

Informe técnico final resultado de la investigación
Evaluación de la transformación sostenible de una estación de gasolina en la ciudad de
Cúcuta

Juan David Peña Sacristán
José Manuel Valbuena Pintor
Julio Cesar Vega Duarte

Docente:
Lina María Chacón Rivera



Seminario de investigación
Especialización en Gerencia de proyectos

Bogotá D. C.
Junio 20 de 2023

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Descripción del problema	6
1.3. Sector de análisis de la problemática	7
1.4. Pregunta de investigación	7
1.5. Conveniencia de la investigación.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1. Fundamentación.....	11
4.2. Estado del arte.....	14
5. METODOLOGÍA	25
5.1. Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	25
5.1.1. Definición de variables	26
5.1.2. Definición conceptual	27
5.1.3. Definición operacional.....	29
5.1.4. Población y muestra.....	30
5.2. Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	31
5.3. Técnica de análisis de datos	33
5.4. Análisis y discusión de los resultados.....	36
5.4.1. Análisis cualitativo según datos recolectados 2022.....	38
5.4.2. Análisis cuantitativo según datos recolectados 2022.....	40
5.4.3. Proyección consumo 2023 sin el sistema de energía solar	41
5.4.4. Proyección consumo 2023 con el sistema de energía solar	43
5.4.5. Análisis cualitativo con el sistema de energía solar.....	44
5.4.6. Análisis cuantitativo con el sistema de energía solar.....	46
5.4.7. Otros análisis con respecto al sistema.....	47
6. CONCLUSIONES	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de la sostenibilidad energética	14
Tabla 2. Datos recolectados año 2022	38
Tabla 3. Proyección aumento costo y consumo sin el sistema año 2023	42
Tabla 4. Proyección aumento costo y consumo con el sistema año 2023	43
Tabla 5. Análisis hora solar pico Cúcuta 2018	44
Tabla 6. Cálculos energía generada con hora solar pico Cúcuta	44
Tabla 7. Presupuesto para obras civiles de la instalación de paneles solares	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trilema energético de Colombia.....	10
Figura 2. Fuentes hídricas de Cúcuta.....	12
Figura 3. Categorías de estrategias de sostenibilidad previstas para las edificaciones ..	13
Figura 4. Caracterización usos finales en la industria	16
Figura 5. Caracterización usos finales en el sector terciario.....	17
Figura 6. Promedio mensual de radiación global en Cúcuta	23
Figura 7. Ángulo de inclinación tipo para paneles solares	24
Figura 8. Proyección del costo kWh / mes	36
Figura 9. Consumo de energía eléctrica	37
Figura 10. Costo de la energía mensual.....	38
Figura 11. Cronograma propuesto obras civiles instalación paneles solares.....	48

RESUMEN

Para abordar un proyecto de transformación sostenible es necesario entender conceptos relacionados como el significado de medioambiente. Según Strong (1972), este concepto hace referencia al conjunto de factores naturales, económicos, sociales y culturales que rodean al ser humano. Esto es clave para entender que, en un entorno ya sea de uso residencial, comercial o institucional se debe buscar el equilibrio entre todos los factores implícitos, especialmente cuando el objetivo final es el desarrollo de actividades humanas. En la presente investigación se formulará una estrategia en términos de transformación sostenible para una Estación de Servicio (EDS), la cual permita proyectar una solución con énfasis en transición energética, evaluando los posibles beneficios del uso de fuentes de energía independiente.

Palabras clave: Estación de servicio, Transformación sostenible, Transición energética, Paneles solares.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El crecimiento de las ciudades en Colombia ha sido durante décadas un tema de relevancia y atención por parte de los gobiernos. Según datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP), se prevé que la población de Colombia ascienda a aproximadamente 61,2 millones de personas para el año 2050 (Rodríguez, 2022). De dicha proyección se estima que 52,7 millones (86%) se localicen en ciudades o centros urbanos, lo que evidentemente representa un desafío en términos de necesidades básicas como son la salud, la alimentación y los servicios públicos. Sobre este último factor identificado, organizaciones del estado como el DNP han monitoreado el comportamiento en la prestación de los servicios públicos en el país a través de políticas como: “Misión sistema de ciudades”, donde se ha observado que, en el periodo de tiempo de 1964 al 2005 se registró un crecimiento importante en la cobertura pasando del 66% al 98% en el suministro de energía, del 64% al 94% en términos de acueducto y del 59% al 90% con respecto a alcantarillado (Gaviria et al., 2014). Sin embargo, la cobertura de servicios públicos no es la única prioridad, ya que con el crecimiento urbano y la globalización se hace necesario considerar el concepto de sostenibilidad e incluirlo en este ámbito; criterio que se generó de manera general para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Brundtland, 1987).

1.2. Descripción del problema

El aumento en la cobertura de servicios públicos en atención a la demanda del crecimiento urbano y los desafíos de las ciudades debería realizarse en términos de desarrollo sostenible, no obstante, en la actualidad se pueden encontrar estructuras y edificaciones de uso residencial, institucional y comercial que aún no cuentan con estos criterios, y los impactos en cuanto al desperdicio o uso desmedido de servicios como el agua o la energía eléctrica son notables. Así mismo, un mal manejo de los servicios impacta a los recursos que se requieren para garantizar su disponibilidad, por ejemplo, el 68% de la población urbana del

país se ubica en áreas con presión alta o muy alta sobre el agua (Corchuelo, 2018). Esto nos lleva a pensar que, los servicios asociados a los recursos naturales son finitos, es decir, agotables en la medida de que no se implementen estrategias de transformación sostenible que permitan su uso desde un punto de vista más razonable.

1.3. Sector de análisis de la problemática

En la ciudad de Cúcuta se localiza la Estación de servicio Bogotá JJH SAS, la cual, corresponde a una edificación de uso comercial (estación de gasolina con uso 24/7). En dicha estación se ha evidenciado durante años que los consumos de servicios públicos son elevados por la demanda operativa del negocio; adicionalmente, no se han implementado estrategias de transformación sostenible o de eficiencia energética a través de sistemas de autoabastecimiento u otra metodología que permita optimizar los costos en términos del consumo de energía.

1.4. Pregunta de investigación

¿Cómo se podría realizar una transformación sostenible de la estación de gasolina descrita para mejorar sus indicadores de gestión sostenible en términos de servicios públicos?

1.5. Conveniencia de la investigación

El proyecto de investigación propuesto podría proporcionar criterios sobre la transformación sostenible de edificaciones de uso comercial, los cuales serían aplicables en términos de mejorar el consumo de los servicios públicos, especialmente el de energía eléctrica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Formular una estrategia de sostenibilidad para mejorar los procesos en una estación de gasolina de la ciudad de Cúcuta con énfasis en transformación energética.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el impacto ambiental del consumo de los servicios públicos según los procesos de la estación de gasolina.
- Analizar el consumo histórico disponible de energía eléctrica del establecimiento.
- Estimar el presupuesto de inversión para la transición energética.
- Presentar una propuesta para la transformación sostenible de la estación de gasolina incluyendo la transición energética.

3. JUSTIFICACIÓN

Para Alarcón et al. (2022), el concepto de sostenibilidad energética es:

“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) al interior de las organizaciones, con firme propósito de asegurar la optimización de los recursos, así como el aprovechamiento de nuevas fuentes energéticas” (p. 8).

De acuerdo con lo anterior, algunos beneficios de la eficiencia energética se traducen en:

- Lograr el desarrollo sostenible con los medios tecnológicos disponibles
- Optimizar la conservación de las fuentes energéticas
- Minimizar el impacto sobre el ambiente
- Reducir los costos energéticos y elevar la productividad

Por otra parte, el consejo mundial de energía cataloga a Colombia como uno de los mejores países en el tema energético, tanto es así que está en el ranking mundial en la posición 42, siendo la sostenibilidad uno de los indicadores con mejor calificación; una de las razones es que geográficamente se ofrece la oportunidad del aprovechamiento para generar energía mediante los paneles solares, otro indicador del trilema energético (ver Figura 1) es la independencia de importaciones en el cual se destaca que se genera la energía eléctrica principalmente de forma limpia mediante hidroeléctricas.

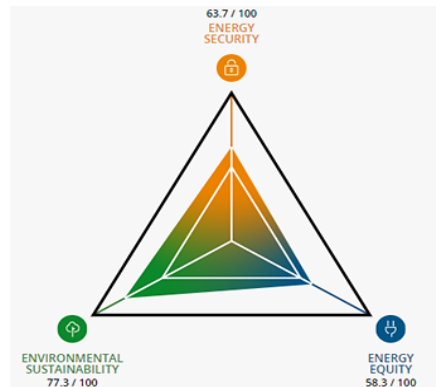


Figura 1. Trilema energético de Colombia

Fuente: adaptado de World Energy Council (2022)

En este contexto, la transformación energética mediante la generación de energía usando paneles solares es una opción viable para ser adoptada por la estación de servicio, ya que logrará independencia energética, y mediante otro estudio de viabilidad de la implementación, se obtendrían los beneficios tributarios contemplados por la ley 1715 aprobada en 2014 y ampliados en la ley 1955 de 2019; también, se alinea con el plan energético nacional específicamente el desafío 1 “Disponibilidad de recursos energéticos locales, cobertura universal y mejoras en calidad del servicio”, y el desafío 2 “Brecha tecnológica y uso eficiente de los recursos energéticos” (Suárez & Mesa, 2019).

Otra razón importante es que, mediante el análisis del uso de la energía eléctrica versus el servicio que presta la estación de servicio se define la meta energética que se debe alcanzar desde la generación con fuentes no convencionales de energía. Así mismo, la estrategia que se formule podría ser adoptada por otras estaciones de servicio (EDS) del país y por otros establecimientos comerciales en futuros proyectos de transición energética.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Fundamentación

Transformar se podría definir como la acción de hacer cambiar de forma a algo o alguien. Por su parte, Sostenibilidad ambiental corresponde al equilibrio propiciado por la relación armónica entre la actividad de los seres humanos y la naturaleza, buscando que esta relación permanezca a lo largo del tiempo, es decir, que sea sustentable (Fundación Wiese, 2023). De acuerdo con estos conceptos, podríamos definir que, una transformación sostenible consiste en el desarrollo de actividades concernientes al cambio de un entorno, propendiendo a la ejecución de la actividad del ser humano sin afectar e impactar el medio ambiente en general. Ahora bien, para aplicar el concepto de transformación sostenible en un local comercial como lo es la estación de gasolina mencionada en el apartado 1.3, es necesario conocer cuáles son los procesos de este tipo de locales comerciales y negocios en términos de servicios públicos, por tal razón, a continuación, se presentará la descripción correspondiente:

Estaciones de servicio

De acuerdo con el decreto 1521 de 1998:

“Las estaciones de servicio son establecimientos destinados al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos y gas licuado del petróleo (GLP), para vehículos automotores a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible” (Gobierno colombiano, 1998 p. 2).

Procesos para el funcionamiento de una Estación de servicio

Las estaciones de gasolina o como también son conocidas: “Estaciones de servicio - EDS”, requieren de servicios básicos para su funcionamiento y operación. Entre dichos servicios se destacan dos principalmente: el servicio de energía eléctrica y el servicio de agua.

