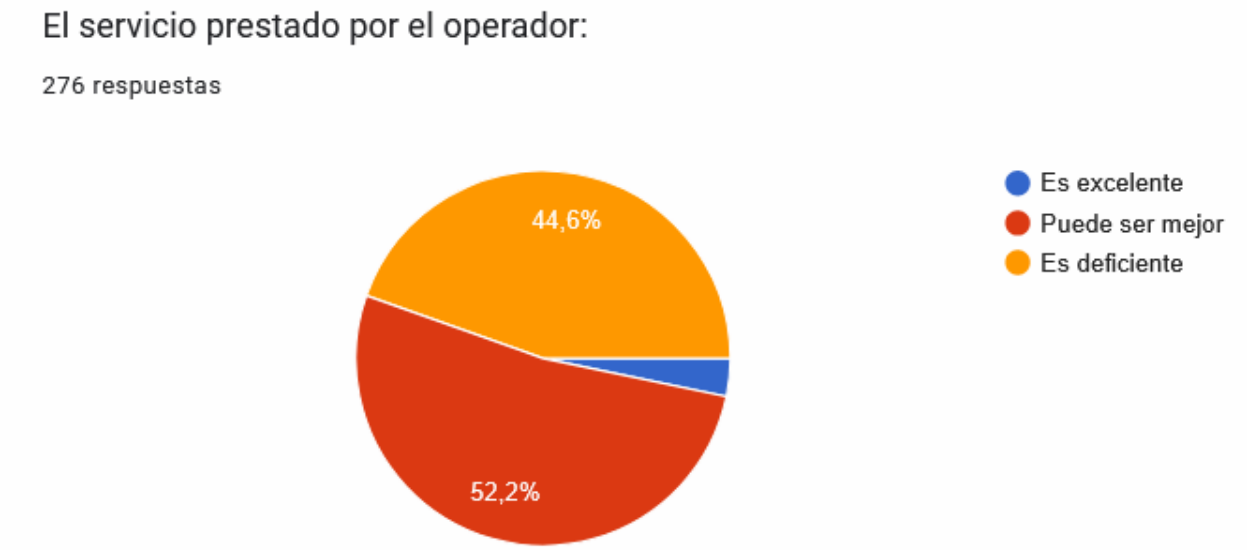
Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

La figura 16 permite evidenciar los niveles de satisfacción de la población respecto a facturación de los últimos seis meses, de los cuales un 70% se manifiesta muy inconforme y un 27.15% inconforme con los costos y solo un 1.9% se encuentra satisfecho con en este sentido. (Elaboración propia).

Lo anterior, dista sustancialmente de los objetivos del Ministerios de Minas y Energía que busca definir estrategias y lograr metas de eficiencia energética que contribuyan a la seguridad energética generando impactos positivos en la competitividad del país y en el incremento de la calidad de vida de los colombianos. (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016).

Figura 17

Percepción sobre el Servicio Prestado por el Operador



Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

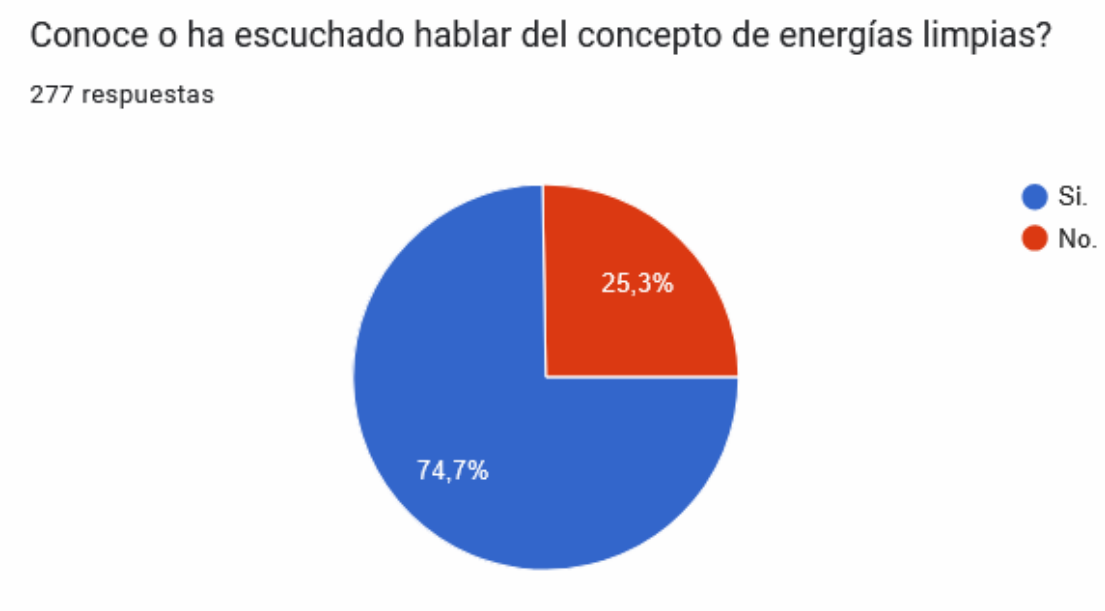
La ilustración anterior manifiesta claramente la percepción de la población objeto con un 44.6% que opina que el servicio prestado por el operador es deficiente, contrastado con un 52.2% cuya percepción es que la prestación servicio puede ser mejor y solo un 3,3% piensa que es excelente.

Este resultado reafirma la concepción anterior respecto a la contradicción entre la realidad que manifiesta la población objeto y los objetivos descritos por el MinEnergía en su Plan De Acción Indicativo De Eficiencia Energética (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016).

En lo referente al tema de energías limpias, la información arrojada por la encuesta se detalla en el siguiente informe.

