

**Estrategias para la transformación energética mediante la implementación de paneles  
solares para estaciones de servicio de combustibles en Barranquilla.**

Elaborado por:

Wilson Eduardo Nova Parra

Universidad EAN

Especialización en gerencia de proyectos

Seminario de Investigación Especialización

Bogotá

30/11/2023

## Resumen

Colombia enfrenta un desafío significativo en lo que respecta al suministro de energía confiable y de alta calidad en la región caribe colombiana. Un ejemplo de estas dificultades se encuentra en el sector comercial de distribución de combustibles en Barranquilla, Atlántico. Para abordar esta problemática, se está llevando a cabo un estudio de viabilidad técnica con el objetivo de implementar fuentes de energía renovable, específicamente paneles solares. Dado que Barranquilla goza de una ubicación geográfica propicia, dispone gran parte del año de energía solar, una de las fuentes más abundantes y respetuosas con el medio ambiente. La idea principal es aprovechar este recurso de energía solar mediante la instalación de paneles solares para garantizar un suministro constante de energía en comercios dedicados a la venta y distribución minorista de combustibles. Esto, a su vez, contribuirá a mejorar la calidad de los servicios que se prestan al público y facilitar las actividades operativas de los propietarios de las estaciones de servicio.

*Palabras clave:* Paneles Solares, recursos energéticos, energía solar, consumo eléctrico, cambio climático.

## Problema de Investigación

En un escenario de creciente conciencia ambiental y transición hacia fuentes de energía más sostenibles, alineado con las iniciativas del Gobierno Nacional de Colombia se busca impulsar por medio de fomento y garantía la generación de energía proveniente de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER. (Congreso de Colombia, 2023, Proyecto de Ley 320). Vincular metodologías renovables como la energía solar ha representado una opción atractiva para disminuir la dependencia de combustibles fósiles y reducir la huella de carbono, iniciativas alineadas al acuerdo de París, una convención global donde 195 países abordaron el cambio climático, los efectos en el planeta y la sociedad durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) en 2015. (ONU, 2015) En este contexto, las estaciones de servicio de combustibles desempeñan un papel importante como puntos de abastecimiento de vehículos, pero también generan un impacto significativo en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y consumo energético.

En la ciudad de Barranquilla, Colombia, donde la demanda de energía eléctrica está en constante aumento (Redacción Economía, 2023) y la infraestructura energética tradicional enfrenta desafíos de sostenibilidad, la contribución de fuentes de energía no tradicionales, como la solar, no tiene un impacto relevante en la matriz energética. En el año 2022, en promedio, esta fuente representó solo un 0,6% de la generación total de energía, siendo la energía solar la que contribuyó en mayor medida. (Mojica y Figueroa, 2023) Es crucial evaluar la viabilidad técnica de implementar paneles solares en las estaciones de servicio de combustibles. Este estudio no solo contribuirá a la adopción de fuentes de energía más limpias, sino que también proporcionará información valiosa para la toma de decisiones informadas por

parte de las empresas y autoridades locales en su búsqueda de un futuro energético más sostenible.

La transición energética en Colombia ha sido un proceso gradual impulsado por la necesidad de diversificar la matriz energética, mejorar la sostenibilidad ambiental y fortalecer la seguridad energética del país. La ley 1715 de 2014 establece las bases para la promoción de las energías renovables no convencionales (ERNC) en Colombia, con el objetivo de fomentar la inversión en proyectos de generación de energía solar, eólica, biomasa y otras fuentes limpias. Establece metas de incorporación de ERNC en la matriz energética y define los mecanismos para su promoción y desarrollo. (Congreso de Colombia, 2014, Ley 1715, Artículo 1).

Igualmente, el plan nacional de desarrollo 2022-2026 establece objetivos y estrategias para la transición energética en Colombia, incluyendo la meta de aumentar la participación de las energías renovables en la matriz energética nacional. (Plan Nacional de Desarrollo, 2022) Se busca diversificar las fuentes de generación y reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

De acuerdo con el Informe Perspectiva Sectorial – Energía, actualidad del sector energético colombiano:

Para enero del año 2023 la capacidad efectiva neta de generación eléctrica fue de 18.777 MW, de los cuales 66,8% corresponden a energía hidráulica, el 30,5% a energía térmica (Mojica y Figueroa, 2023, p.2). Se proyecta en conjunto con el plan energético nacional 2020-2050 contar con una capacidad energética instalada de 42.709 MW. Donde el 43,2% correspondería a las fuentes de generación no convencionales de energía renovable (FRNC), 37,4% a la generación de energía hidráulica y el 19,2% a la generación de energía térmica. Con esto se lograría obtener aumento en la capacidad efectiva neta total de 23.740 MW con respecto al presente año. (Mojica y Figueroa, 2023, p.3).

Según la proyección de demanda de energía eléctrica realizada por la (UPME) unidad de planeación minero energética de Colombia para el año 2022 se registró un consumo promedio de 85.336 GW/h y a 5 años para el 2027 se proyecta aumente el consumo eléctrico a 97.934 GW/h.

El seguimiento a la demanda por áreas 2020-2023 refleja la mayor participación de la demanda comercial de la región caribe en 2022 la cual fue del 27,16%, las proyecciones de la demanda regional por año en GW/h será la más alta del país y se mantendrá en aumento hasta 2037 (UPME, 2023).