De acuerdo con la investigación de Acosta & Sarli (2005), se formularon un conjunto de estrategias orientadas a la sostenibilidad y la ecoeficiencia de la construcción y las edificaciones. En la Figura 3, se presenta el diagrama de las seis categorías previstas por los autores:

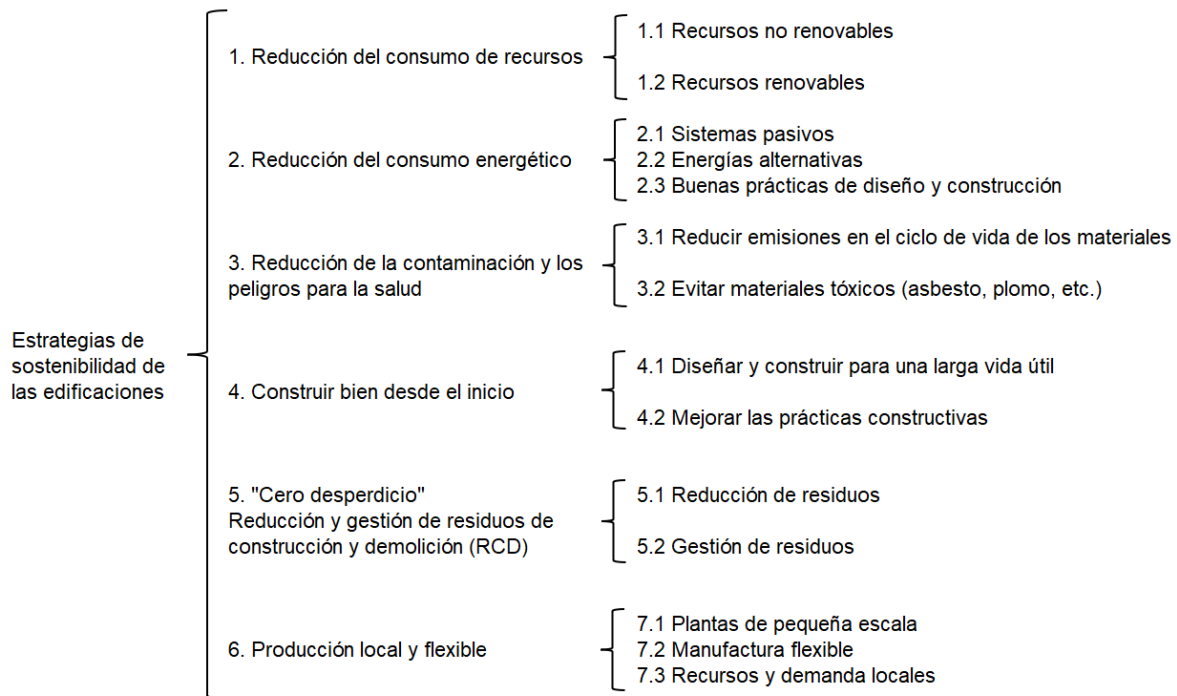


Figura 3. Categorías de estrategias de sostenibilidad previstas para las edificaciones

Fuente: Adaptado de Acosta & Sarli (2005)

Según la Figura 3, las seis (6) categorías de estrategias de sostenibilidad formuladas en la investigación de Acosta & Sarli (2005) son:

“1) Reducción del consumo de recursos, 2) Reducción del consumo energético, 3) Reducción de la contaminación y los peligros para la salud, 4) Construir bien desde el inicio, 5) “Cero desperdicios” Reducción y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) y 6) Producción local y flexible.” (p. 20).

Teniendo en cuenta lo anterior, para efectos de la presente investigación se considerará como referencia la categoría de estrategias 2 “Reducción del consumo energético”, y se profundizará de acuerdo con la subcategoría 2.2. “Energías alternativas”.

De acuerdo con la información de los apartados anteriores, en las siguientes secciones se profundizará sobre transformación sostenible con énfasis en transición energética, considerando como energías alternativas una proyección de Paneles solares para la EDS.

4.2. Estado del arte

La ciudad de Bogotá D.C. ha sido un referente en materia de sostenibilidad energética debido a su crecimiento urbano, la implementación de nuevas tecnologías y la identificación de necesidades en materia ambiental. Por estas razones la Secretaría distrital de ambiente ha establecido una Guía de formulación de proyectos empresariales para la sostenibilidad energética, por medio de la cual, se han dimensionado tres (3) aspectos clave para la sostenibilidad energética (ver Tabla 1):

Tabla 1. Dimensiones de la sostenibilidad energética

Seguridad energética (Disponibilidad)	<ul style="list-style-type: none">✓ Propender a una gestión eficiente del servicio de energía primaria✓ Garantizar confiabilidad en la infraestructura energética✓ Proporcionar la capacidad para atender la demanda actual y futura
Equidad social (Democratización energética)	<ul style="list-style-type: none">✓ Proporcionar la accesibilidad a la energía para toda la población
Mitigación del impacto ambiental (Sostenibilidad)	<ul style="list-style-type: none">✓ Desarrollar mayor participación de fuentes energéticas renovables y otras neutras o bajas en emisiones de carbono

Fuente: adaptado de Alarcón et al. (2022) y Rojas (2015)

Por ser la capital de Colombia, Bogotá ha sido un ejemplo para otras ciudades en términos del manejo de la energía de forma sostenible, por lo que las dimensiones de la sostenibilidad energética relacionadas en la Tabla 1 deberían considerarse para todo el territorio nacional. Es por esta razón que, se plantea abordar la línea de mitigación del impacto ambiental.

Desarrollo de la sostenibilidad

Si bien en nuestro día a día se habla del calentamiento global, de reciclar, de energías renovables; no se han tomado acciones de alto impacto para cambiar la tendencia que no es halagüeña, la ciencia mediante símbolos como el “reloj del juicio” busca sensibilizar a todos los niveles de la sociedad, y no solo eso, también hablar de los “nueve límites planetarios” de los cuales hemos superado cinco, da el paso a que este tema deje de ser importante y tome la categoría de ser urgente, tomando como principio que como sociedad se atienden asuntos importantes sin dejar que lleguen a ser urgentes donde la zozobra, la angustia se desborden y no permitan que la capacidad de actuar sea metódica y organizada. El tema ha superado los límites conocidos que como cita la ONU a través de EFE News (2022), abordando la situación de posible penuria energética: “se limitará el uso de aparatos eléctricos individuales como teteras o cafeteras en las zonas comunes de cocina y se retirarán aparatos eléctricos “innecesarios”, como los frigoríficos individuales”. En este contexto el presente documento pretende llegar a ser constructor de un movimiento de todos sus lectores.

Por su parte, Colombia tiene una matriz energética relativamente rica tanto en recursos fósiles, como en fuentes no renovables, situación que podría representar aún más beneficios según lo encontrado en la ley 1715 aprobada en 2014, por la cual, el congreso de la república ofrecía incentivos fiscales para el uso de fuentes de energía alternativas (Alzate-Arias et al., 2018).

De acuerdo con Duque et al. (2021) en el documento “*Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*”, para

“2018 el país se encontraba muy rezagado en temas de fuentes de energía renovables no convencionales, ya que la energía hidráulica en un año promedio generaba entre el 65% y el 70% de toda la energía eléctrica que consume el país, y la energía la solar y eólica representaban sólo el 1%. En el país existe un parque eólico en la Guajira y una graja solar en el valle del Cauca”. (p. 16)

Entre tanto el país toma decisiones como “La ley 1955 de 2019 adoptó el plan nacional de desarrollo “*Pacto por Colombia, pacto por la equidad*” mejorando los incentivos tributarios establecidos por la ley 1715”. (Duque et al. (2021) p. 31)

Se han hecho esfuerzos políticos para ampliar la matriz energética y convertir a Colombia en un foco de inversión para que llegue a ser una potencia energética, como ya se ha expuesto en el presente documento desde el consejo mundial de energía, instituciones gubernamentales y otras fuentes de referencia, este territorio como ideal para el desarrollo de proyectos energéticos alternativos de alto impacto local con proyección mundial.

Entre tanto, Suárez & Mesa (2019), en el plan energético nacional 2020-2050 se refiere a:

“las fuentes no convencionales serán el factor democratizador del sector energético. La generación distribuida con fuentes fotovoltaicas y el almacenamiento de energía son disrupciones radicales en la cadena de valor, pues rompen con el paradigma de economías de escala del sector eléctrico” (p. 19).

Se ha hecho un robusto programa para dar mayor alcance a las tecnologías que se enfocan en mejorar la generación, distribución de la energía eléctrica y así asegurar la equidad para todo el territorio nacional. La matriz energética de uso final de la energía documentada por la UPME (ver Figura 5) nos ayuda a entender para el caso de la gasolinera que la energía se utiliza para apoyar directamente la fuerza motriz, que mueve literalmente la economía nacional; yendo más al detalle la matriz de usos finales del sector terciario enmarca los usos que se dan en el establecimiento (ver Figura 6).

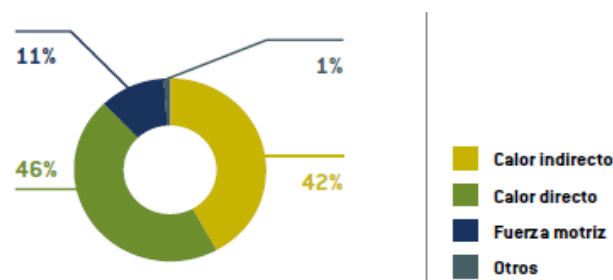


Figura 4. Caracterización usos finales en la industria

Fuente: Adaptado de Suárez & Mesa (2019)

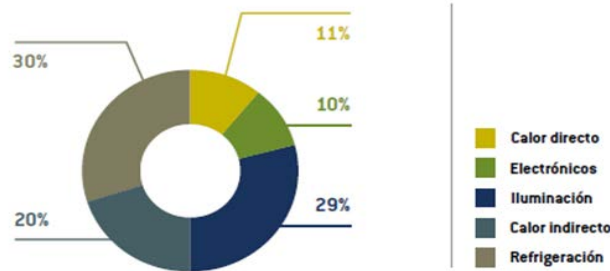


Figura 5. Caracterización usos finales en el sector terciario

Fuente: Adaptado de Suárez & Mesa (2019)

Marco legal

El presente proyecto de investigación se enmarca en la resolución 030 de 2018 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional (CREG, 2018).

Por otra parte, de acuerdo con Reyes Gil et al. (2023) contempla que:

“el marco institucional para el sector eléctrico en Colombia involucra varios organismos que se encargan de promover los incentivos. El encargado de diseñar las políticas en materia energética es el Ministerio de Minas y Energía. Por su parte, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) es la encargada de la planeación y el apoyo para la formulación de políticas públicas. Así mismo, la entidad encargada de regular el sector con el objetivo de asegurar la buena prestación del servicio es la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). De otro lado, la supervisión y el control del sector energético están a cargo de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y los aspectos judiciales a cargo de la Superintendencia de Industria y Comercio (Castaño & García, 2020)” (p. 5).

Alternativa de transformación energética: Paneles solares

Introducción

Los paneles solares se están convirtiendo rápidamente en una fuente importante de energía renovable en todo el mundo. Están emergiendo como un medio viable para reducir los costos y mejorar la eficiencia energética. La tecnología de paneles solares está desempeñando un papel cada vez más importante en la generación de electricidad renovable. Los avances recientes han permitido que los sistemas solares funcionen con mayor eficiencia, lo que significa que el volumen total de energía producida puede aumentar significativamente sin tener que invertir grandes cantidades de capital. Si bien los costos asociados con la instalación y mantenimiento de los sistemas solares son altos, es posible recuperar estas inversiones a largo plazo gracias a los ahorros generados por su uso.

Historia

Los paneles solares son una tecnología clave en la generación de energía renovable. Estos dispositivos convierten la energía solar en electricidad mediante la captación de la radiación solar y la conversión de la luz en energía eléctrica. La historia de los paneles solares se remonta a mediados del siglo XIX, cuando se descubrió el efecto fotoeléctrico, que es la base de su funcionamiento. Desde entonces, la tecnología de paneles solares ha evolucionado significativamente y se ha convertido en una fuente de energía cada vez más importante en todo el mundo.

De acuerdo con Saavedra & Ramos Bonilla (2016), el principio del efecto fotoeléctrico se descubrió en 1839, cuando el físico francés Edmond Becquerel descubrió que ciertos materiales eran capaces de producir electricidad cuando se exponían a la luz. En 1877, el físico alemán Heinrich Hertz descubrió que la luz podía generar una corriente eléctrica en un circuito eléctrico si se exponía a una superficie metálica adecuada. Sin embargo, estos descubrimientos no condujeron a una tecnología práctica para la generación de energía solar.