Figura 18

Percepción sobre Energías Limpias



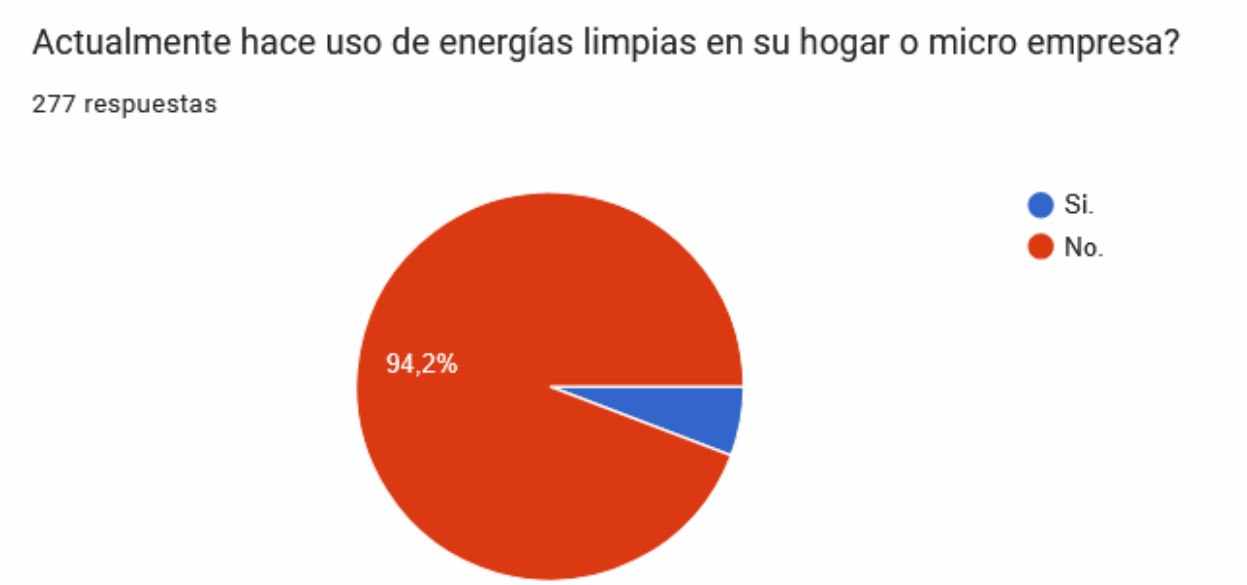
Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

Respecto al conocimiento sobre energías limpias, la ilustración anterior permite visualizar claramente que un 74.7% tiene conocimiento acerca de las mismas, mientras que un 25.3% desconoce sobre estas fuentes de energía natural.

Las energías limpias que más se utilizan en la actualidad están relacionadas con los principales cuatro elementos presentes en la naturaleza: el aire (viento, energía eólica), el agua (energía hidráulica/hidroeléctrica), el fuego (sol, energía solar), y la tierra (energía geotérmica). (Concepto, 2024).

Figura 19

Uso de Energías Limpias en Montería



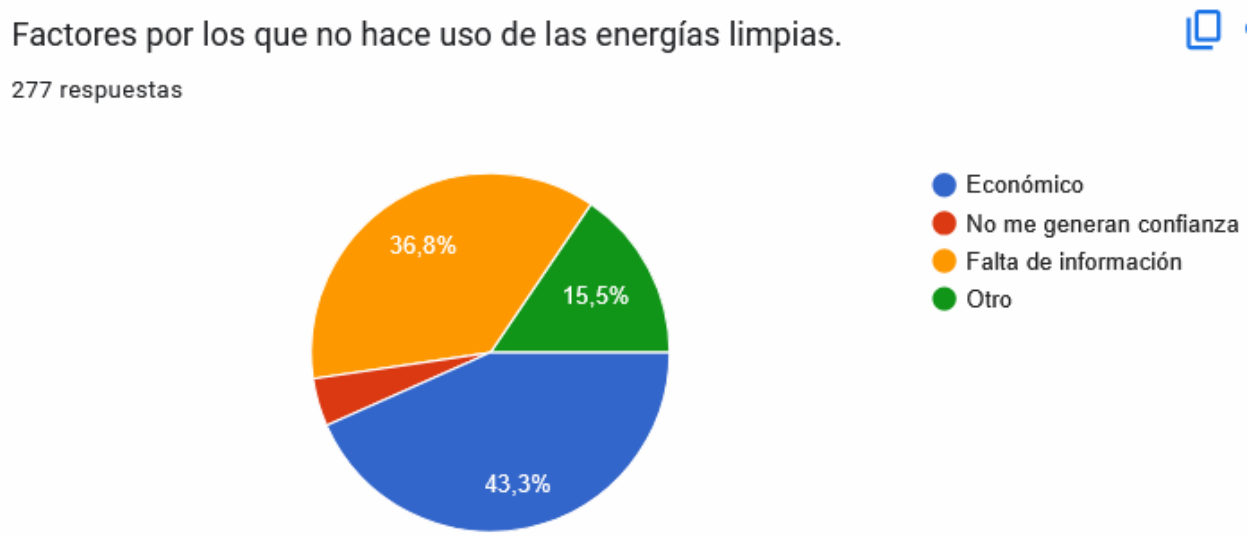
Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

La ilustración muestra de manera clara que un gran 94.2% de la población objeto no hace uso de las energías limpias, contrastado con un 5.8% que sí las usa actualmente.

El cambio climático y el calentamiento global son fenómenos que han comenzado a gestarse desde el inicio de la Revolución Industrial (s. XVII). Hoy se impone la necesidad urgente de desarrollar e implementar un sistema de obtención de energía eficiente, pero sostenible y que no acabe con el planeta en el proceso. (Concepto, 2024).