En la región caribe, la ciudad de Barranquilla con un clima soleado la mayor parte del año, le otorga un potencial significativo para la generación de energía solar. La ciudad ha estado trabajando en la implementación de proyectos de energía solar y eólica como parte de su esfuerzo por diversificar su matriz energética y reducir su impacto ambiental. Los parques solares y eólicos contribuyen a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables. (Alcaldía de Barranquilla, 2021)

El informe de gestión de Air-e empresa de servicios públicos domiciliarios que comercializa y distribuye energía eléctrica en los departamentos de Atlántico establece que a cierre de del periodo 2021 en el departamento del atlántico cuenta con 673.202 clientes y usuarios, (Air-E S.A.S. E.S.P., 2021) abarcando diversos sectores, incluyendo residencial, comercial, industrial y de servicios. El sector residencial representa una parte significativa del consumo total debido al número de hogares y la demanda eléctrica asociada. Además, el sector comercial e industrial también contribuye de manera importante al consumo energético debido a las actividades económicas que se desarrollan en la ciudad.

Es importante considerar que el consumo energético puede variar a lo largo del año debido a factores como la estacionalidad, las condiciones climáticas y la actividad económica. Las tendencias de consumo energético están influenciadas por factores socioeconómicos, cambios en la tecnología y la adopción de prácticas más eficientes en el uso de la energía.

La adopción de la energía solar como fuente de suministro eléctrico para estaciones de servicio de combustibles en la ciudad de Barranquilla es un desafío que busca integrar tecnologías sostenibles en un entorno que es dependiente de la infraestructura eléctrica pública y tradicionalmente ha estado orientado hacia el consumo y la distribución de combustibles fósiles. Actualmente la segmentación en el mercado se enfoca en los pequeños consumidores (896.621) hogares en estratos 1, 2 y 3 quienes en promedio tienen un consumo de 150,09 kWh mes. La estrategia de provisión del servicio de suministro eléctrico incluye a clientes comerciales de alto consumo (63.061) entre lo que se encuentran las estaciones de servicio de distribución de combustibles y que tienen un consumo promedio de 1.350 kWh mes. (Air-E S.A.S. E.S.P., 2021)

Determinar el consumo energético es esencial para establecer el tamaño y la capacidad del sistema de paneles solares necesario para cubrir parte o la totalidad de las operaciones donde se tienen demandas energéticas significativas como es el funcionamiento de bombas de combustible, sistemas de iluminación y equipos de servicio para despacho de combustibles. La implementación de paneles solares que permitan la generación y autoconsumo en estaciones de servicio de combustible enfrenta limitantes que van desde la inversión inicial, la eficiencia e integración en la infraestructura existente y la necesidad de concienciación pública, para esto será necesario una combinación de innovación tecnológica, políticas de apoyo y esfuerzos de educación para aprovechar plenamente los beneficios de esta fuente de energía renovable y lograr una transición efectiva.

¿Cuáles son los principales factores que influyen en la implementación de sistemas de paneles solares como fuente de energía renovable en estaciones de servicio de combustible?

### **Objetivo general.**

Desarrollar estrategias para la implementación de paneles solares como fuente de energía renovable en estaciones de servicio de combustibles de Barranquilla y contribuir al desarrollo eficiente y sostenible.

### **Objetivos específicos.**

1. Investigar las limitaciones técnicas y arquitectónicas de las estaciones de servicio para la instalación de sistemas de paneles solares, analizando la viabilidad de adaptar las estructuras existentes para albergar la tecnología solar.
2. Evaluar los costos asociados con la implementación de paneles solares en estaciones de servicio, considerando los gastos de inversión inicial, los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo y los beneficios económicos a largo plazo.
3. Examinar las regulaciones y los requisitos legales que afectan la instalación de sistemas solares en estaciones de servicio, identificando los obstáculos burocráticos y las oportunidades para agilizar los procesos de aprobación.
4. Analizar la percepción y aceptación de los propietarios de estaciones de servicio y otros actores relevantes respecto a la adopción de sistemas de energía solar, investigando las actitudes, creencias y posibles resistencias.

## Justificación

La investigación acerca de los factores que influyen en la implementación de sistemas de paneles solares en estaciones de servicio de combustible en la ciudad de Barranquilla reviste una alta relevancia nacional y gubernamental en el contexto actual de transición energética. La energía solar representa una fuente de energía renovable y sostenible que aprovecha la radiación solar para generar electricidad. Desde una perspectiva teórica, esto es valioso porque contribuye a reducir la dependencia de las fuentes de energía no renovables, como los combustibles fósiles, y ayuda a mitigar el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la implementación de sistemas de energía solar requiere de tecnologías y prácticas específicas, lo que conlleva un enfoque metodológico para diseñar, instalar y mantener dichos sistemas. Esto implica la planificación adecuada de la ubicación de los paneles solares, la gestión de la infraestructura y la monitorización constante para garantizar su eficiencia, lo anterior enmarcado en un campo de investigación de ciencia, tecnología e innovación. Se proporciona acceso a una fuente de energía más limpia y asequible para los comercios, lo que puede reducir los costos de energía y disminuir la contaminación ambiental dentro de un enfoque de gestión ambiental. Además, promueve la independencia energética a nivel local, reduciendo la vulnerabilidad a las interrupciones en el suministro eléctrico que tanto afecta a los usuarios.