El verdadero avance en la tecnología de paneles solares se produjo en la década de 1950, cuando los investigadores estadounidenses empezaron a desarrollar dispositivos para la conversión de la energía solar en electricidad. En 1954, el equipo de investigación de Bell Labs liderado por los físicos estadounidenses Calvin Fuller, Gerald Pearson y Daryl Chapin desarrolló el primer panel solar moderno, que era capaz de convertir la luz solar en electricidad con una eficiencia del 6%. Este panel solar fue el primer dispositivo práctico para la generación de energía solar.

El primer uso importante de los paneles solares fue en el programa espacial de los Estados Unidos en la década de 1960. Los paneles solares se utilizaron para proporcionar energía a los satélites y otras naves espaciales, ya que eran capaces de generar energía de manera confiable y sin la necesidad de combustibles fósiles. Esto llevó a una mayor investigación y desarrollo en el campo de la energía solar, y para la década de 1970, los paneles solares se estaban utilizando cada vez más en aplicaciones terrestres.

Desde entonces, la tecnología de paneles solares ha evolucionado significativamente. La eficiencia de los paneles solares ha aumentado considerablemente, y los costos de producción han disminuido. Según la Agencia Internacional de Energía, los costos de los paneles solares han disminuido en un 90% desde 2010, lo que ha llevado a un aumento en la adopción de la tecnología de paneles solares en todo el mundo.

A medida que la tecnología de paneles solares ha evolucionado, también lo ha hecho su uso en todo el mundo. Los paneles solares se utilizan para proporcionar energía en una variedad de aplicaciones, desde la generación de energía eléctrica a gran escala hasta la alimentación de dispositivos electrónicos individuales. En todo el mundo, los paneles solares se están utilizando cada vez más como una fuente de energía limpia y renovable (Riaño et al., 2021).

En la actualidad, los paneles solares se utilizan para generar energía eléctrica a gran escala en todo el mundo. Según la Agencia Internacional de Energía, la capacidad instalada de

energía solar a nivel mundial alcanzó los 773 GW en 2020, lo que representa un aumento del 18% con respecto al año anterior (Cristancho & Ramírez, 2020). Los países líderes en la adopción de la energía solar son China, Estados Unidos, Japón y Alemania.

Además de su uso en la generación de energía eléctrica a gran escala, los paneles solares también se utilizan en aplicaciones de menor escala, como la alimentación de dispositivos electrónicos individuales. Los paneles solares portátiles, por ejemplo, se utilizan cada vez más para cargar teléfonos móviles y otros dispositivos mientras se está fuera de casa. También se están desarrollando paneles solares integrados en la ropa y otros objetos cotidianos, lo que podría permitir la generación de energía mientras se realiza una actividad normal (Lamigueiro, 2023).

A medida que la tecnología de paneles solares continúa evolucionando, se están investigando nuevas formas de aumentar su eficiencia y reducir su costo. Una de las áreas de investigación activa es el desarrollo de paneles solares de capa delgada, que utilizan materiales menos costosos que los paneles solares convencionales. También se están investigando nuevas tecnologías de almacenamiento de energía, como las baterías de iones de litio, que pueden permitir el uso de energía solar durante la noche y en días nublados.

La tecnología de paneles solares ha recorrido un largo camino desde su descubrimiento a mediados del siglo XIX. A medida que la tecnología ha evolucionado, los paneles solares se han convertido en una fuente cada vez más importante de energía renovable en todo el mundo. Con una mayor investigación y desarrollo, es probable que la tecnología de paneles solares siga mejorando en el futuro, lo que podría permitir una adopción aún mayor de la energía solar como fuente de energía limpia y renovable (Perlin, 1999).

En las últimas décadas, los avances en la tecnología de los paneles solares han permitido una mayor eficiencia en la conversión de energía solar en electricidad (Corkish, 2013). Los paneles solares actuales tienen una eficiencia típica del 16-20%, lo que significa que convierten el 16-20% de la energía solar que reciben en electricidad. Sin embargo, la

investigación en nuevas tecnologías, como las células solares de perovskita, han demostrado eficiencias de hasta el 25%.

Tipos de paneles solares

El perovskita es un tipo de material utilizado en células solares que tiene una estructura cristalina similar a la del mineral de perovskita. Los paneles solares de perovskita son más baratos de producir que los paneles solares convencionales y pueden tener una eficiencia similar o incluso superior. Sin embargo, su vida útil aún no está clara y se necesitan más investigaciones para garantizar su durabilidad (Park, 2015).

Además, se han desarrollado nuevas técnicas de fabricación de paneles solares que pueden reducir los costos de producción. Por ejemplo, la impresión de rollo a rollo permite la producción de paneles solares en grandes cantidades y a un costo menor que la producción de paneles solares convencionales. La impresión de rollo a rollo utiliza una impresora especializada para imprimir los materiales del panel solar en una tira larga de papel de aluminio o plástico. Esta técnica de producción en masa ha llevado a una reducción significativa de los costos de producción.

Otra área en la que se han realizado avances es en la integración de la energía solar en las redes eléctricas (Hansen et al., 2012). Los paneles solares se están utilizando cada vez más en sistemas de generación distribuida, donde la energía solar se produce en pequeñas instalaciones en la red eléctrica en lugar de en grandes centrales eléctricas. Esto permite una mayor penetración de la energía solar y una mayor estabilidad del sistema eléctrico. Además, la tecnología de almacenamiento de energía, como las baterías de iones de litio, se está utilizando cada vez más para almacenar la energía solar durante los períodos de baja producción y permitir una mayor utilización de la energía solar durante todo el día según (Corkish, 2013).

Los avances en la tecnología de paneles solares incluyen el desarrollo de nuevos materiales, como las células solares de perovskita, la impresión de rollo a rollo para una producción más barata, y la integración de la energía solar en las redes eléctricas a través de sistemas de generación distribuida y tecnologías de almacenamiento de energía. Todos estos avances prometen un futuro más brillante y sostenible para la energía solar y las energías renovables en general.

Aplicaciones de Paneles solares en Colombia

De acuerdo con la investigación de Rojas et al. (2017), se encontró que la implementación de sistemas fotovoltaicos (FV) en zonas rurales de Colombia, específicamente en Arbeláez, Cundinamarca, representa una alternativa viable por la independencia energética y la energía de buena calidad que es posible generar a través de los sistemas FV. Esto se pudo demostrar a través de una medición realizada en el estudio, donde a partir de jun/2016 la demanda de energía se presentó constante y la producción del sistema FV fue suficiente para suplir la necesidad de energía del usuario (17kWh día), lo que permitió salir del sistema eléctrico nacional. También, la investigación permitió comprender que, el uso de la red eléctrica a partir de sistemas FV tiene restricción en los días que no se presente adecuada irradiación solar para cargar el banco de baterías, tema que deberá ser tenido en cuenta para en los territorios donde se proyecte la implementación de paneles solares.

Caso de estudio

Teniendo en cuenta lo descrito en el apartado 1.3, para abordar el caso de estudio se deberán contemplar los criterios de auditoría a la facturación de energía eléctrica, la cual, según García Sanz-Calcedo et al. (2011) se basa en verificar las condiciones contractuales con la compañía operadora, comprobando la potencia de contratación a la realmente consumida, para determinar la potencia que requerirá el sistema de generación de energía fotovoltaica.

En línea con lo anterior, consultando en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, mediante el “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” se identificó que Cúcuta tiene intensidad de radiación 4,5 a 5 kWh/m², además tiene el brillo solar ente 5 y 6 horas al día (IDEAM, 2023) - ver Figura 4; por tal razón, se podrían desarrollar procesos de energía fotovoltaica con seguridad, aportando al cuidado del medio ambiente e impactando positivamente la matriz energética nacional.

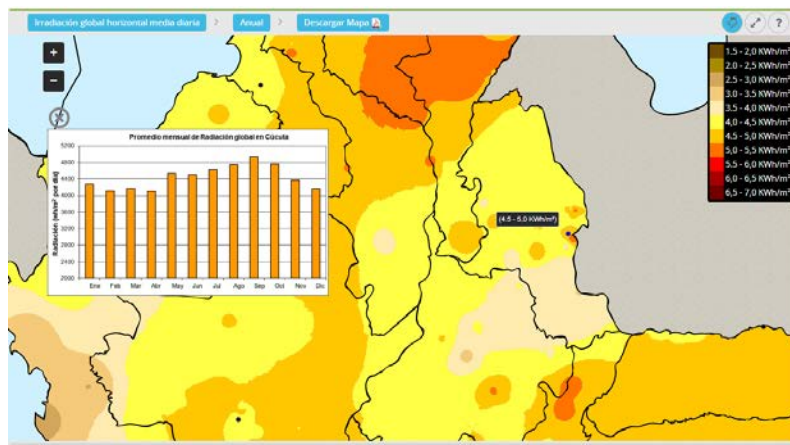


Figura 6. Promedio mensual de radiación global en Cúcuta

Fuente: Adaptado de IDEAM (2023)

En línea con lo anterior y tomando como referencia el estudio realizado por Saiz Jiménez et al. (2017), los paneles solares que se utilizarían en la presente investigación se colocarían con un ángulo de 30° para obtener los mejores resultados en términos de generación de energía eléctrica. A continuación, se presenta un esquema ejemplo tomado de la investigación mencionada:

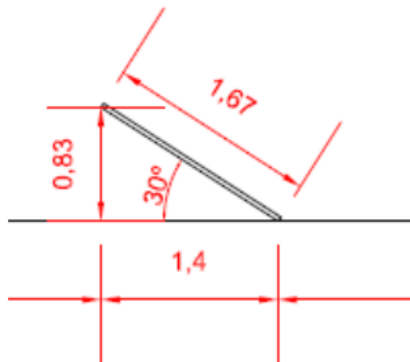


Figura 7. Ángulo de inclinación tipo para paneles solares

Fuente: adaptado de Saiz Jiménez et al. (2017)

5. METODOLOGÍA

5.1. Enfoque, alcance y diseño de la investigación

De acuerdo con el planteamiento del problema en el numeral 1, y considerando lo descrito por Hernández et al. (2014), el diseño de la investigación es de tipo No Experimental, teniendo en cuenta la categoría de Transeccionales o transversales con características específicas de Recolección de datos en un único momento para un estudio correlacional, es decir, que será enfocado para analizar en una organización (EDS Bogotá JJH SAS – Cúcuta). Lo anterior, se aduce a que la investigación efectivamente requiere de la recolección de información secundaria para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos trazados, así como el objetivo principal en términos de transformación sostenible. Se realizará en tres fases: *la primera* buscará caracterizar el sistema de suministro de energía a través de analizar los consumos y los costos de la energía eléctrica, *la segunda* caracterizará la producción de energía eléctrica mediante el sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución de la empresa de energía, *la tercera* brindará un boceto de los costos de los componentes (Otálora et al., 2019).

La investigación parte de la observación, la recolección de datos, tabulación, análisis para el planteamiento inicial a la estación de servicio, de esta manera también se sigue el planteamiento de Ramírez et al. (2017), que lleva a ser concluyentes y asertivos para la comunidad y en nuestro caso para la EDS.

Los costos para la implementación de paneles solares y así aumentar la matriz energética han sido expuestos por Ortiz et al. (2012)

"El Plan Energético Nacional 2006-2025, se refiere a este tema planteando algunos factores que resultan decisivos para el uso de sistemas de generación y energización dentro de los que se encuentran: “los subsidios a los combustibles, costos de infraestructura del transporte y almacenamiento de combustibles sufragados por el

público, disponibilidad de financiación para proyectos de bajo costo inicial, ausencia de cobros o penalidades por impactos ambientales y posiblemente la resistencia al cambio” (Martínez, 2007)”. (p. 63)

5.1.1. Definición de variables

La variable principal, que se medirá en la presente investigación será la energía eléctrica (EE), la cual, se expresa en unidades de Kilovatios (kW). También, se tendrá en cuenta como variable el costo en pesos colombianos asociado al consumo de energía eléctrica (kWh) que, a su vez, será clave para proyectar los beneficios del sistema de energía fotovoltaica.