Figura 20

Factores de No Uso de Energías Limpias



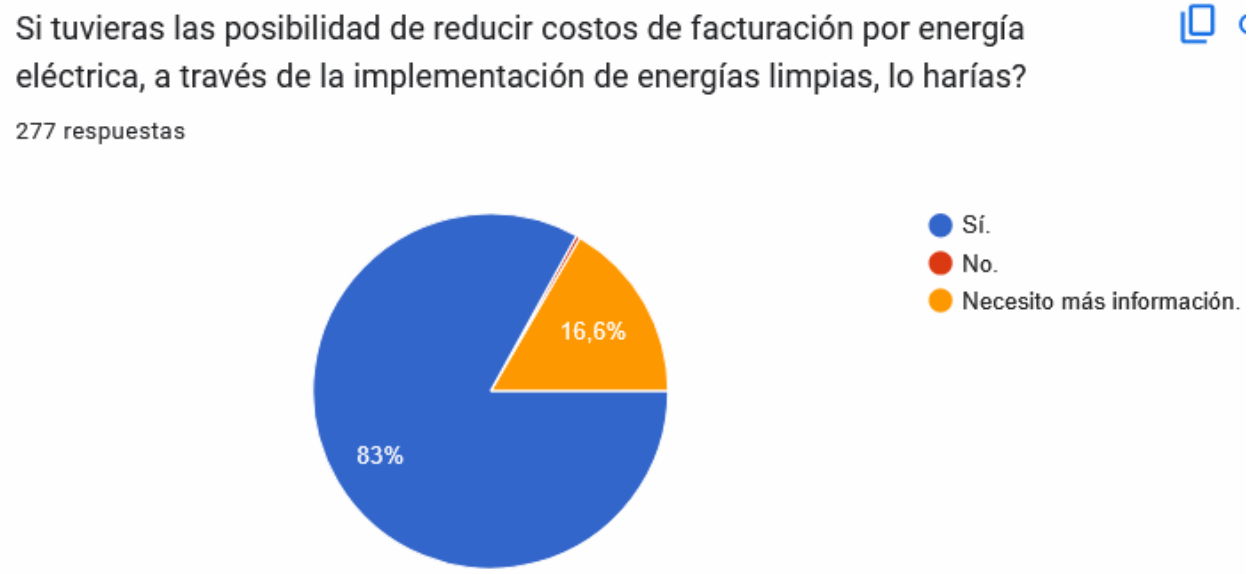
Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

Esta ilustración indica los factores incidentes en el no uso de energías limpias así: un 46% de la muestra que manifiesta que es por razones económicas; un 34.4% que es por falta de información; un 5.1% dice que no le generan confianza y un 14,4% lo atribuye a otros factores.

Para poder cumplir con los objetivos trazados por MinEnergía, se necesita la implementación de estrategias de socialización a las comunidades donde se logre tomar conciencia de la importancia de la generación y uso de este tipo de energías. (MinEnergía, Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022, 2016)

Figura 21

Intención de Uso de Energías Limpias



Nota. Elaboración propia - Formulario de Google®

La ilustración anterior permite visualizar fácilmente que un 83% de la población desearía reducir los costos de facturación por energía eléctrica, a través de la implementación de energías limpias, mientras que un 16.6% manifiesta lo contrario.

La información anterior revela los niveles de insatisfacción que la población tiene respecto a la prestación del servicio de energía eléctrica y al proceso de facturación del mismo, lo cual permite la generación de diferentes estrategias que propendan por la reducción de costos por concepto de facturación de energía eléctrica.