A medida que la conciencia sobre la importancia de las fuentes de energía renovable aumenta, comprender los obstáculos y oportunidades en la adopción de paneles solares para suministro eléctrico en un sector tradicional como las estaciones de servicio es esencial. Esta investigación permitiría identificar las barreras técnicas, económicas y regulatorias que puedan limitar la transición hacia energías limpias en estaciones de servicio de combustibles, así como

destacar las ventajas ambientales y económicas de la implementación de energía solar. Los resultados podrían guiar proyectos y estrategias para incentivar la adopción de tecnologías sostenibles, contribuyendo al impulso de prácticas más responsables y eficientes en la línea de gestión de recursos naturales y energía.

## **Marco Teórico**

### **Sostenibilidad Ambiental**

Uno de los desafíos más significativos que se enfrenta en la actualidad y que tiene el potencial de generar un cambio profundo en nuestra sociedad es la búsqueda de la sustentabilidad. A nivel mundial, se está planteando la necesidad imperativa de transitar hacia una economía descarbonizada. Las advertencias sobre el agotamiento de las reservas de petróleo y la creciente tendencia hacia el uso de fuentes de energía renovable invitan a considerar un nuevo esquema energético que sea sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Para comprender la diversidad y la complejidad de los factores involucrados en esta transición, se emplea un enfoque interpretativo y la metodología que abarca la exploración, descripción y explicación de aspectos esenciales de la sustentabilidad y su cómo se genera la integración en el actual modelo energético. (Matteo, C. A.2022)

Se estima que aproximadamente el 28% de la oferta total de energía en los países que hacen parte de la comunidad andina proviene de fuentes renovables y sostenibles. La hidroenergía es la fuente predominante, representando el 75% de las energías renovables, junto los productos derivados del procesamiento de la caña de azúcar. Se llevaron a cabo estudios en Colombia y

Perú para evaluar el consumo energético la demanda de otras bioenergías se evaluó utilizando coeficientes basados en valorizaciones locales e indicadores disponibles.

A pesar de la diversidad geográfica y de población en la región andina, existe una homogeneidad razonable en términos de fuentes de energía, con riqueza de recursos fósiles y renovables. Sin embargo, se observan carencias generalizadas en la calidad del suministro energético, especialmente en términos de electricidad, en las zonas rurales, donde su disponibilidad es crucial para mejorar la calidad de vida y la productividad. Más del 50% de la población rural en la región aún carece de servicios eléctricos. Las diferencias entre los países se hacen evidentes al comparar el grado de utilización efectiva de fuentes renovables. Estas diferencias se deben a factores como las estructuras institucionales, la disponibilidad de información actualizada, el marco legal y la implementación de proyectos alineados con los objetivos nacionales en coordinación con diferentes actores, tanto gubernamentales como privados. En la totalidad de las naciones ubicadas en la región andina, se ha registrado una notable implementación de sistemas solares fotovoltaicos de capacidad reducida con el propósito de proporcionar electricidad a comunidades y usuarios aislados que residen en zonas rurales. No obstante, subsisten obstáculos significativos en cuanto a la viabilidad económica de estos proyectos. (Augusto, H. N. L. 2005).

La energía solar, como recurso inagotable y limpio, desempeña un papel esencial en la transición hacia una matriz energética más sostenible para Colombia. La utilización de paneles solares fotovoltaicos para captar la energía solar y convertirla en electricidad se presenta como una opción practicable para disminuir la dependencia de combustibles fósiles y contrarrestar el cambio climático. (National Geographic. 2022)

La demanda y consumo interno de energía luego de la pandemia en el año 2020 reflejo una recuperación para el año 2021 registrando un aumento de 11,1% y una tasa de crecimiento del consumo final en Colombia para el periodo 2018-2021 del 9,5% respecto a los demás sectores de acuerdo con el balance energético colombiano presentado por la unidad de planeación minero energética. (UPME 2021)