Variables:

Costos de instalación: El costo total de la instalación de paneles solares en el local comercial, incluyendo la adquisición de los paneles, inversores, baterías y otros componentes necesarios para el funcionamiento del sistema.

Generación de energía: La cantidad de energía eléctrica generada por el sistema de paneles solares en un periodo determinado de tiempo, cuenta con la unidad de medida en kilovatios (kW), (Jutglar, 2012).

Consumo de energía: La cantidad de energía eléctrica consumida por el local comercial en un periodo determinado de tiempo. cuenta con la unidad de medida en kilovatios por hora (kWh).

Ahorro de energía: La cantidad de energía eléctrica que se deja de consumir al utilizar el sistema de paneles solares en comparación con el consumo de energía eléctrica convencional (Westreicher, 2020).

Retorno de inversión: El retorno de inversión (ROI) es un indicador financiero que se utiliza para medir la rentabilidad de una inversión. En el caso de la instalación de paneles solares, el ROI se refiere al tiempo que tarda la inversión en generación de energía en recuperarse a sí misma a través de los ahorros en la factura de electricidad. Es decir, es el tiempo necesario para que los ahorros en la factura de electricidad cubran el costo inicial de la inversión en la instalación de paneles solares.

5.1.2. Definición conceptual

A continuación, se presenta la definición conceptual de las variables y los datos relevantes asociados a la presente investigación:

Energía eléctrica: Según REPSOL, (2023) Es un tipo de energía que consiste en el movimiento de los electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, lo cual permite la generación de la corriente eléctrica (párr. 2)

Kilovatio: Según planas (2015), un Kilovatio (kW) es una unidad de potencia de uso corriente, equivalente a 1000 vatios (W).

Según la literatura de "Energía solar fotovoltaica: Fundamentos, tecnología y aplicación" de Luis Antonio Bastidas se define el kilovatio como una unidad de medida de potencia que se utiliza para expresar la capacidad de producción de energía eléctrica de una instalación solar fotovoltaica (Bastidas, 2015). Según el autor, el kilovatio es una unidad importante en el diseño y la evaluación de sistemas fotovoltaicos, ya que permite determinar la cantidad de energía que se puede generar en un determinado período de tiempo (Bastidas, 2015).

Además, el libro de Bastidas también explica cómo se relaciona el kilovatio con otras unidades de medida de la energía eléctrica, como el kilovatio-hora (kWh). El autor señala que el kilovatio-hora se utiliza para expresar la cantidad de energía eléctrica que se ha consumido o producido en un período de una hora (Bastidas, 2015). Así, si una instalación

solar fotovoltaica tiene una capacidad de 5 kilovatios y funciona durante una hora, habrá producido 5 kilovatio-horas de energía eléctrica.

Costos de instalación: El costo de instalación se refiere al monto de dinero necesario para la adquisición e instalación de los paneles solares en el local comercial.

Generación de energía: La generación de energía se refiere a la cantidad de energía eléctrica producida por el sistema de paneles solares en un periodo de tiempo determinado, medida en kilovatios-hora (kWh).

Consumo de energía: El consumo de energía se refiere a la cantidad de energía eléctrica utilizada por el local comercial en un periodo de tiempo determinado, medida en kilovatios-hora (kWh).

Ahorro de energía: El ahorro de energía se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se deja de consumir al utilizar el sistema de paneles solares en comparación con el consumo de energía eléctrica convencional.

Retorno de inversión: La inversión en la instalación de paneles solares se refiere al costo total de adquisición e instalación de los paneles solares en el local comercial. Por otro lado, el ahorro en la factura de electricidad se refiere al dinero que se ahorra en la factura de electricidad como resultado de la generación de energía a través de los paneles solares instalados.

Costo unitario de prestación del servicio de energía eléctrica (cu): De acuerdo con la resolución 161 CREG (2008):

“Es el costo económico eficiente de prestación del servicio de energía eléctrica al usuario regulado, expresado en pesos por kilovatio hora (\$/kWh) que resulta de aplicar la Fórmula Tarifaria General establecida en la presente resolución, y que

corresponde a la suma de los costos eficientes de cada una de las actividades de la cadena eléctrica”. (R. CREG - 161- 2008; Art 3)”

5.1.3. Definición operacional

A continuación, se presenta la definición operacional de las variables y los datos relevantes asociados a la presente investigación:

Costos de instalación: Se calculará el costo total de la instalación de paneles solares, incluyendo el precio de compra de los paneles, inversores, baterías y otros componentes necesarios, así como los costos de mano de obra para la instalación y el cableado del sistema.

Generación de energía: Se medirá la cantidad de energía eléctrica producida por el sistema de paneles solares en un periodo de tiempo determinado, utilizando un medidor de energía. Los datos serán registrados y analizados para determinar la cantidad de energía eléctrica generada por el sistema en kWh.

Consumo de energía: Se medirá la cantidad de energía eléctrica consumida por el local comercial en un periodo de tiempo determinado, utilizando un medidor de energía. Los datos serán registrados y analizados para determinar la cantidad de energía eléctrica consumida por el local comercial en kWh.

Ahorro de energía: Se comparará la cantidad de energía eléctrica generada por el sistema de paneles solares con la cantidad de energía eléctrica consumida por el local comercial en un periodo de tiempo determinado. La diferencia entre estas cantidades será considerada como el ahorro de energía eléctrica obtenido mediante el uso del sistema de paneles solares.

Retorno de inversión:

La inversión en la instalación de paneles solares se medirá a través del costo total de adquisición e instalación de los paneles solares en el local comercial. El ahorro en la factura de electricidad se medirá a través del cálculo de la diferencia entre la factura de electricidad previa a la instalación de paneles solares y la factura de electricidad posterior a la instalación de paneles solares.

5.1.4. Población y muestra

La estación de gasolina EDS Bogotá JJH SAS se constituye como la principal fuente de los datos utilizados para la investigación. Dicho local comercial funciona principalmente con el suministro de servicios como agua y energía, y su operación se concentra principalmente en el mercado de la venta de gasolina. Así mismo, el enfoque de la investigación está orientado al análisis de los consumos de energía eléctrica, por lo que es primordial conocer estos indicadores a través de las facturas de Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS S.A. E.S.P, compañía que suministra dicho servicio al local comercial.

Es importante comprender la importancia de la estación de servicio en el contexto de la investigación y cómo su análisis puede brindar información valiosa para el desarrollo del estudio.

La estación de gasolina seleccionada representa un caso particular de estudio que permite examinar aspectos específicos relacionados con su funcionamiento, rendimiento y características operativas. Al centrarse en esta estación en particular, se pueden obtener datos detallados y relevantes que ayuden a comprender y analizar el impacto de variables específicas en la operación de la estación de servicio.

La investigación se enfoca en realizar un análisis cuantitativo sobre el servicio de energía eléctrica en la estación de gasolina seleccionada. Se busca recopilar datos numéricos relacionados con diferentes aspectos de este servicio con el objetivo de obtener información precisa y detallada sobre su funcionamiento y rendimiento.

La estación de gasolina cuenta con un sistema de suministro de energía eléctrica que es crucial para el funcionamiento de sus equipos, como las bombas de combustible, la iluminación, los sistemas de seguridad, entre otros. El análisis se centrará en recopilar datos relacionados con el consumo de energía eléctrica, la demanda energética en diferentes momentos del día, los costos asociados al servicio eléctrico, y cualquier otra variable relevante para comprender y evaluar la eficiencia y efectividad del servicio de energía eléctrica en la estación.

El estudio correlacional se enfoca en identificar y analizar las relaciones entre diferentes variables sin establecer una relación de causa y efecto. En el caso de la estación de gasolina, se pueden explorar correlaciones entre variables como el precio del combustible y el volumen de ventas, la ubicación de la estación y el flujo de clientes, el horario de operación y la demanda de combustible, entre otros factores relevantes. Estas correlaciones pueden proporcionar información valiosa para comprender cómo ciertos factores influyen en el desempeño y la rentabilidad de la estación de servicio.

El análisis cuantitativo se centra en recopilar y analizar datos numéricos relacionados con el servicio de energía eléctrica en la estación de gasolina. Este enfoque permitirá obtener información objetiva y detallada sobre el rendimiento y eficiencia del servicio, identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización, y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos asociados al suministro de energía eléctrica.

5.2. Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Para abordar la problemática de la instalación de paneles solares en un local comercial, se propone utilizar una combinación de métodos e instrumentos de recolección de información que permitan obtener datos precisos y completos sobre los patrones de consumo eléctrico, la percepción y actitud de los usuarios del local hacia la instalación de paneles solares, así como la eficiencia y efectividad de la implementación de la energía solar fotovoltaica en el local comercial.

En primer lugar, se obtendrán los datos directamente de los consumos de energía de la EDS registrados en las facturas, y así crear el perfil sobre los patrones de consumo eléctrico en el local comercial. Entrevistando al propietario se obtendrá información de los horarios de mayor demanda, los equipos o áreas del local que más energía consumen. Para garantizar la validez y confiabilidad de los datos obtenidos, se podrían utilizar escalas de medición estandarizadas y previamente validadas en la literatura científica.

Para complementar la información cuantitativa, se podría utilizar una técnica cualitativa como la entrevista semiestructurada con los propietarios o administradores del local comercial. Esta técnica permitiría obtener información más detallada y enriquecedora sobre la percepción y actitud de los usuarios hacia la instalación de paneles solares, así como sus expectativas, preocupaciones y sugerencias para mejorar la eficiencia energética del lugar. Las entrevistas podrían llevarse a cabo en persona o de forma virtual, y se podrían registrar y transcribir para un análisis posterior. Para asegurar la confidencialidad y la privacidad de los participantes, se podrían seguir las pautas éticas establecidas en la investigación cualitativa, como obtener el consentimiento informado y proteger la identidad de los participantes.

Adicionalmente, se usa la observación directa como otra técnica cualitativa para recolectar información sobre el comportamiento de los usuarios del local comercial en relación con la instalación de paneles solares. La observación directa permitiría a los investigadores obtener datos sobre la utilización de la energía eléctrica en el local, la eficiencia de los paneles solares en la generación de energía, y la adhesión de los usuarios a las prácticas de ahorro energético. Para ello, se van a utilizar formatos de observación previamente diseñados o adaptados a las características del local comercial en estudio, y se registran los datos como el consumo energético en distintos momentos del día, la utilización de los paneles solares, y las prácticas de uso de la energía por parte de los usuarios.

Con el fin de abordar el tema de investigación acerca de la instalación de paneles solares en un local comercial, para nuestro caso una estación de gasolina en la ciudad de Cúcuta, se propone utilizar una combinación de métodos e instrumentos de recolección de información que incluyan análisis de registros y facturas de energía, instalación y monitoreo de medidores de energía, análisis de datos históricos y observación directa. Estos métodos permitirían obtener datos cuantitativos y cualitativos que permitan un análisis completo y riguroso de la situación. El análisis de registros y facturas de energía puede proporcionar información valiosa sobre los patrones de consumo a lo largo del tiempo, los costos asociados y las fluctuaciones en la demanda. La instalación y monitoreo de medidores de energía permitirá obtener datos precisos sobre el consumo de energía en la estación de gasolina (Estos dispositivos se pueden instalar en diferentes equipos y circuitos para medir el consumo en tiempo real y registrar datos de manera continua). Por último, la observación directa brindaría datos concretos sobre el comportamiento real de los usuarios en relación con la generación y uso de energía solar en el local.