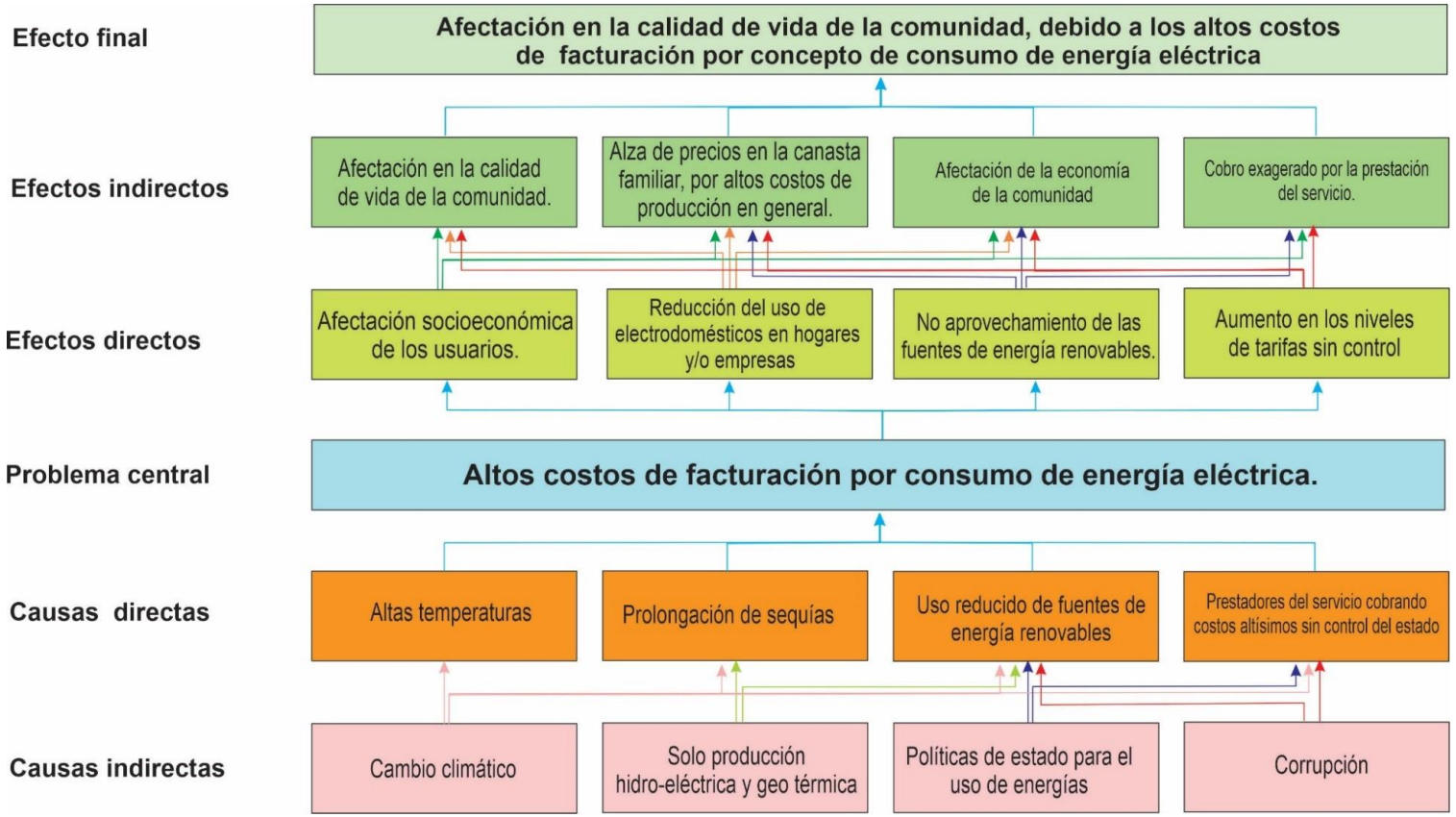
Metodología de Marco Lógico

Árbol de problemas

El análisis de resultados da origen al árbol de problemas descrito en la Metodología de Marco Lógico - MML, donde se identifican claramente las causas y efectos del problema central de estudio, como se puede visualizar en la siguiente ilustración. (ONU - CEPAL, 2015).

Figura 22

Arbol de Problemas



Nota. Interacción entre el problema central, los efectos y las causas establecidas. Elaboración propia.

La delimitación del árbol de problemas demuestra la interrelación entre las causas directas e indirectas y el problema central, así como con los efectos directos e indirectos que dan origen al efecto final producido por dicha problemática. (Aldunate & Córdoba, 2011).

El análisis profundo desde la visión de la MML, permite la generación de un árbol de objetivos, donde, luego de identificado el problema central, se conectan los medios relacionados a las causas que dan origen a la situación problemática y se distinguen en la parte superior, los fines vinculados a los efectos del problema. (Aldunate & Córdoba, 2011).

Árbol de Objetivos

Se puede apreciar el árbol de objetivos en la figura que aparece a continuación, donde se pueden identificar inicialmente cuatro medios directos que, aplicados de manera objetiva y correcta, darían luz a la solución del problema.

Figura 23

Arbol de Objetivos

Nota. Interacción entre el problema central, los medios y fines establecidas. Elaboración propia

Tomando como referencia ambos insumos: árbol de problemas y árbol de objetivos, sobre la optimización de costos por consumo de energía eléctrica en Montería, se pueden emitir algunas estrategias que apuntan al mejoramiento de la situación.

Se realiza un análisis cualitativo sobre cinco (5) estrategias que pueden lograr la finalidad descrita en el árbol de objetivos sobre el mejoramiento en la calidad de vida de la población, a través de pagos justos por concepto de consumo de energía eléctrica.

Estrategias de Minimización de Costos por Consumo Eléctrico

A fin de generar estrategias que redunden en la reducción sistemática de los costos de facturación por consumo de energía eléctrica, se pueden establecer algunas de las acepciones descritas en el marco conceptual de este documento.

Estrategia 1 Control y Racionamiento Personal.

Referente a los controles realizados por el usuario sobre el uso de electrodomésticos en el hogar, en busca de reducir los consumos de energía eléctrica. Esta estrategia es poco efectiva, aunque no soluciona el problema de fondo, sino que, por el contrario, exige del usuario tiempo y desgaste al ejercer dichos controles y, por ende, no corresponde a un mejoramiento en la calidad de vida, sino que dista por mucho de lograr esa finalidad.

Estrategia 2 Iluminación Led.

Corresponde al cambio de toda la iluminación convencional a iluminación led, lo cual se constituye como una reducción en los consumos de energía eléctrica, sin embargo, los otros electrodomésticos quedan por fuera de esta estrategia de reducción y seguirán consumiendo los mismos porcentajes de kw/h.

Estrategia 3 Domótica como Mecanismo de Ahorro de Energía.

Acceder a dispositivos de domótica para el hogar ha venido tomando campo en el mercado latinoamericano, y permite el control sobre el uso de dispositivos lo cual redunda directamente en la reducción de consumos eléctricos. Está más enfocada en términos de eficiencia y control que en la reducción, aun así, puede convertirse en una buena estrategia para reducción de consumos.

Cabe resaltar los altos costos de los dispositivos de domótica para el hogar, y su relación entre costo y beneficio, no se considera del todo positiva.

Estrategia 4 Sistemas fotovoltaicos Off Grid.

Cuando se habla de sistemas fotovoltaicos se debe hacer énfasis en los sistemas *On grid* y *off grid.* Los sistemas *on grid* son aquellas que están conectadas a la red eléctrica, pero se instalan para reducir el coste energético y reducir el consumo eléctrico, mientras que las *off* son sistemas totalmente independientes y aislados de la red eléctrica, como es el caso de fincas y sectores rurales alejados de las cabeceras municipales.

En un comparativo de costos los sistemas *On grid* aventajan a los *off grid*, por tanto, estos últimos ameritan el uso de baterías de almacenamiento de la energía y que en la actualidad tienden a tener precios altos y, por tal razón, son más costos.

Estrategia 5 Sistemas fotovoltaicos On Grid.

Los sistemas *on grid* se convierten en una gran ventaja ya que cuando la energía solar no es suficiente cuenta con el respaldo de la red eléctrica. Este tipo de sistemas de autoconsumo permiten reducir sustancialmente el costo del consumo eléctrico utilizando la energía solar directa durante el día y la de la red eléctrica durante la noche.

Otra consideración importante es que de acuerdo con el sistema *on grid* por demanda, el prestador de servicios puede acceder a la utilización de los kw/h producidos por el sistema y que el usuario no alcanza a gastar en su hogar o microempresa, generando la posibilidad de reducir aún más los costos por consumo eléctrico.

Estos sistemas fotovoltaicos hacen referencia al uso de energías limpias, en consecuencia, con el ODS 7, ya descrito en el marco contextual de este documento. (ODS, 2023).

Estrategia 6 Sistemas Fotovoltaicos Híbridos.

Recopila todas las ventajas del los Sistemas Ongrid así como los beneficios de los sistemas Offgrid, lo que genera cierta ventaja respecto a ambos sistemas por separado.