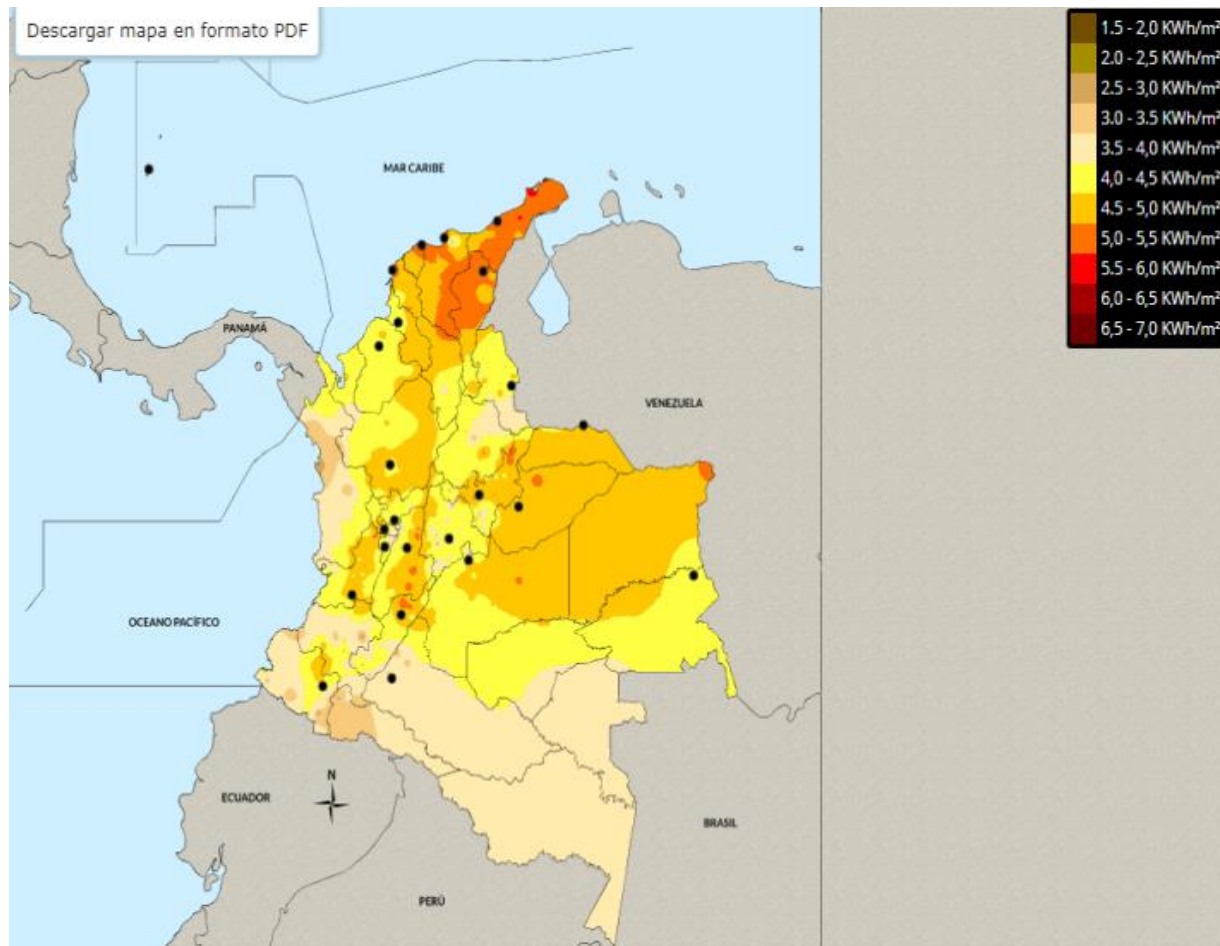
### **Potencial energético colombiano**

El análisis del potencial energético solar en la Región Caribe revela un alto grado de viabilidad para el diseño de sistemas fotovoltaicos. Particularmente el departamento del atlántico disfruta de una radiación solar constante durante todo el año de acuerdo con los mapas de radiación solar que realiza el IDEAM. La gran cantidad de horas de sol al día y las condiciones climáticas favorables la convierten en un lugar idóneo para la generación de energía solar. Además, la creciente demanda energética en la región y el compromiso con la sostenibilidad han impulsado la inversión en tecnología solar. Esto representa una oportunidad significativa para desarrollar sistemas fotovoltaicos eficientes y contribuir a la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables en la Región Caribe. (Ospino 2010)

La penetración de la energía solar fotovoltaica en los sistemas de distribución de Barranquilla, Colombia, ha tenido un impacto significativo en varios aspectos. En primer lugar, ha contribuido a diversificar la matriz energética de la ciudad, reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales y fósiles, lo que a su vez disminuye la emisión de gases de efecto invernadero y el impacto ambiental. Además, la incorporación de la energía solar fotovoltaica ha permitido una mayor estabilidad en el suministro eléctrico al descentralizar la generación de energía, lo que disminuye la vulnerabilidad ante cortes de energía en la red principal. Esto ha

resultado especialmente beneficioso para comunidades y empresas que dependen de un suministro eléctrico constante. (Ramírez, Acosta & Vélez 2017)

Figura 1. Mapa de irradiación en regiones de Colombia.



Nota. Irradiación en regiones de Colombia. Reproducida de irradiación global media horizontal diario, de Atlas de Radiación solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, Tomado de: IDEAM 2023. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Hablar sobre la evolución de los sistemas tecnológicos de generación de energía solar fotovoltaica en Colombia requiere un enfoque en uno de sus aspectos más sobresalientes: la capacidad de utilizar la energía producida por el sistema. Además, es fundamental resaltar que

la inversión predominante se ha canalizado hacia el desarrollo de la Red de Interconexión Eléctrica, lo que ha situado a Colombia en una posición destacada a nivel global en este ámbito. Gracias a los avances continuos en este sector, los productores de energía solar ahora disponen de una red de interconexión que abarca tanto el ámbito nacional como el internacional, permitiéndoles transportar la energía generada desde cualquier rincón del país hasta los consumidores ubicados en cualquier parte del territorio colombiano. (Velasco y Salazar, 2019)

La Resolución CREG 030 de 2018 en Colombia establece regulaciones técnicas y operativas para la conexión de sistemas de generación distribuida, incluyendo paneles solares, a la red eléctrica nacional. Define procedimientos de conexión, normas técnicas y de calidad, y requisitos de medición de energía. También aborda cobros y tarifas, asegurando la compensación justa y los cargos relacionados con el uso de la infraestructura eléctrica. La resolución promueve la transparencia al exigir que los distribuidores de energía proporcionen información clara a los generadores distribuidos. Su objetivo es facilitar la integración segura y eficiente de fuentes de energía renovable en la red eléctrica colombiana, como la solar, contribuyendo así a la transición hacia un sistema eléctrico más sostenible y amigable con el medio ambiente. (CREG. 2018)