Al utilizar una combinación de métodos e instrumentos de recolección de información, se obtendría una visión integral de la problemática de la instalación de paneles solares en el local comercial, permitiendo identificar posibles áreas de mejora, identificar patrones de consumo eléctrico y entender la percepción de los usuarios hacia la energía solar. Los hallazgos de esta investigación son utilizados para informar la toma de decisiones en la implementación de energía solar fotovoltaica en locales comerciales, brindando datos basados en evidencia para mejorar la eficiencia energética y promover prácticas sostenibles en el sector comercial.

5.3. Técnica de análisis de datos

El análisis de datos cuantitativos registrados por la empresa comercializadora de energía a través del medidor instalado en la propiedad de la Estación de Servicio (EDS) es una parte fundamental de la investigación. Estos datos son obtenidos mediante medidores certificados y calibrados de acuerdo con estándares internacionales, específicamente en el Nivel 1:

Sistemas con tensión nominal menor a 1 kV, según lo establecido en el Reglamento de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, 2008), lo que garantiza su confiabilidad y precisión en el estudio a desarrollar. Los datos registrados se organizan en base a los meses cronológicos, la cantidad de energía activa utilizada representada en kilovatios hora (kWh) y su valor en pesos colombianos (COP).

El análisis de estos datos se hace utilizando técnicas de estadística descriptiva. Se realiza un estudio de tendencia del periodo analizado, que permite identificar patrones de consumo eléctrico a lo largo del tiempo. Se calcula el promedio del periodo analizado, lo que brinda una medida central de la cantidad de energía utilizada en el establecimiento. Además, se determina la media de los meses de mayor consumo eléctrico, lo que permite identificar los periodos de mayor demanda energética en el establecimiento. Asimismo, se realiza un análisis de correlación entre las variables de consumo de energía y otros posibles factores, lo que ayudará a identificar posibles relaciones o dependencias entre las variables.

Los datos organizados que se obtienen son los siguientes:

1. Meses causados organizados cronológicamente.
2. La cantidad de energía activa utilizada representada en kilovatios hora (kWh).
3. Valor en pesos colombianos (COP).

Una vez obtenidos los resultados del análisis de datos cuantitativos, se procederá a la segunda fase del estudio, que consiste en el análisis de la cantidad de energía mensual requerida por el establecimiento y las opciones de paneles solares disponibles en el mercado. Este análisis permite determinar la cantidad de energía que se puede generar a partir de paneles solares y evaluar la viabilidad de esta tecnología como una alternativa sostenible para cubrir parte o la totalidad de las necesidades energéticas del local comercial. Se utilizan gráficos de líneas de tendencia, gráficos de dispersión y gráficos de columnas para visualizar de manera clara y comprensible el comportamiento energético del establecimiento a lo largo del tiempo y las posibles opciones de paneles solares.

Adicionalmente, en la tercera fase del análisis, se evalúan los costos asociados a la tecnología de paneles solares disponibles en el mercado. Esto incluye no solo el costo inicial de adquisición e instalación de los paneles solares, sino también los costos de operación, mantenimiento y posibles reparaciones. Se realiza un análisis de costo-beneficio, considerando tanto los beneficios económicos derivados de la generación de energía solar como los costos asociados a la implementación y operación de la tecnología. Este análisis permite evaluar la viabilidad financiera de la implementación de paneles solares en el local comercial y determinar si representa una opción económicamente viable en comparación con otras fuentes de energía.

El estudio completo de los datos cuantitativos registrados por la empresa comercializadora de energía, junto con el análisis de tendencia, el cálculo del promedio del periodo analizado, la identificación de los meses de mayor consumo eléctrico y la evaluación de las opciones de paneles solares en el mercado permite obtener una visión integral del comportamiento energético del establecimiento comercial. Esto brinda información valiosa para tomar decisiones estratégicas en términos de eficiencia energética, sostenibilidad y costos operativos. La implementación de paneles solares como fuente de energía renovable puede representar una oportunidad para reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales, disminuir los costos de electricidad a largo plazo y contribuir a la mitigar los efectos del cambio climático.

Para concluir, el análisis de datos cuantitativos, junto con el uso de técnicas estadísticas y el análisis de costo-beneficio, son herramientas poderosas para evaluar la viabilidad de la implementación de paneles solares en establecimientos comerciales de cualquier nivel, con este estudio podríamos incluso en investigaciones posteriores, generar una herramienta que logre parametrizar los dispositivos y sus consumos respectivos, para lograr obtener el análisis, viabilidad, ROI, entre otros, de manera rápida y eficiente.

5.4. Análisis y discusión de los resultados

Para obtener los resultados, se realizó un análisis basado en un intervalo de tiempo de 1 año, desde enero de 2022 hasta diciembre de 2022. La empresa de energía de Cúcuta comercializa el servicio ya que es la única, haciendo el sistema vulnerable, como lo expresa Ramos Sanz (2020):

“La mayor diversificación de la matriz energética no atiende solo a la disminución de los GEI, sino que contribuye a disminuir el riesgo del sistema energético de un país; la incorporación de fuentes energéticas de diversos orígenes garantiza el suministro energético para una sociedad” (p. 115).

El costo del kWh brinda el primer insumo para analizar, a continuación, se presentan las siguientes consideraciones:

Se presenta un aumento acumulado del 17,46% y mantiene la tendencia en el tiempo, convirtiéndose en una variable de relevancia para la operación del negocio, como lo podemos analizar en la figura 8 “proyección del costo kWh/mes”, donde se marca el incremento desde el mes de mayo y alcanzando su punto máximo en el mes de octubre.

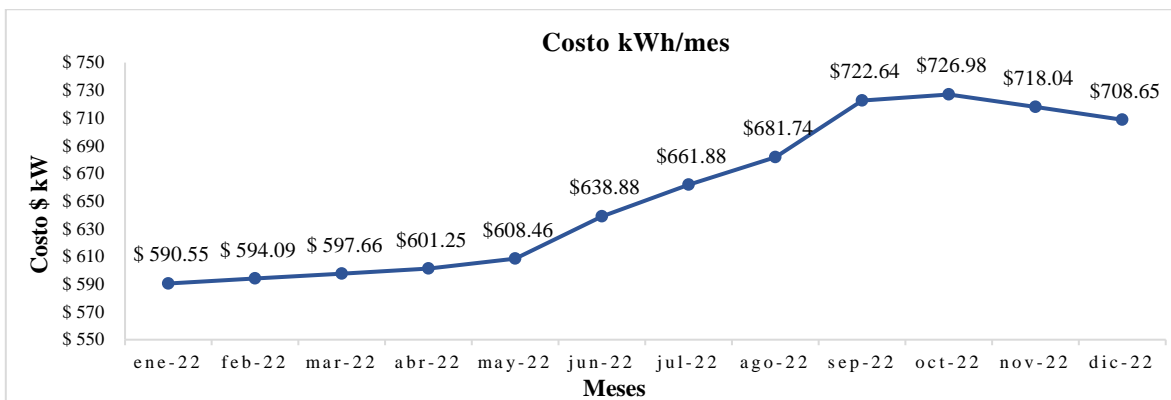


Figura 8. Proyección del costo kWh / mes
Fuente propia

El consumo de energía eléctrica por parte de la instalación tiene un comportamiento que permite evidenciar el aumento de consumo en los meses de agosto y septiembre como se

evidencia en la figura 9 “Consumo de energía eléctrica” ya que la potencia instalada se aumenta por trabajos temporales realizados y luego de octubre a enero se percibe el aumento por la temporada decembrina y el alumbrado que se utiliza como estrategia de fidelización para los clientes.

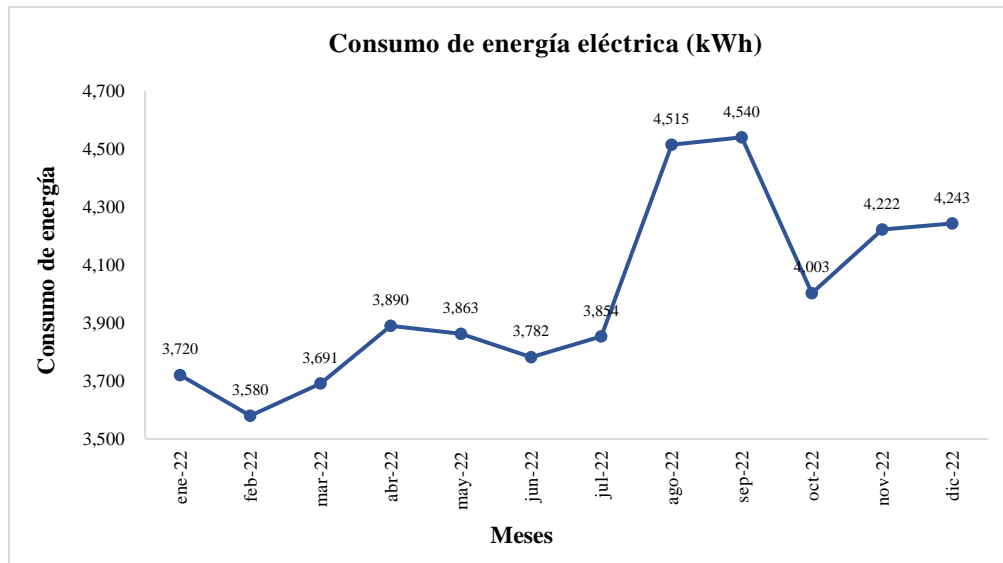


Figura 9. Consumo de energía eléctrica
Fuente propia

El costo total de la energía ha incrementado, aunque se han aplicado estrategias de ahorro durante la operación para reducir el consumo, el costo del kWh ha permanecido en aumento y no permite evidenciar la reducción en el costo a final de mes, se puede ver el costo de la energía en la figura 10, que muestra el comportamiento del año 2022.

Por otra parte, en términos de garantizar la demanda de energía, es importante precisar que, Cúcuta es una ciudad con potencial solar, característica que una opción viable en materia de factibilidad económica, y que ha sido verificada a través de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), así como la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (Contreras et al., 2018; Vides Prado et al., 2018).

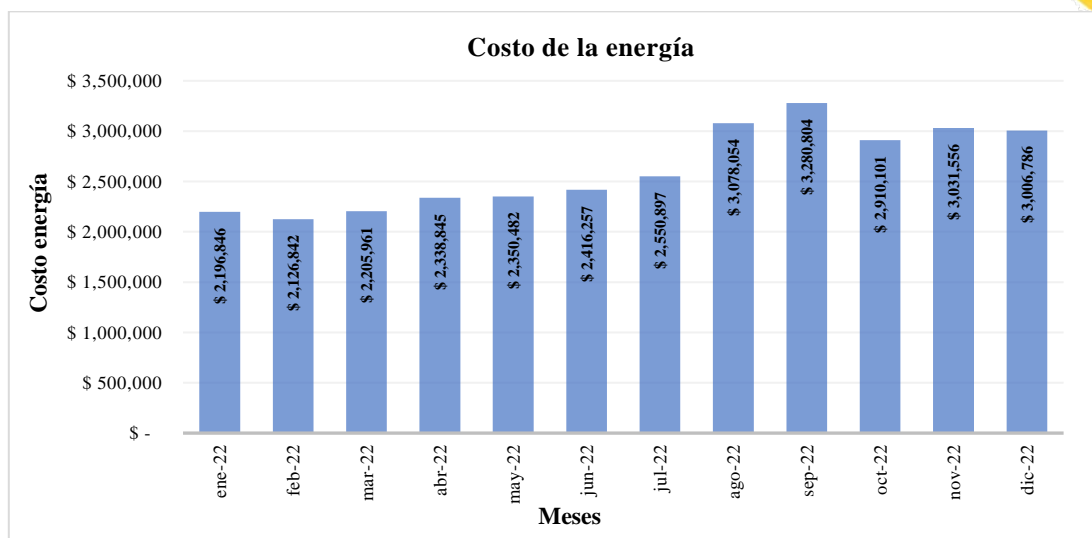


Figura 10. Costo de la energía mensual
Fuente propia

5.4.1. Análisis cualitativo según datos recolectados 2022

Tabla 2. Datos recolectados año 2022

Datos recolectados 2022					
Mes	kW	\$ Factura	\$ kW	Consumo KW/h diario	% Aumento respecto al mes anterior
1	3.720	\$ 2.196.846	\$ 590,55	5,17	0,6
2	3.980	\$ 2.126.842	\$ 594,09	5,53	0,6
3	3.691	\$ 2.205.961	\$ 597,66	5,13	0,6
4	3.890	\$ 2.338.845	\$ 601,25	5,40	0,6
5	3.863	\$ 2.350.482	\$ 608,46	5,37	1,2
6	3.782	\$ 2.416.257	\$ 638,88	5,25	5,0
7	3.854	\$ 2.550.897	\$ 661,88	5,35	3,6
8	4.515	\$ 3.078.054	\$ 681,74	6,27	3,0
9	4.540	\$ 3.280.804	\$ 722,64	6,31	6,0
10	4.003	\$ 2.910.101	\$ 726,98	5,56	0,6
11	4.222	\$ 3.031.556	\$ 718,04	5,86	-1,2
12	4.243	\$ 3.006.786	\$ 708,65	5,89	-1,3
Promedios	4.025	2.624.453	654,23	5,59	1,6