La característica principal de estos sistemas híbridos es que mientras exista la generación de energía renovable a partir de la luz solar, los dispositivos de manera automática hacen uso de esta fuente, dejando de lado el consumo de la red comercial, lo cual signfica que se reduce en gran porcentaje el gasto energético de esta última. Esto se torna como ventaja en lugares como la costa atlántica de Colombia, cuya latitud está en promedio entre los 9° y los 14°, que redunda en una duración de la luz solar del 42% aproximadamente la mayor parte del año.

Matriz de Marco Lógico

Para ello se debe aplicar en pirmera instancia un análisis cualitativo de las estrategias y posteriormente, se debe implementar un comparativo de costos que sumados, sustenten el análisis costo beneficio entre las estrategias ya mencionadas.

A continuación la tabla erlaciona un análisis desde una visión cualitativa con criterios.

Tabla 4

Análisis Cualitativo de Alternativas

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6
CRITERIO	Control y racionamiento personal	Iluminación led.	Domótica como mecanismo de ahorro de energía.	Sistemas fotovoltaicos off grid.	Sistemas fotovoltaicos on grid.	Sistemas fotovoltaicos híbridos
RECURSOS	Los recursos financieros a utilizar son reducidos, toda vez que se trata de un proceso de desconexión sistemática de los electrodomésticos que no se estén usando o del racionamiento en el uso de los mismos.	Se necesita recurso financiero moderado para la compra e instalación de todas las luces tipo led en el hogar.	Recurso financiero alto para la compra e instalación de dispositivos de domótica (Luces, apagadores, controles, sensores, tomacorrientes, etc) para controlar el gasto energético en el hogar.	Recurso financiero muy alto para la compra e instalación de estos sistemas y desconexión definitiva de la red eléctrica convencional.	Recurso financiero alto para la compra e instalación de estos sistemas, se mantiene la conexión a la red eléctrica convencional.	Recurso financiero alto para la compra e instalación de estos sistemas, se mantiene la conexión a la red eléctrica convencional.
TIEMPO	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo	Mediano plazo	Mediano plazo	Mediano plazo

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6
EFECTOS GENERA-LES	Reducción mínima de consumo energético y desgaste del usuario.	Reducción mínima del consumo energético. Iluminación de alta calidad.	Reducción moderada del consumo energético, confort del usuario, sistematización y control de energía en el hogar.	Reducción completa de la facturación por concepto de energía eléctrica. Bajos costos de mantenimiento.	Reducción alta y sistemática de consumo de energía eléctrica. Bajos costos de mantenimiento.	Reducción alta y sistemática de consumo de energía eléctrica. Bajos costos de mantenimiento.
RIESGOS SOCIALES	Aislamiento provocado por la atención al control energético.	Riesgo mínimo.	Riesgo mínimo.	Atención social a los resultados y altos intereses en replicar la implementación de estos sistemas	Atención social a los resultados y altos intereses en replicar la implementación de estos sistemas	Atención social a los resultados y altos intereses en replicar la implementación de estos sistemas
VIABILI-DAD	Alta (aunque no todos los usuarios están dispuestos a desgastarse con esta alternativa)	Alta	Media	Alta	Alta	Alta

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5

Comparativo de Costos

CONSUMO PROMEDIO KwH	500	500	500	500	500	500
Precio prom KwH (basado en Dic-24)	$ 1.001,77	$ 1.001,77	$ 1.001,77	$ 1.001,77	$ 1.001,77	$ 1.001,77
Facturación aprox	$ 500.885,00	$ 500.885,00	$ 500.885,00	$ 500.885,00	$ 500.885,00	$ 500.885,00
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6
INVERSIÓN APROX	$ -	$ 3.000.000,00	$ 5.000.000,00	$ 25.000.000,00	$ 20.000.000,00	$ 25.000.000
REDUCCIÓN APROX	30	50	80	500	400	350
GASTO APROX KwH	470	450	420	0	100	150
Facturación aprox	$ 470.831,90	$ 450.796,50	$ 420.743,40	$ -	$ 100.177,00	$ 150.265,50
Ahorro mensual aprox en pesos	$ 30.053,10	$ 50.088,50	$ 80.141,60	$ 500.885,00	$ 400.708,00	$ 350.619,50
Porcentaje ahorro	6,00%	10,00%	16,00%	100,00%	80,00%	70,00%
TIR	SD	59,89	62,39	49,91	49,91	71,30

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6

Matriz de Marco Lógico

	DESCRIPCIÓN	INDICADORES	VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.	Porcentaje de satisfacción de usuarios sobre el mejoramiento de los costos por consumo de energía.	Encuesta de satisfacción	Mejoramiento de la calidad de vida. Mejoramiento socioeconómico.
	Reducción de costos en la canasta familiar. Mejoramiento de la economía de la comunidad	Índices de pobreza municipal	Informes Alcaldía de Montería	Rotación de la economía. Reducción de los índices de pobreza
	Cobros justos por la prestación del servicio.	Porcentaje de reducción de costos por consumo de energía eléctrica	Encuesta sobre facturación a usuarios que implementan las alternativas de solución.	
PROPÓSITO	Reducir los altos costos de facturación por consumo de energía eléctrica.	Porcentaje de reducción de costos por consumo de energía eléctrica. Número de usuarios que implementan las alternativas de solución / número de usuarios que no lo hacen	Encuesta de satisfacción Encuesta de satisfacción	La comunidad manifiesta su satisfacción con la facturación por consumo de energía eléctrica, luego de implementar alternativas con energías limpias.