En Colombia, la energía solar experimentó un crecimiento significativo en la última década. Se observó un aumento en la adopción de paneles solares tanto a nivel residencial como comercial. Factores como la abundante radiación solar y la reducción de costos de los paneles contribuyeron a esta tendencia. Además, el gobierno colombiano implementó políticas de incentivos y regulaciones para promover las energías renovables, incluyendo la solar. Sin embargo, a pesar de este crecimiento, la participación de la energía solar en la matriz energética total de Colombia aún era relativamente baja, y el país se centraba principalmente

en la energía hidroeléctrica y térmica. La inversión en proyectos solares a gran escala y la expansión de la infraestructura solar eran áreas de interés para el futuro. Para obtener datos y tendencias actuales, te recomendaría consultar fuentes actualizadas de estudios de mercado o el Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (Solórzano, 2019)

## **Energía solar fotovoltaica.**

La teoría fotovoltaica es un pilar fundamental en la comprensión de cómo funcionan los paneles solares para convertir la luz solar en electricidad. En su núcleo, se basa en el "efecto fotovoltaico". Este efecto se produce en ciertos materiales semiconductores, como el silicio, cuando son expuestos a la radiación solar. Los fotones de luz solar golpean la superficie del material y excitan electrones, liberándolos de sus átomos y creando una corriente eléctrica en el proceso. Para llevar a cabo esta conversión de luz en electricidad, se utilizan células solares, que son los componentes básicos de los paneles solares. Estas células están diseñadas con fotones impactan en la célula solar, generan electrones libres que se mueven, creando así una corriente eléctrica continua. (Romero. 2010)

Los conceptos son fundamentales para comprender cómo funcionan y se diseñan los sistemas de energía solar, desde la captación de la radiación solar hasta la entrega de electricidad confiable y sostenible a los usuarios finales algunos de ellos son los siguientes:

**Radiación Solar:** La energía emitida por el sol en forma de luz y calor (radiación solar). Es la fuente primaria de energía para los sistemas solares y se mide en unidades como vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). La cantidad de radiación solar disponible varía según la ubicación y las condiciones climáticas. (López. 2017)

**Eficiencia de Conversión:** La eficiencia de conversión se refiere a la capacidad de un panel solar o sistema solar para convertir la radiación solar en electricidad utilizable. Se expresa como un porcentaje y es un indicador importante de cuánta energía solar se puede aprovechar de manera efectiva. (Novoa, Alfaro & Guerra. 2020)

**Capacidad de Carga:** La capacidad de carga se refiere a la cantidad máxima de electricidad que un sistema o dispositivo eléctrico puede manejar sin dañarse. En el contexto de la energía solar, se considera al dimensionar un sistema para asegurarse de que sea capaz de satisfacer la demanda eléctrica de una carga específica. (Villanueva. 2008)

**Sistemas de Almacenamiento:** Los sistemas de almacenamiento de energía solar son dispositivos electrónicos donde se almacena la energía generada por paneles solares para su uso posterior. Esto es crucial para garantizar un suministro constante de energía incluso cuando no haya sol, como durante la noche o en días nublados. (Fernández. 2010)

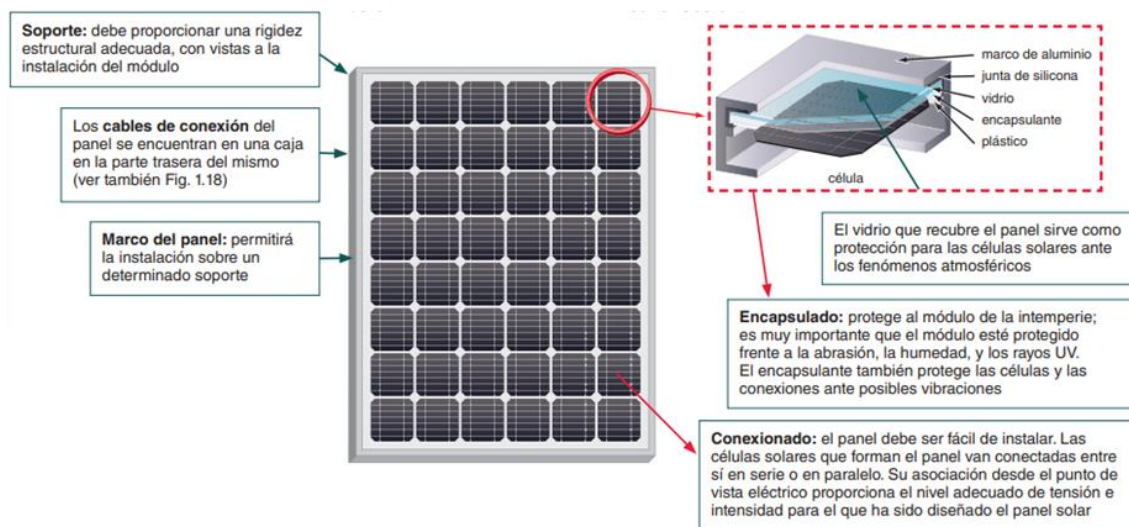
**Micro redes Solares:** Las micro redes solares son sistemas de generación y distribución de energía autónomos y descentralizados que utilizan la energía solar como fuente principal. Son especialmente útiles en áreas remotas o en situaciones de emergencia y pueden operar de manera independiente o conectarse a la red principal cuando sea necesario. (Sánchez. 2017)