Fuente propia

Al analizar la tabla cualitativamente, se pueden observar algunas tendencias y patrones en el consumo de energía eléctrica en una estación de gasolina en la ciudad de Cúcuta, lo que nos permitirá realizar una proyección para el año 2023. A continuación, se destacan algunas características importantes:

- **Tendencia general de aumento:** En general, se puede observar un aumento progresivo en el consumo de energía eléctrica a lo largo del año. A excepción de los meses de noviembre y diciembre, donde se registra una ligera disminución, el consumo mensual tiende a aumentar de manera constante.
- **Variaciones mensuales:** Existen fluctuaciones en el consumo de energía eléctrica de un mes a otro. En algunos meses, como junio y septiembre, se observan aumentos significativos en el consumo, mientras que, en otros meses, como noviembre y diciembre, se registra una ligera disminución.
- **Consumo diario promedio:** El consumo diario promedio se mantiene en un rango aproximado de 590 a 730 kilovatios hora (kWh). En algunos meses, como agosto y septiembre, se observa un aumento considerable en el consumo diario promedio.
- **Incremento porcentual:** Se registra un incremento porcentual constante del 0.6% en el consumo de energía eléctrica en la mayoría de los meses. Sin embargo, en mayo se presenta un incremento del 1.2% y en junio un aumento notable del 5%.

Estos patrones cualitativos en el consumo de energía eléctrica en la estación de gasolina sugieren que existe una tendencia al alza en el consumo a lo largo del año, con fluctuaciones mensuales y variaciones notables en algunos meses. Este análisis cualitativo proporciona una visión general de los patrones de consumo de energía en la estación de gasolina, lo cual es

relevante para comprender los requerimientos energéticos y formular estrategias de transformación sostenible en el marco del proyecto en mención.

5.4.2. Análisis cuantitativo según datos recolectados 2022

Al realizar un análisis cuantitativo de la tabla de datos recolectados para el periodo 2022 se pueden obtener conclusiones sobre el consumo de energía eléctrica en la estación de gasolina.

Consumo total anual: El consumo total de energía eléctrica durante el año 2022 en la estación de gasolina fue de 48.303 kilovatios hora (kWh). Esta cifra representa la suma de todos los consumos mensuales registrados.

Consumo promedio mensual: El consumo promedio mensual de energía eléctrica en la estación de gasolina osciló entre 3,691 kWh (marzo) y 4,540 kWh (septiembre), con un promedio anual de aproximadamente 4,025 kWh.

Consumo promedio diario: El consumo promedio diario de energía eléctrica en la estación de gasolina osciló entre 5.13 kWh (marzo) y 6.31 kWh (septiembre), con un promedio anual de 5.59 kWh.

Variaciones mensuales: Las variaciones más altas en el consumo mensual se observaron entre los meses de junio y julio, donde hubo un aumento significativo de 122 kWh. Asimismo, los meses de noviembre y diciembre mostraron una disminución de 19 kWh en comparación con el mes anterior.

Costo promedio mensual: El costo promedio mensual de la factura de energía eléctrica varió entre \$2'126.842 (febrero) y \$3'280.804 (septiembre). El costo promedio anual fue de \$2'624.453.

Aumento porcentual mensual: El aumento porcentual mensual en el consumo de energía eléctrica se mantuvo constante en 0.6% para la mayoría de los meses. Sin embargo, en mayo se registró un aumento del 1.2% y en junio un notable incremento del 5%.

Estos hallazgos cuantitativos proporcionan una visión más precisa del consumo de energía eléctrica en la estación de gasolina durante el año 2022. Los datos permiten identificar las variaciones mensuales, los consumos promedio y los costos asociados, lo cual es esencial para evaluar la viabilidad de implementar estrategias de transformación sostenible y estimar el presupuesto necesario para la transición energética en el marco del proyecto planteado.

5.4.3. Proyección consumo 2023 sin el sistema de energía solar

La tabla "Proyección aumento de costo x KW y consumo variable sin el sistema de energía solar 2023" ofrece una visión detallada de los costos y el consumo de energía eléctrica proyectados para el año 2023 en ausencia de un sistema energía solar. Esta proyección permite evaluar el impacto económico y energético que tendría la falta de implementación de fuentes de energía renovable en un determinado contexto.

Tabla 3. Proyección aumento costo y consumo sin el sistema año 2023

Proyección aumento de costo x KW y consumo variable sin el sistema de energía solar 2023					
Mes	kW	Total Factura	Valor kW	Consumo KW/h diario	% Aumento respecto al mes anterior
Enero	4,097	\$ 2,925,679.00	\$ 714.10	5.69	0.8
Febrero	3,508	\$ 2,536,673.00	\$ 723.11	4.87	1.3
Marzo	2,917	\$ 2,146,804.00	\$ 735.96	4.05	1.8
Abril	4,123	\$ 3,066,387.03	\$ 743.66	5.73	1.0
Mayo	4,018	\$ 3,036,979.96	\$ 755.93	5.58	1.7
Junio	3,895	\$ 2,992,543.01	\$ 768.21	5.41	1.6
Julio	3,970	\$ 3,098,256.65	\$ 780.49	5.51	1.6
Agosto	4,741	\$ 3,758,329.12	\$ 792.77	6.58	1.6
Septiembre	4,631	\$ 3,728,025.54	\$ 805.05	6.43	1.5
Octubre	4,203	\$ 3,435,356.39	\$ 817.33	5.84	1.5
Noviembre	4,391	\$ 3,642,709.18	\$ 829.61	6.10	1.5
Diciembre	4,370	\$ 3,679,290.34	\$ 841.89	6.07	1.5
Promedios	4,072	3,170,586	775.68	5.66	1.4

Fuente adaptado de CENS (2022)

El análisis de la tabla revela que tanto los costos por kilovatio (KW) como el consumo variable presentan un incremento a lo largo del año. En términos económicos, esto implica que los usuarios enfrentarán mayores gastos en concepto de energía eléctrica a medida que avance el año. Este aumento progresivo de los costos puede tener un impacto significativo en los presupuestos, así como en las finanzas de las empresas y organizaciones.

Para finalizar, tabla muestra claramente la tendencia al alza de los costos en ausencia de una fuente de energía renovable. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar e implementar soluciones sostenibles, como la generación distribuida con conexión a la red, que no solo contribuyen a la reducción de costos, sino también a la mitigación del impacto ambiental y a la transición hacia una matriz energética más limpia y sostenible.

5.4.4. Proyección consumo 2023 con el sistema de energía solar

Tabla 4. Proyección aumento costo y consumo con el sistema año 2023

Proyeccion aumento de costo x KW y consumo variable con el sistema de energía solar 2023					
Mes	kW	Total Factura	Valor kW	Consumo KW/h diario	% Reduccion respecto a proyeccion sin el sistema
Enero	2,485	\$ 1,774,549.92	\$ 714.10	5.69	39.3
Febrero	1,896	\$ 1,371,022.87	\$ 723.11	4.87	46.0
Marzo	1,305	\$ 960,436.39	\$ 735.96	4.05	55.3
Abril	2,397	\$ 1,782,486.30	\$ 743.66	5.57	41.9
Mayo	2,396	\$ 1,811,343.65	\$ 755.93	5.57	40.4
Junio	3,038	\$ 2,334,181.71	\$ 768.21	6.46	22.0
Julio	3,064	\$ 2,391,588.58	\$ 780.49	6.49	22.8
Agosto	2,591	\$ 2,054,193.65	\$ 792.77	5.84	45.3
Septiembre	2,694	\$ 2,169,164.07	\$ 805.05	5.98	41.8
Octubre	2,843	\$ 2,323,794.18	\$ 817.33	6.19	32.4
Noviembre	2,801	\$ 2,323,505.03	\$ 829.61	6.13	36.2
Diciembre	2,737	\$ 2,303,963.87	\$ 841.89	6.04	37.4
Promedios	2,521	\$ 1,966,685.85	775.68	5.74	38.39
Diferencia proyeccion SIN/CON	1,551	\$ 1,203,900.25		Promedio Ahorro	40.0

Fuente: adaptado de CENS (2022)

Tabla 5. Análisis hora solar pico Cúcuta 2018

Análisis hora solar pico Cúcuta 2018	
Enero	5,03
Febrero	5,13
Marzo	4,71
Abril	5,09
Mayo	5,47
Junio	5,47
Julio	5,48
Agosto	5,81
Septiembre	6,18
Octubre	5,58
Noviembre	5,25
Diciembre	4,76
Promedio	5,33

Fuente propia

Tabla 6. Cálculos energía generada con hora solar pico Cúcuta

KW Panel	Hora solar Pico	Total Diario KW/h	Total Hora KW
10.08	5.33	53.73	2.24

Fuente propia

5.4.5. Análisis cualitativo con el sistema de energía solar

- **Reducción significativa en el consumo de energía:** Se observa una disminución considerable en el consumo de energía eléctrica en comparación con la proyección sin el sistema solar. Los valores de kW y el consumo diario de kW/h son notablemente más bajos en todos los meses. Esto indica que la implementación del sistema de

energía solar generara una reducción en el consumo de energía en la estación de gasolina.

- **Ahorro económico significativo:** La columna "Total Factura" de la Tabla 3 muestra el ahorro económico obtenido al utilizar el sistema de energía solar. Los valores son considerablemente inferiores en comparación con la proyección sin el sistema solar. Esto indica que el uso de energía solar ha ayudado a reducir los costos de electricidad de manera significativa.
- **Porcentaje de reducción consistente:** La columna "% Reducción respecto a proyección sin el sistema" de la Tabla 3 muestra el porcentaje de reducción en el consumo de energía en comparación con la proyección sin el sistema solar. Se observa que hay una reducción promedio mensual de 38.4%. Esto indica que el sistema de energía solar será consistente en su capacidad para disminuir el consumo de energía.
- El valor por kW aumenta cada mes, lo que sugiere que el costo unitario de la electricidad fluctuara o aumentara a lo largo del año. Sin embargo, la disminución luego de la implementación seguirá siendo de alrededor de 40%, lo que confirma la ventaja económica de utilizar energía solar. El sistema fotovoltaico como lo menciona Ruiz H. Q. et al. (2022) es “más beneficioso debido a que aporta al cuidado del medio ambiente, asimismo, es una tecnología que está en crecimiento acelerado y no genera costos de mantenimiento y consumo, salvo los generados en adquisición de materiales e instalación.” (p. 43).