	DESCRIPCIÓN	INDICADORES	VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
COMPONENTES	1. Uso de energías limpias	Porcentaje poblacional de implementación de alternativas de solución.	Encuesta de satisfacción	Los usuarios manifiestan públicamente la satisfacción con la reducción de costos por energía eléctrica.
	2. Mejoramiento de procesos para el aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos	Niveles de embalses.	Informes Alcaldía de Montería. Informes de gestión Urrá S.A. E.S.P.	Los embalses mantienen niveles óptimos que garantizan la disminución del precio kw/h
	3. Buenas prácticas de explotación de energías renovables	Aumento de números de hogares que adquieren sistemas alternativos de generación de energía eléctrica.	Informes de crecimiento de empresas de energías alternativas. Reducción de valor de las facturas de energía.	Mejoramiento respecto a la explotación de recursos naturales renovables como fuentes de energía.
	4. Proyectos piloto en el aprovechamiento de energías limpias.	Comparativo de proyectos formulados para la generación y aprovechamiento de energías limpias.	Informe de cantidad de energía generada por metro cúbico de agua. Encuestas realizadas a empresas de energías renovables. Facturas de energía eléctricas de usuarios. Revisión de bancos de proyectos relacionados con generación energías limpias.	Implementación de múltiples proyectos orientados a la utilización de energías limpias.

	DESCRIPCIÓN	INDICADORES	VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
ACTIVIDADES	1.1 Uso de fuentes de energía amigables con el medio ambiente, que reduzcan el efecto invernadero.	Porcentaje poblacional de implementación de alternativas de solución.	Encuesta de satisfacción	Los usuarios manifiestan públicamente la satisfacción con la reducción de costos por energía eléctrica.
	2.1 Mejoramiento de procesos de transformación, almacenamiento y transporte de la energía.	Niveles de embalses.	Informes Alcaldía de Montería. Informes de gestión Urrá S.A. E.S.P.	Las represas mantienen sus niveles óptimos para producción de energía hidroeléctrica.
	3.1 Políticas de estado encaminadas a la apropiación y uso de energías limpias	Nro de proyectos de ley encaminados a la apropiación y uso de energías limpias.	Leyes aprobadas en el Congreso de la República sobre esta temática. Decretos presidenciales.	Se implementan leyes y/o decretos sobre la apropiación y uso de energías limpias
	4.1 Educación a la población sobre el uso de energías limpias	Porcentaje de la población que reconoce la importancia de las energías limpias	Encuestas	
	4.1.2 Publicación en línea de página web sobre beneficios de alternativas de uso de energías limpias en el hogar.	Nro. de visitantes. Nro. de artículos publicados.	Control interno de la página	

	DESCRIPCIÓN	INDICADORES	VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
	4.1.3 Curso online sobre alternativas de uso de energías limpias en el hogar.	Nro. De personas participantes en la capacitación.		La comunidad manifiesta su satisfacción con el beneficio de la implementación de alternativas con energías limpias.
	4.1.4 Visitas casa a casa brindando información sobre alternativas de uso de energías limpias en el hogar.	Nro. Casas visitadas y participantes en la capacitación.	Formato de visitas casa a casa.	
	4.1.5 Publicación en medios locales.	Nro. De publicaciones por mes.	Publicaciones en periódicos.	
	4.1.6 Foro municipal sobre energías limpias.	Nro. De asistentes al foro municipal.	Evidencias del foro.	
	4.1.7 Implementación de proyectos piloto de sistemas fotovoltaicos *on grid.*	Nro. de proyectos implementados.	Actas de implementación o ejecución de proyectos.	La comunidad manifiesta su satisfacción con el beneficio de la implementación sistemas fotovoltaicos *on grid de carácter híbrido*.

Nota: Elaboración propia.

Análisis de la Matriz del Marco Lógico

Este insumo comparativo permite conocer a grandes rasgos los costos de implementación de las estrategias descritas, sin embargo, los costos como indicador suelto no constituye una base sólidad para la toma de decisiones; es decir, implementar la más económica o de costo ceo (0), no es la mejor solución para la problemática planteada.

La relación de costos debe medirse en torno al ahorro que se comienza a generar cuando se reduce considerablemente la facturación de energía, lo cual es inmediato en los sistemas fotovoltaicos, pero sin generar desgaste en los usuarios, y por el contrario se pueda generar un bienestar emocional a parte del bienestar financiero.

Se debe resaltar que la energía solar fotovoltaica en los que la radiación solar llega a los módulos, se produce energía eléctrica por el efecto fotovoltaico. Esta energía puede almacenarse en baterías para su posterior consumo en sistemas aislados de la red eléctrica, o bien inyectarse en la red, siendo este último caso el más común. (IDAE, 2010).

La inversión aproximada entre la implementación de sistemas fotovoltaicos on grid, off grid e híbridos, es muy similar, sin embargo, los sitemas no inyectados (off grid) presentan una ventaja sustancial respecto al tiempo de atención de la demanda desde los distribuidores de energía eléctrica de la región, toda vez que estos tardan en promedio 5 meses, para la realización de los estudios técnicos e instalación de dispositivos para tal fin.

Los sistemas fotovoltaicos no inyectados a la red (off grid), en sectores residenciales e industriales, tienen un costo más elevado por el uso de baterías, que permiten el aprovechamiento de la energía almacenada en los tiempos en que no hay radiación solar, sin embargo, el retorno de la inversión es de aproximadamente 36 meses, durante los cuales se va reduciendo

sistemáticamente la facturación de energía mientas que el precio del kw/h seguirá aumentando su costo.

Lo anterior, permite preveer que pasados los 36 meses donde el usuario final recupera su inversión inicial de instalación e implementación de sistemas fotovoltaicos offgrid, la facturación será mucho menor en comparación con la de otro usuario del sistema de distribución actual.

El comparativo de costos de implementación entre las diferentes estrategias, genera insumos importantes para la toma de decisiones para usuarios en general; sin embargo desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, la real toma de decisiones en este documento, se enfoca en la aplicación de la Metodología de Maco Lógico MML. (Aldunate & Córdoba, 2011).

De acuerdo con información de la ONU, existen innumerables estrategias que buscan reducir el impacto de las denominadas TIC´s en el sector energético y en el logro de los ODS en especial del número siete, dedicado a energías de calidad.

Han sido diseñadas algunas plataformas para generación de energía como servicio, que funcionan con el bombeo de cargas de agua que generan electricidad, pero no facturación. Así también se han inventado nuevos modelos para financiar el acceso a energía con una mejor gestión de tratamiento, así como el fortalecimiento de las infraestructuras de redes eléctricas existentes y mejorando la capacidad de controlar sistemas de generación eléctricos, como por ejemplo, el uso aprovechable de fuentes de energía renovables; en el que muchos usuarios individuales y comerciales pueden tener la capacidad de gestionar sus propios sistemas de eficiencia energética que generan conciencia en el entorno.