## **Paneles solares y aplicación en proyectos de energía solar.**

Un panel solar, también conocido como módulo fotovoltaico, es un dispositivo utilizado para capturar la energía del sol y convertirla en electricidad utilizable. Está compuesto por múltiples celdas solares, que son dispositivos semiconductores diseñados para absorber la luz solar y

convertirla en corriente eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Estas celdas solares están generalmente hechas de silicio u otros materiales semiconductores y están interconectadas en un panel para aumentar la eficiencia y la potencia de generación eléctrica. (Díaz & Carmona. 2010)

**Figura 2.** Partes y características principales de un panel solar.



Nota: Tomado de: “Componentes de una instalación fotovoltaica” por Tomás Díaz Corcobado y Guadalupe Carmona Rubio. *Instalaciones solares fotovoltaicas* (p. 14), 2010, McGraw-Hill Interamericana de España S.L. Derechos de autor 2010


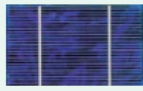
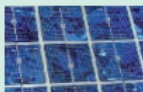
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

Existen varios tipos de paneles solares, cada uno con características únicas. Los paneles monocristalinos están hechos de un solo cristal y son altamente eficientes en la conversión de la luz solar en electricidad, ideales para espacios limitados. Los paneles policristalinos son menos costosos y también eficientes. Los paneles amorfos son flexibles y adecuados para aplicaciones específicas. Cada tipo tiene ventajas y desventajas, lo que permite su adaptación a diferentes necesidades y ubicaciones. (Díaz & Carmona. 2010)

Los tipos de paneles solares están determinados de acuerdo con la tecnología de fabricación de sus células y principalmente son:

- Silicio cristalino (Monocristalino)
- Silicio cristalino (Multicristalino)
- Silicio amorfo.

**Figura 3.** Principales características y diferencias entre tecnología de fabricación paneles solares.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Nota: Tomado de: “Componentes de una instalación fotovoltaica” por Tomás Díaz Corcobado y Guadalupe Carmona Rubio. *Instalaciones solares fotovoltaicas* (p. 14), 2010, McGraw-Hill

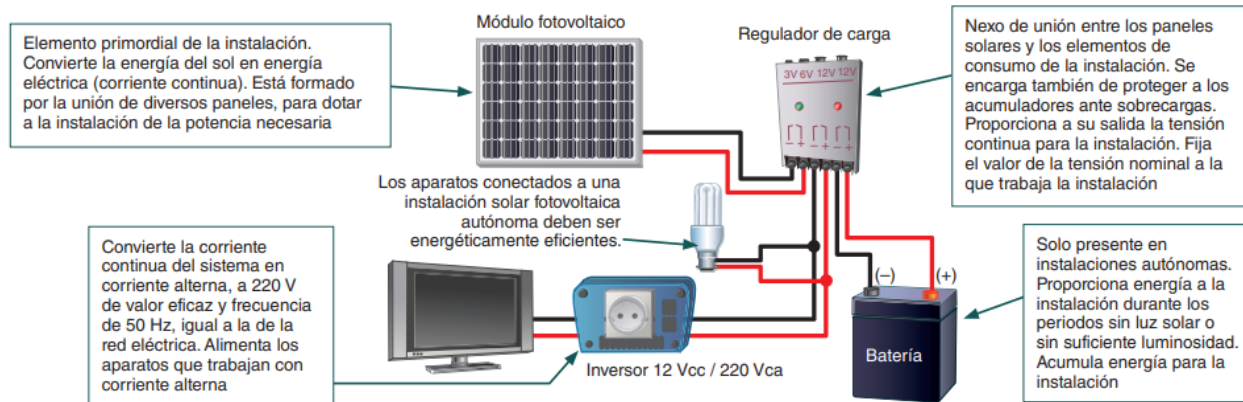
Interamericana de España S.L. Derechos de autor 2010

<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

### Elementos de una instalación solar fotovoltaica.

Una instalación solar fotovoltaica se compone de paneles solares, inversor, estructuras de montaje, cables y sistemas de medición. Los paneles capturan la energía solar y la transforman en corriente continua (CC). El inversor convierte esta CC en corriente alterna (CA) utilizable. Las estructuras de montaje sujetan los paneles en una posición óptima. Los cables conectan los componentes eléctricos, mientras que los sistemas de medición monitorean el rendimiento. En instalaciones conectadas a la red eléctrica, se incorpora un sistema de interconexión. En resumen, una instalación solar fotovoltaica convierte la energía solar en electricidad utilizable para satisfacer las necesidades de energía de una propiedad. (Díaz & Carmona. 2010)

**Figura 4.** Principales características y diferencias entre tecnología de fabricación paneles solares.



Nota: Tomado de: “Elementos de una ISF” por Tomás Díaz Corcobado y Guadalupe Carmona Rubio. *Instalaciones solares fotovoltaicas* (p. 12), 2010, McGraw-Hill Interamericana de España S.L. Derechos de autor 2010 <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

## Sistemas de generación fotovoltaica

El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico, que implica la conversión directa de la radiación solar en electricidad. Este proceso se logra mediante células solares compuestas de semiconductores como el silicio, La energía solar fotovoltaica representa una fuente de energía renovable que se utiliza para la generación de electricidad mediante la instalación de paneles solares. Estos dispositivos transforman la radiación solar en energía eléctrica, lo que la hace aplicable en una amplia variedad de usos. Los paneles solares se producen en formatos de módulos, tanto grandes como pequeños, lo que facilita su instalación y adaptación a diversas situaciones, ya sea en áreas abiertas, cubiertas de estructuras o espacios reducidos en instalaciones industriales y edificios de oficinas. Además de su versatilidad, los paneles solares requieren un mantenimiento mínimo y de bajo costo. Es importante destacar que esta tecnología es respetuosa con el medio ambiente, ya que no emite humo ni produce dióxido de carbono ni otros gases perjudiciales

para el entorno, lo que contribuye a reducir el impacto negativo en el medio ambiente.