El análisis cualitativo de la información nos muestra que la implementación del sistema de energía solar en la estación de gasolina puede ser muy provechosa, ya que lograría reducir de manera significativa tanto el consumo de energía eléctrica de la red, como los costos asociados, demostrando una eficiencia constante (Ladino Peralta, 2011). Adicionalmente, estudios como el de Salamanca-Ávila (2017), demuestran que las implementaciones de

sistemas de energía solar fotovoltaica son exitosas en otras ciudades de Colombia como Bogotá, incluso con radiaciones menores a las de Cúcuta. Estos resultados respaldan la estrategia de sostenibilidad y transformación energética propuesta para la estación de gasolina en Cúcuta, Colombia. Además, diversificar la matriz energética de Colombia contribuye al desarrollo de comunidades que no están interconectadas, González-Montoya et al. (2018) destaca:

“La necesidad de proveer soluciones energéticas sostenibles para las zonas no interconectadas de Colombia, dependiendo de los recursos renovables disponibles en cada zona, supone un desafío respecto al análisis de viabilidad técnico-económica de las alternativas de solución a través de las microrredes” (p. 72).

5.4.6. Análisis cuantitativo con el sistema de energía solar

- El consumo estimado de energía eléctrica en kilovatios (kW) muestra una variación mensual a lo largo del año, con valores que oscilan entre 1,305 kW en marzo y 3,064 kW en julio, lo que indica una reducción de 1,551 W en promedio mensual.
- El total de la factura también varía mensualmente, con montos que van desde \$960,436.39 en marzo hasta \$2'391,588.58 en julio, lo que indica una reducción de 1'203.900.25 W en promedio mensual.
- El consumo diario en kilovatios hora (KW/h) varía entre 4.05 KW/h en marzo y 6.49 KW/h en julio, reflejando el patrón estacional de consumo eléctrico, sin embargo, al generar un promedio de 2.23KW/h diarios, en concordancia con los cálculos de la hora solar pico promedio en Cúcuta se ve reflejada la reducción de 39% en el consumo diario.
- El porcentaje de reducción respecto a la proyección sin el sistema de energía solar oscila entre 22.0% en junio y 46.0% en febrero, con un promedio anual de 38%

aproximadamente, lo que indica las reducciones significativas en el consumo de electricidad debido a la generación solar.

5.4.7. Otros análisis con respecto al sistema

Costos:

- **Reducción de costos iniciales:** La eliminación de las baterías reduce significativamente los costos iniciales de instalación del sistema de energía solar. Las baterías suelen ser una de las partes más costosas del sistema y prescindir de ellas permite un ahorro considerable.
- **Menor mantenimiento:** Las baterías requieren un mantenimiento periódico, lo que implica costos adicionales a lo largo del tiempo. Al no contar con baterías, se reduce la necesidad de mantenimiento, lo que contribuye a una disminución en los costos a largo plazo.

Ventajas:

- **Mayor eficiencia energética:** Al eliminar las baterías, el sistema de energía solar se convierte en un sistema de generación conectado a la red eléctrica. Esto permite que la energía generada por los paneles solares se utilice directamente en el momento de su producción, evitando las pérdidas asociadas al almacenamiento y posterior uso de la energía almacenada en las baterías.
- **Menor espacio requerido:** Las baterías ocupan espacio adicional en comparación con un sistema sin baterías. Al prescindir de las baterías, se reduce la necesidad de espacio de almacenamiento, lo que puede resultar ventajoso en casos donde el espacio es limitado.

Desventajas:

- Dependencia de la red eléctrica:** Sin baterías, el sistema de energía solar depende totalmente de la red eléctrica para suministrar energía durante los períodos en los que no se está generando suficiente energía solar (por ejemplo, durante la noche o en días nublados). Esto implica que, si hay interrupciones en el suministro eléctrico, el sistema de energía solar no podrá abastecer la demanda de energía de manera independiente (B. J. Ruiz & Rodríguez-Padilla, 2006).

Propuesta técnico-económica de instalación de los paneles solares

Cronograma propuesto para las obras civiles

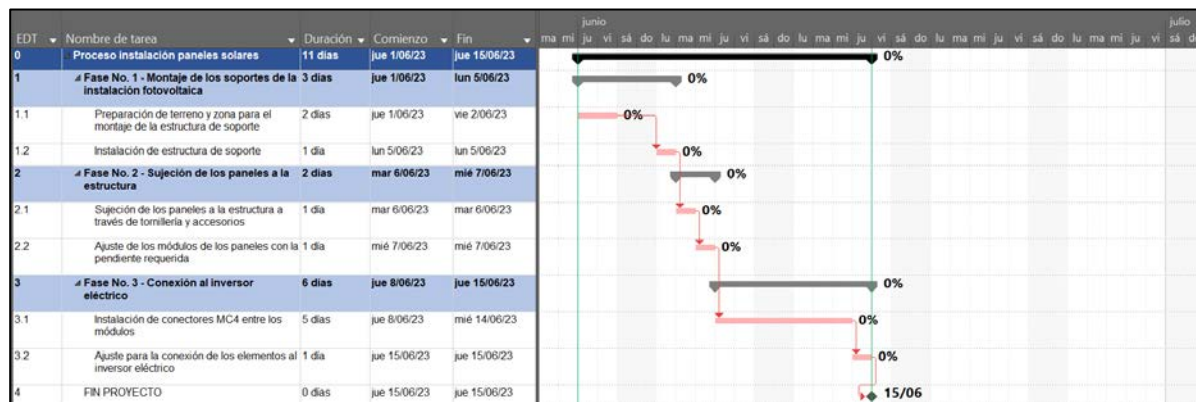


Figura 11. Cronograma propuesto obras civiles instalación paneles solares

Fuente propia

Presupuesto propuesto para las obras civiles

Tabla 7. Presupuesto para obras civiles de la instalación de paneles solares

EDT	Nombre de tarea	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
0	Proceso instalación paneles solares	-			
1	Fase No. 1 - Montaje de los soportes de la instalación fotovoltaica	-			\$ 1.600.000,00
1.1	Preparación de terreno y zona para el montaje de la estructura de soporte	m2	2	\$ 700.000,00	\$ 1.400.000,00
1.2	Instalación de estructura de soporte	Und	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
2	Fase No. 2 - Sujeción de los paneles a la estructura	-			\$ 2.400.000,00
2.1	Sujeción de los paneles a la estructura a través de tornillería y accesorios	Und	24	\$ 50.000,00	\$ 1.200.000,00
2.2	Ajuste de los módulos de los paneles con la pendiente requerida	Und	24	\$ 50.000,00	\$ 1.200.000,00
3	Fase No. 3 - Conexión al inversor eléctrico	-			\$ 2.000.000,00
3.1	Instalación de conectores MC4 entre los módulos	Und	5	\$ 200.000,00	\$ 1.000.000,00
3.2	Ajuste para la conexión de los elementos al inversor eléctrico	Und	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
				Total	\$ 6.000.000,00

Fuente propia

Costo

Sistema de generación de energía ON GRID (conectado a la red) de 10 kWh \$ 42'608.376 el IVA es aplicado al ítem de instalación (15.8 % del costo final) El sistema aplica a beneficios tributarios consignados en las Leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021, tales como compra de equipos sin IVA, devolución del 50% de la inversión por medio de la renta con un plazo hasta 15 años para descuento y depreciación acelerada. Así mismo el sistema queda vinculado a la red según la resolución CREG 030 donde se compartirá energía eléctrica con la red.

Tabla 8. Estimación de costos

Descripción	Valor
Costo Kit solar	\$ 42,608,376
Obra civil	\$ 6,000,000
Instalación y puesta en marcha	\$ 2,000,000
Costo total del sistema	\$ 50,608,376
IVA	\$ 1,520,000
Costo total del sistema + IVA	\$ 52,128,376
ROI en meses	43.30
ROI en años	3.61

Fuente propia

Retorno de la inversión; actualmente la empresa tiene un promedio de consumo de 4025 kW mes a un valor promedio por kW/h de \$ 654.23 para el año 2022, es decir pagos mensuales promedio de \$ 2'624.453, se proyecta un aumento mensual en el costo por KW/h de alrededor de 1.4% lo que representa un valor promedio mensual de \$3'170.586.

En un ahorro esperado mínimo de 40% promedio proyectado para el año 2023 (\$ 1'203.000) el retorno de la inversión se dará en 43.3 meses (3.6 años) sin contar con los beneficios tributarios a los que tiene derecho.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio de investigación sobre el sistema de generación distribuida con conexión a la red ha arrojado importantes hallazgos que están alineados con el problema planteado y los objetivos de la investigación. A partir del análisis exhaustivo de los resultados, respaldado por referencias académicas relevantes, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, se ha demostrado que la implementación de un sistema de generación distribuida con conexión a la red es una solución efectiva para reducir los costos de electricidad a mediano y largo plazo. Los cálculos y análisis realizados han evidenciado una disminución significativa en el consumo de energía proveniente de la red eléctrica, lo cual se traduce en ahorros económicos sustanciales.
- La ausencia de baterías en el sistema ha mostrado ser una ventaja en términos de costos. Al eliminar la necesidad de adquirir, mantener y reemplazar baterías, se reduce considerablemente la inversión inicial y los gastos continuos de operación y mantenimiento. Esto hace que la implementación del sistema sea más accesible y rentable para los propietarios.
- La posibilidad de devolver el exceso de energía generada a la red eléctrica también ha sido un aspecto relevante. Esto no solo contribuye a una mayor independencia energética, sino que también genera beneficios económicos adicionales al generar créditos y compensaciones que se traducen en una reducción adicional de los costos de electricidad.
- La discusión teórica respalda la viabilidad y eficacia de la generación distribuida con conexión a la red. Según las referencias académicas consultadas, esta forma de generación de energía contribuye a la disminución de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) y a la reducción de la dependencia de fuentes de energía

convencionales. Además, en términos de sostenibilidad, la generación distribuida permite aprovechar de manera más eficiente los recursos energéticos renovables disponibles, como la radiación solar en el caso específico de este estudio.

- Los resultados obtenidos respaldan la adopción y promoción de sistemas de generación distribuida con conexión a la red como una solución efectiva para reducir los costos de electricidad y avanzar hacia una matriz energética más sostenible. Estos sistemas ofrecen beneficios económicos, ambientales y energéticos significativos, y representan una oportunidad para lograr una transformación sostenible en el sector energético.
- El sistema de generación distribuida con conexión a la red ha demostrado ser una solución rentable y sostenible para reducir los costos de electricidad a largo plazo. Los cálculos y análisis realizados respaldan esta afirmación, mostrando una disminución significativa en el consumo de energía de la red y un aumento correspondiente en la generación de energía solar.
- La capacidad de devolver el exceso de energía generada a la red eléctrica proporciona una ventaja adicional en términos económicos. Esto permite generar créditos y compensaciones que contribuyen a reducir aún más los costos generales de electricidad.
- El análisis de la hora solar pico en la ubicación específica de Cúcuta, Colombia, revela la importancia de aprovechar al máximo los momentos de mayor radiación solar. Esto maximiza la producción de energía y optimiza el rendimiento del sistema (EFIMARKET, 2018).
- La implementación exitosa de un sistema de generación distribuida con conexión a la red requiere considerar los costos de conexión y cumplir con los marcos regulatorios

correspondientes. Esto asegura una integración adecuada con la infraestructura eléctrica existente.