Todo esto sumado a un consumo consciente de energía y al refinamiento de los procesos de desarrollo de la infraestructura energética, van en camino del mejoramiento de la distribución de servicios energéticos, como parte de las iniciativas gubernamentales. A su vez, se logra

dimensionar una red de comunicaciones que permite mejorar la calidad en el suministro de electricidad y una conectividad innovadora en los sistemas de transporte que redunda en indicadores energéticos que permiten evaluar el progreso e identificar oportunidades de mejora. (ONU, 2024).

Conclusiones

De acuerdo con los informes de Naciones Unidas, el año 2015 marcó un hito significativo en el marco de la discusión global sobre energía con la adaptación de los denominados ODS, más conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible, de los cuales, el sétimo tiene la aspiración de "garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos". (ODS, 2023)

Enfatiza en la necesidad de aumentar el uso de energías limpias, así como la implementación de nuevas tecnologías generadoras de eficiencia energética, por lo cual, incluye retos de lograr un acceso global a energía de calidad (7.1), busca aumentar el uso de energías renovables (7.2), así como la mejora de la eficiencia energética (7.3), una cooperación mundial en cuanto al desarrollo de nuevas y mejores infraestructuras para procesamiento de energía sostenible (7.a) y la tecnología de punta hacia la propagación y ampliación de sistemas energéticos (7.b). (ODS, 2023).

Definen también que la vida actual depende de del acceso a sistemas de energía segura y de fácil acceso pero que su consumo indiscriminado sigue siendo la causa principal del cambio climático, porque representa el más alto porcentaje en cuanto a emisión de gases a nivel mundial. La tasa mundial de acceso a la energía eléctrica aumentó del 87 % en 2015 al 91 % en 2021. (ONU, 2023).

Colombia es movida por electricidad, ya que cubre la necesidad de la industria y el comercio, así como a los usuarios residenciales, como los describe el Ministerio de Hacienda en Colombia en su página web. (MinEnergía, 2024).

Según un informe reciente del DANE sobre costo de vida, altos costos por facturación en los departamentos que lo conforman, en el último año la facturación por servicio de energía

eléctrica se ha incrementado 25,9 % en el país, siendo la costa Caribe la región más afectada. Por ejemplo, en Santa Marta han subido 49,9 %, mientras que en Riohacha el alza ha sido del 47,1%. (CENERGÍA, 2024).

Estos altos costos por facturación ahondan el gran problema económico de la región, donde mes tras mes, se vienen presentando alzas significativas e incontrolables en los precios de producción, transporte y distribución de la energía eléctrica, pagaderos todos por el usuario final.

En esta línea de atención, surge como necesidad imperante y colectiva la generación de estrategias que permitan una reducción de los costos por facturación de consumo eléctrico, tomando como referencia la ciudad de Montería, un punto intermedio de los municipios de la región caribe, notablemente afectados por esta situación problemática.

Desde la visión de una gerencia de proyectos proponente siempre de soluciones asertivas y efectivas, y bajo los lineamientos de la Metodología de Marco Lógico MML, se diseña la presente monografía en atención de establecer relaciones de costo/beneficio, entre las diferentes estrategias de optimización de costos por consumo de energía eléctrica. (Aldunate & Córdoba, 2011).

Se producen insumos investigativos sobre la conceptualización teórica general relacionada con la energía eléctrica, sus fuentes, su producción y su distribución; así como la contextualización sobre la problemática que afecta a la población objeto de estudio y se modela una metodología para la implementación de la presente monografía, que tiene fines académicos y de uso público para la comunidad.

Desde la perspectiva de la MML se diseña un árbol de problemas que resume las causas que originan el problema central de este estudio, así como los efectos del mismo, dando lugar a un árbol de objetivos que enmarca los medios y/o fines directos e indirectos que dan origen a la

finalidad de lograr soluciones accesibles para la población y que ésta pueda lograr mitigar los gastos por consumo de energía eléctrica.

Lo anterior permite la generación de alternativas de solución que son contrastadas a la luz de la MML, dando origen a su vez a una matriz de marco lógico que establece las soluciones más efectivas para lograr los objetivos trazados en el presente documento.

De acuerdo a la información suministrada se puede resaltar que la implementación de proyectos de sistemas fotovoltaicos de tipo “off grid”, no conectados a la red eléctrica convencional, se convierten en la alternativa más efectiva en términos de recursos, tiempos, efectos generales, riesgos sociales, retorno finaniero, viabilidad y sustentabilidad energética.

La aplicación de MML en un trabajo de investigación, permite una objetividad y facilidad a la hora de manipular los datos y de obtener insumos relevantes para la toma de decisiones, desde una visión gerencial en proyectos.

Planificar la tabla relacional entre objetivos y fases del proyecto, permite diseñar una hoja de ruta clara que da origen al cronograma y a una consecución sistemática de los objetivos propuestos. Diseñar el árbol de problemas da paso al árbol de objetivos, y esto conlleva a la generación de estrategias que se enmarcan en la matriz de marco lógico que permite visualizar de forma clara la mejor alternativa de solución a la situación de estudio.

En conclusión, la MML es una metodología bastante ágil que permite esbozar un problema de lo general a lo específico y brindar soluciones de una manera bastante asertiva.

Recomendaciones

Dado que con el presente trabajo se desarrolló un análisis costo-beneficio sobre estrategias de optimización de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Montería, usando la Metodología de Marco Lógico. Se recomienda igualmente que en cualquier estudio posterior al mismo donde se quiera hacer uso de dichas tecnologías e implementación de estas, se tengan en cuenta los siguientes pasos:

Definición de objetivos.

Calcular los costos iniciales de implementación de las energías limpias.

Esto incluye el costo de adquisición e instalación de los equipos necesarios, como paneles solares o turbinas eólicas, así como cualquier gasto relacionado con la adaptación de la infraestructura.