(Arencibia y Carballo. 2016)

Las tecnologías solares existentes abarcan un amplio espectro de enfoques para aprovechar la energía del sol con el propósito de generar calor de manera sostenible para transformarla en electricidad. Los paneles solares fotovoltaicos, más comunes, transforman la luz solar en electricidad mediante células de silicio o materiales semiconductores. Están ampliamente adoptados en aplicaciones residenciales y comerciales, y han experimentado mejoras constantes en eficiencia y costos.

Por otro lado, los paneles solares térmicos capturan la radiación solar para calentar agua o fluidos utilizados en sistemas de calefacción o agua caliente. Son efectivos en aplicaciones de calefacción doméstica y piscinas. Además, los concentradores solares utilizan espejos o lentes para enfocar la luz solar en un punto focal, donde se genera calor o se dirige a células solares fotovoltaicas. Las tecnologías emergentes incluyen celdas solares orgánicas, flexibles y ligeras, ideales para dispositivos portátiles y flexibles. Las celdas solares tándem combinan diferentes materiales semiconductores para mejorar la eficiencia. La nanotecnología solar y la captura de CO<sub>2</sub> solar son áreas de investigación en desarrollo, buscando mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la energía solar. En conjunto, estas tecnologías ofrecen soluciones versátiles y prometedoras para un futuro más limpio y sostenible. (Cabezas-Maslanczuk. 2018)

Las últimas innovaciones en tecnología de paneles solares se centran en mejorar la eficiencia y la versatilidad. Se están desarrollando paneles solares ultradelgados y flexibles que pueden integrarse en una variedad de superficies, desde ropa hasta edificios. Además, los paneles solares bifaciales están ganando popularidad, ya que pueden captar la luz solar tanto en la parte frontal como en la trasera, aumentando la generación de energía. En cuanto al

almacenamiento de energía, las baterías de estado sólido están emergiendo como una tecnología prometedora debido a su mayor capacidad y durabilidad. Finalmente, los sistemas de seguimiento solar inteligente, impulsados por la inteligencia artificial, están optimizando el ángulo y la orientación de los paneles para seguir la trayectoria del sol durante el día, lo que aumenta la eficiencia de la generación de energía solar y maximiza su aprovechamiento. Estas innovaciones están acelerando la adopción de la energía solar y su capacidad para satisfacer las demandas energéticas de manera más eficiente. (Escobar y Gómez. 2022)

## **Planificación y diseño de sistemas de generación eléctrica.**

El diseño de sistemas de generación eléctrica a través de paneles solares es una solución cada vez más popular y sostenible para la producción de energía eléctrica. Estos sistemas aprovechan la radiación solar y la convierten en electricidad utilizando paneles fotovoltaicos. El proceso implica varios componentes clave: los paneles solares capturan la luz solar y generan corriente continua (CC). Luego, un inversor convierte esta CC en corriente alterna (CA) que puede utilizarse en hogares, negocios o la red eléctrica. En el diseño de un sistema solar eficiente requiere considerar factores como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles para maximizar la exposición solar. También es esencial calcular las necesidades energéticas del usuario final y determinar si se necesita almacenamiento de energía, generalmente en baterías, para garantizar un suministro constante incluso durante la noche o en días nublados. (Franco Gil, J., & Sánchez, S. 2016).

Este enfoque no solo reduce los costos de electricidad y la dependencia de fuentes de energía no renovable, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de carbono, promoviendo la sostenibilidad ambiental. El diseño cuidadoso de estos sistemas garantiza su eficiencia y durabilidad, lo que resulta en un impacto positivo tanto económico como

medioambiental. Lograr la implementación de la energía fotovoltaica en establecimientos comerciales implica un proceso que comienza con la evaluación de las necesidades energéticas, seguido del diseño de un sistema personalizado que aprovecha la energía solar. Luego, se instalan paneles solares en áreas adecuadas, seguidos de pruebas y conexión a la red eléctrica. Este enfoque beneficia a los comercios al reducir los costos de electricidad a largo plazo y contribuir a la sostenibilidad ambiental al disminuir las emisiones de carbono, lo cual es crucial para la conservación del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales. (Aristizábal y González. 2022)

La utilidad de los sistemas de generación eléctrica mediante paneles solares es innegable y se sustenta en una serie de aspectos clave que tienen un impacto positivo en múltiples niveles. En primer lugar, los paneles solares aprovechan una fuente de energía renovable y abundante: la radiación solar. Esta característica es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo, ya que elimina la dependencia de fuentes de energía no renovable y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a combatir el cambio climático. (Pasqualino, & Vanegas 2015)

Además, los sistemas solares ofrecen un ahorro económico sustancial. Aunque la inversión inicial puede ser significativa, una vez instalados, los paneles solares generan electricidad con costos de operación y mantenimiento relativamente bajos. Esto conduce a una reducción significativa en las facturas de electricidad a lo largo del tiempo y a una recuperación de la inversión en un plazo razonable. Esto, a su vez, promueve la inversión y la adopción de tecnología solar estimulando la investigación y el diseño de sistemas más eficientes y accesibles dando un efecto positivo en la economía y en la creación de empleo local en la industria solar.