- A pesar de depender de la red eléctrica, el sistema de generación distribuida sigue siendo una opción sostenible y eficiente. Contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuye la dependencia de fuentes de energía convencionales.
- Es fundamental tener en cuenta la tendencia al aumento de los costos variables por kilovatio-hora (kWh) a lo largo del tiempo. Esto destaca aún más la importancia de la generación de energía solar como una alternativa rentable y de ahorro a largo plazo.
- La implementación exitosa del sistema requiere una evaluación integral de los aspectos técnicos, económicos y normativos. Esto garantiza la compatibilidad y el cumplimiento de los requisitos locales y optimiza el rendimiento del sistema.
- Los análisis cuantitativos y cualitativos respaldan la viabilidad y los beneficios económicos y ambientales de la generación distribuida con conexión a la red. Esta alternativa ofrece ahorros a largo plazo, promueve la sostenibilidad y maximiza la utilización de la energía solar disponible.
- Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la adopción y promoción de sistemas de generación distribuida con conexión a la red como una opción efectiva para reducir los costos de electricidad y fomentar la transición hacia una matriz energética más sostenible. Estos sistemas ofrecen beneficios económicos, ambientales y energéticos significativos, posicionándolos como una solución clave para abordar los desafíos actuales relacionados con la energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D., & Sarli, A. C. (2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, 21, 15–30.
https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Edificaciones+sostenibles%3A+estrategias+de+investigaci%C3%B3n+y+desarrollo&btnG=
- Aguas Kpital. (2022). *Ruta del agua*. <https://catedradelagua.eiscucuta.com.co/>
- Alarcón, L., Baracaldo, P., Manrique, J., & Burbano, A. (2022). *Guía de formulación de proyectos empresariales para la sostenibilidad energética*.
<https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/2917160/GUIA+DE+LA+SO+STENIBILIDAD+ENERG%C3%89TICA+COMPLETA.pdf/022101d3-1c74-45a8-a5bf-6fda14a032dd>
- Alzate-Arias, S., Jaramillo-Duque, alvaro, Villada, F., & Restrepo-Cuestas, B. (2018). Assessment of Government Incentives for Energy from Waste in Colombia. *Sustainability*, 10(4), 1294. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su10041294>
- Bastidas, L. (2015). *Energía solar fotovoltaica: Fundamentos, tecnología y aplicación* (Omega, Ed.).
- Contreras, W., Galban, M. G., & Sepúlveda, S. B. (2018). Análisis estadístico de la radicación solar en la ciudad de Cúcuta. *Scielo*, 12(1909–8367), 1–7.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-83672018000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Corchuelo, A. (2018). *Índice de ciudades modernas de Colombia*.
https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/SMART%20CITIES/2018/1_Indice%20Ciudades%20Modernos_ACORCHUELO.pdf?
- Corkish, R. (2013). Encyclopedia of Energy. *Reference Reviews*, 5, 545–557.
<https://doi.org/10.1108/RR-06-2013-0152>

CREG. (2018, February 26). *Resolución No. 030 de 2018* (030 de 2018). Ministerio de Minas y Energía.

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/\\$FILE/Creg030-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/$FILE/Creg030-2018.pdf)

Cristancho, S., & Ramírez, L. (2020). UNIVERSIDAD LIBRE UN CAMINO A LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL: PERSPECTIVA DE LA EDUCACIÓN Y LA INGENIERIA. In *Un camino a la sustentabilidad ambiental: Perspectiva de la educación y la Ingeniería* (pp. 35–47). Universidad Libre Socorro.

https://www.researchgate.net/profile/Leila-Ramirez/publication/352279821_Libro_No3_Un_Camino_a_la_Sustentabilidad/links/60c176f2299bf1949f447e2a/Libro-No3-Un-Camino-a-la-Sustentabilidad.pdf#page=35

Duque, I., Mesa, D., Lutero, M., & Sandoval, S. (2021). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*.

<https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/enlace-legado-transicion-energetica/>

EFE News. (2022, December 16). La ONU en Ginebra toma medidas de ahorro ante posible penuria energética: CRISIS ENERGÉTICA. *EFE News Service*.

<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/wire-feeds/la-onu-en-ginebra-toma-medidas-de-ahorro-ante/docview/2754842074/se-2?accountid=34925>

EFIMARKET. (2018, March 1). ¿Qué es la Hora Solar Pico (HSP), para qué sirve y cómo calcularla? <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>

Factura de energía CENS mes septiembre-2022, (2022) (testimony of Centrales eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P).

Fundación Wiese. (2023, February). *¿Qué es la sostenibilidad ambiental y cómo impacta en nuestras vidas?* <https://www.fundacionwiese.org/blog/es/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-como-impacta-en-nuestras-vidas/>

- García Sanz-Calcedo, J., Cuadros, F., & López Rodríguez, F. (2011). La auditoría energética: Una herramienta de gestión en atención primaria. *Gaceta Sanitaria*, 25(6), 549–551. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.04.007>
- Gaviria, S., Orozco, T., Santamaria, M., & Gómez, H. (2014). *Misión sistema de ciudades, una política nacional para el sistema de ciudades colombiano con visión a largo plazo*.
https://osc.dnp.gov.co/administrator/components/com_publicaciones/uploads/Misin_Sistema_de_Ciudades.pdf
- Gobierno colombiano. (1998, August 4). *Decreto 1521 de 1998*.
https://www.andi.com.co/Uploads/Decreto_1521_de_1998.pdf
- González-Montoya, D., Ramos-Paja, C. A., Potosí-Guerrero, B. A., Henao-Bravo, E. E., & Saavedra-Montes, A. J. (2018). Análisis de factibilidad técnico-económico de microrredes que integran celdas de combustible en zonas no interconectadas de Colombia. *TecnoLógicas*, 21(43), 71–89. <https://doi.org/10.22430/22565337.1057>
- Gro Harlem Brundtland. (1987). *Our common future: Report of the 1987 World Commission on Environment and Development*.
- Hansen, R., Smith, K., & Piatt, J. (2012). The impact of solar photovoltaic generation on US electric utility system operations. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 3, 187–193.
- Hernández, R., Fernández, C. P., & Baptista, L. (2014). Diseño metodología cuantitativa. In *Metodología de la investigación* (sexta edición). McGraw-Hill.
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- IDEAM. (2023, March). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*.
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Jutglar, L. (2012). Generación de energía solar fotovoltaica (Marcombo, Ed.).
<https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=iktOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=generaci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+fotovoltaica&ots=pc4yDX94Wj>

&sig=V4JU291z-

v86ezbxvxNK7ycD55o&redir_esc=y#v=onpage&q=generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20fotovoltaica&f=false

Ladino Peralta, R. E. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Pontificia Universidad Javeriana.

<http://hdl.handle.net/10554/1085>

Lamigueiro, O. P. (2023). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*.

<https://github.com/oscarperpinan/esf>

Martínez, H. (2007). Plan energético nacional 2006-2025.

https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Plan_energetico_nacional_2006-2025_ESP.pdf

Ortiz Motta, D. C., Aguilar, J. S., & Aguirre, E. H. (2012). Una revisión a la reglamentación e incentivos de las energías renovables en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 20(2), 55–67.

<https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rfce.2164>

Otálora, L., Gil, S., Vargas, G., & Díaz, J. (2019). Aprovechamiento de la energía solar para el área académica de la escuela de aviación policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red. *Logos, Ciencia & Tecnología*, 11, 46–59. <https://doi.org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.22335/rfct.v11i2.446>

Park, N. G. (2015). Perovskite solar cells: An emerging photovoltaic technology. In *Materials Today* (Vol. 18, Issue 2, pp. 65–72). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.07.007>

Perlin, J. (1999). *From space to earth: The story of solar electricity*.

Ramírez, E. B. R., Siabato, A. I. B., & Orduz, M. G. (2017). Análisis técnico, socioeconómico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia. *Revista de*

Investigación Agraria y Ambiental, 8(1), 239–248.

<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/análisis-técnico-socioeconómico-y-ambiental-de-la/docview/1955990670/se-2?accountid=34925>

Ramos Sanz, A. I. (2020). Determinación de emisiones GEI en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios. *Revista de Arquitectura* (Bogotá, Colombia). <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2752>

Resolución CREG No. 097 de 2008, (2008).

<http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/indice01/resolucion-2008-creg097-2008>

Resolución CREG No. 119 de 2007, Pub. L. No. 119 (2007).

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2>

Resolución. CREG No. 161 de 2008; (2008)

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/734deec84e462430525785a007a70f3/\\$FILE/Creg161-2008.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/734deec84e462430525785a007a70f3/$FILE/Creg161-2008.pdf)

REPSOL. (2023, March 29). ¿Qué es la energía eléctrica?

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-electrica/index.cshtml#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%3F,->

[Tiempo%20de%20lectura&text=La%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20es%20un,generar%20la%20llamada%20corriente%20el%C3%A9ctrica.](https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-electrica/index.cshtml#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20es%20un,generar%20la%20llamada%20corriente%20el%C3%A9ctrica.)

Reyes Gil, R. E., Hoyos, Á. T., Piñeros, M. C., & Buitrago, J. P. D. (2023). Análisis de Políticas Públicas para la adopción de Energías Renovables No Convencionales en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 19(36).

<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/análisis-de-políticas-públicas-para-la-adopción/docview/2780556805/se-2>

- Riaño, C., Florez, E., & Peña, C. (2021). Sizing of Hybrid Photovoltaic-Wind Energy Systems Based on Local Data Acquisition. *Ingeniería y Ciencia*, 17(33), 121–150.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17230/ingciencia.17.33.6>
- Rodríguez, L. (2022, May 13). *El crecimiento urbano en las últimas tres décadas en Colombia y sus nuevas perspectivas*. <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/el-crecimiento-urbano-en-las-ultimas-tres-decadas-en-colombia-y-sus-nuevas-perspectivas#:~:text=Para%202050%20de%20acuerdo%20con,Observatorio%20del%20Sistema%20de%20Ciudades>
- Rojas, I., Morales, C., Acuña, H., & Arévalo, C. (2017). Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 169–182.
<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/sistema-h%C3%ADbrido-fotovoltaico-fv-con-interacci%C3%B3n/docview/1955987485/se-2?accountid=34925>
- Rojas, J. (2015). La Sostenibilidad energética. *GEGESTI - Éxito Empresarial*, 289, 1–2.
http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_289_150615_es.pdf
- Ruiz, B. J., & Rodríguez-Padilla, V. (2006). Renewable energy sources in the Colombian energy policy, analysis and perspectives. *Energy Policy*, 34(18), 3684–3690.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.08.007>
- Ruiz, H. Q., Zuñiga, C. C., Cruz, J. D. R. de la, Chávez, R. H., & Abanto, S. E. S. (2022). Generación de un sistema fotovoltaico como alternativa para la red de distribución eléctrica tradicional. *Aporte Santiaguino*, ág. 43-56.
<https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.840>
- Saavedra, Y. G. B., & Ramos Bonilla, M. A. (2016). El experimento del efecto fotoeléctrico para la comprensión del concepto de cuantización de la energía de la

radiación. *Gondola : Enseñanza Aprendizaje de las Ciencias*, 11(2).

<https://doi.org/https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a2>

Saiz Jiménez, J. Á., Molina, P. B., Molina Palomares, M. P., & Valenzuela, B. Á. (2017). INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DE AUTOCONSUMO PARA PEQUEÑAS INSTALACIONES. APLICACIÓN A UNA NAVE INDUSTRIAL. *3C Tecnología*, 6(1), 14.

<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/instalaciones-solares-fotovoltaicas-de/docview/1888088158/se-2>

Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Scielo*, 3, 1–15.

<http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>

Strong, M. (1972, June). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA*. Conferencia de Estocolmo.

http://www.pnuma.org/sociedad_civil/grupos_principales.php

Suárez, M., & Mesa, D. (2019). *Plan energético Nacional 2020-2050*.

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf

Vides Prado, A., Ojeda Camargo, E., Vides Prado, C., Herrera, I., Chenlo, F., Candelo-Becerra, J., & Barrios Sarmiento, A. (2018). Techno-economic feasibility analysis of photovoltaic systems in remote areas for indigenous communities in the Colombian Guajira. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4245–4255.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.101>

Westreicher, G. (2020, August 1). Ahorro energético.

World Energy Council. (2022). *Trilema energético*.

<https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Colombia&year=2022>