Estimación de costos.

Además de los costos iniciales se deben igualmente considerar los costos de operación del sistema y el mantenimiento de este a lo largo de su vida útil. Esto conlleva a calcular costos de mantenimiento, reparaciones y remplazo de algunos componentes.

Calculo de beneficios Directos e indirectos.

Entre estos beneficios directos se encuentran los ahorros en facturas eléctricas, ingresos generados por venta de energía excedente e incentivos gubernamentales. Por otro lado encontramos los indirectos como mejora de la reputación, reducción de dependencia de combustibles fósiles y emisiones de carbono.

Aplicación de descuentos y tasas de descuentos.

Para comparar los flujos de efectivo a lo largo del tiempo de manera precisa, es necesario aplicar una tasa de descuento y a partir de esta compararlos con la TIR y VPN.

Evaluación del riesgo.

Se hace necesario evaluar los riesgos y la incertidumbre asociados con la implementación de energías limpias. Entre estos encontramos cambios en los precios de la energía y futura regulaciones sobre la misma.

Análisis de sensibilidad.

Realizar un análisis de sensibilidad nos permite evaluar la variabilidad de los resultados del análisis y entre estos los precios de la energía o los costos de mantenimiento.

Toma de decisiones informadas.

Utilizando los resultados del análisis podemos tomar decisiones informadas sobre la implementación de energías limpias.

Revisión y actualización regular.

Igualmente es importante revisar y actualizar periódicamente el análisis Costo – Beneficio para adaptarlo a cambios en el mercado, los precios de la energía y la tecnología disponible. Esto nos permite mantener una estrategia de energía limpia, efectiva y actualizada.

Bibliografía

Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofín Habana.*

Alanis, A. Y. (2018). Electricity Prices Forecasting using Artificial Neural Networks. *IEEE Latin America Transactions*.

Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). *Formulación de programas con la metodología de marco lógico.* ONU - CEPAL.

Ambiente, S. d. (2022). *Guía de formulación de proyectos empresariales para la sostenibilidad energética.* Bogotá: Secretaría de Ambiente .

BID. (2024). *https://www.iadb.org/es*. Obtenido de https://www.iadb.org/es

Bordons, C., García-Torres, F., & Valverde, L. (2015). Optimal energy management for renewable energy microgrids. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*.

Caceres, E., & Alca, J. J. (2016). Potential for Energy Recovery from A Wastewater Treatment Plant. *IEEE Latin America Transactions*.

Castillo Munoz, F. A., Aguila Tellez, A., & Gonzalez Sanchez, J. W. (2016). Analysis of Stability of Tension and Losses of Electric Power in Distribution Networks with Distributed Generation. *IEEE Latin America Transactions*.

CENERGÍA. (2024). *https://www.ccenergia.org.co*. Obtenido de https://www.ccenergia.org.co/en-medios-que-esta-pasando-con-el-servicio-de-energia-en-la-region-caribe/

Concepto. (2023). *https://concepto.de*. Obtenido de https://concepto.de/carga-electrica/

Concepto. (2024). *https://concepto.de*. Obtenido de https://concepto.de/electricidad-2/

Concepto. (2024). *https://concepto.de/*. Obtenido de https://concepto.de/campo-electrico/

Congreso de la Reública. (2014). *Ley 1715 de 2014.* Diario Oficial Congreso de la República.

ELSEVIER B.V. (2024). *https://www.scopus.com/home.uri*. Obtenido de https://www.elsevier.com/?dgcid=RN_AGCM_Sourced_300005030.

ERCO. (2024). *https://erco.energy/co*. Obtenido de https://erco.energy/co/blog/porque-las-altas-tarifas-de-energia-en-el-caribe

Factor Energía. (2024). *https://www.factorenergia.com/es*. Obtenido de https://www.factorenergia.com/es/blog/factura-luz/que-es-un-kilovatio-hora-kwh/

IDAE. (2010). *Guía Práctica de la Energía - Consumo eficiente y responsable.* doi:IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

IDAE. (2020). *https://www.idae.es*. Obtenido de https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/domotica

IEEE. (2024). *https://www.ieee.org*. Obtenido de https://www.ieee.org/about/index.html

MinEnergía. (2016). *Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022.* Bogotá: MinEnergía.

MInEnergía. (01 de abril de 2020). *https://www.minenergia.gov.co.*

MinEnergía. (2024). Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/

Moreno, P., Andrade , G. N., Angulo Meza, L., & De Mello, J. S. (2015). Evaluation of Brazilian electricity distributors using a Network DEA model with shared inputs. *IEEE Latin America Transactions*.

ODS, O. . (2023). Obtenido de https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-

2023_Spanish.pdf?_gl=1*6ws7gh*_ga*MjEyMzAzNTY4Mi4xNzA5OTkzMTI5*_ga_TK9BQL5X7Z*MTcxMTE0MDQxNy41LjEuMTcxMTE0MTE2NS4wLjAuMA..

ONU - CEPAL. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.* Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.

ONU. (2015). Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/

ONU. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Obtenido de https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*g76vd0*_ga*MTI1NTI2NzMzMS4xNzI1ODI4NTE2*_ga_TK9BQL5X7Z*MTcyNTgyODUxNi4xLjAuMTcyNTgyODUxOS4wLjAuMA..

ONU. (2024). *https://www.un.org/*. Obtenido de https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-de-desarrollo-sostenible-para-la-energia-y-la-tecnologia-de-la-informacion-y-las

Plaza Castillo, J., Daza Mafiolis, C., Coral Escobar, E., Garcia Barrientos, A., & Villafuerte Segura, R. (2015). Design, Construction and Implementation of a Low Cost Solar-Wind Hybrid Energy System. *IEEE Latin America Transactions*.

Project Management Institute, Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos - PMBOK 6ta Edición* (6ta ed.). (I. Project Management Institute, Ed.) Newtown Square, Pennsylvania.

Samper, M., Flores, D., & Vargas, A. (2016). Investment Valuation of Energy Storage Systems in Distribution Networks considering Distributed Solar Generation. *IEEE Latin America Transactions*.