La independencia energética es otro beneficio importante. Los propietarios de sistemas de generación solar pueden generar su propia electricidad, reduciendo su vulnerabilidad a los cortes de energía y a las fluctuaciones en los precios de la electricidad. La versatilidad de los sistemas solares también es destacable se pueden adaptar a diferentes escalas, desde instalaciones residenciales y comerciales hasta proyectos a gran escala, como parques solares y plantas de energía solar concentrada. Esto significa que pueden satisfacer una amplia gama de necesidades energéticas. (Jiménez & Giraldo. 2021)

A partir de los resultados obtenidos en casos de aplicación de sistemas fotovoltaicos destinados a una residencia en Bogotá, se puede verificar la viabilidad técnica de su implementación. Los datos de radiación solar de la ciudad que se utilizaron para diseñar un sistema que, aunque se considera un tanto robusto debido a su basamento en la peor radiación solar registrada en la ciudad (las horas pico de sol y el período de autonomía del sistema), sigue siendo una opción confiable. Esto se debe a que puede proporcionar la energía requerida para un período de tres días y cuatro noches sin exposición a la radiación solar.

El proceso de dimensionamiento de un sistema solar implica múltiples variables, que están a disposición del diseñador. Por lo tanto, la elección de estos componentes debe considerar las necesidades de diseño y, además, tener en cuenta la viabilidad económica del proyecto. Esto se debe a que las configuraciones del sistema pueden variar drásticamente, dependiendo de variables como la elección de los paneles solares, ya que el costo de estos aumenta significativamente con la potencia nominal seleccionada. (Salamanca. 2017)

Los proyectos de generación solar en Barranquilla revisten gran importancia por varios motivos. En primer lugar, contribuyen a diversificar la matriz energética en Colombia y aprovechar la radiación solar abundante en la región como fuente de energía inagotable,

reduciendo los costos energéticos a largo plazo y brindando una mayor resiliencia a la ciudad ante cortes de energía. Estos proyectos también generan empleo local y promueven el desarrollo tecnológico y económico en Barranquilla. La intermitencia en el suministro eléctrico es un problema experimentado en la ciudad, esta se debe a diversas causas y varían en duración y frecuencia. Las razones más comunes incluyen sobrecargas en la red, fallas en la infraestructura, condiciones climáticas extremas, mantenimiento programado, problemas en la generación y actos de vandalismo. (Ocampo M., Medrano, D., Quintero V. 2018)

La sobrecarga en la red eléctrica es un desafío común cuando la demanda supera la capacidad de generación o distribución. Las fallas técnicas en transformadores, cables y equipos pueden causar cortes de energía, la electrificadora local A-ire E.P.S. trabaja de forma continua en la mejora de la infraestructura, la implementación de mantenimiento preventivo y la adopción de tecnologías avanzadas para minimizar las interrupciones. También responden a problemas en la generación y abordan los actos de sabotaje. La monitorización en tiempo real y la automatización de la red eléctrica son esenciales para reducir la duración de los apagones y mejorar la confiabilidad.

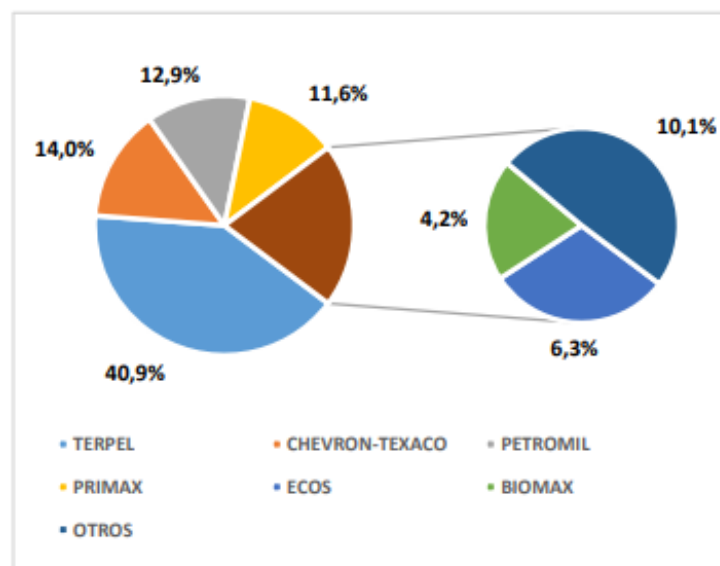
## **Proyectos de implementación de Energía Solar en Estaciones de Servicio de combustibles.**

Los proyectos de implementación de energía solar en estaciones de servicio de combustibles son iniciativas estratégicas que buscan reducir la dependencia de las fuentes de energía no renovable y disminuir en la industria del transporte las emisiones de carbono. Estas implementaciones implican la instalación de sistemas de paneles solares fotovoltaicos en las estaciones, aprovechando la energía solar para alimentar las operaciones, incluyendo bombas de combustible, iluminación y otros equipos. Además, mejoran la imagen de marca y la

percepción pública al demostrar un compromiso con la energía limpia y sostenible. La implementación de energía solar en estaciones de servicio de combustibles es una estrategia clave para avanzar hacia un futuro más verde y eficiente en el sector del transporte y la energía. (Casso. 2016)

De acuerdo con el estudio del mercado de combustibles líquidos, elaborado por la superintendencia de industria y comercio en el año 2020 y que busca medir la intensidad de la competencia en Colombia, retrata la estructura actual del mercado downstream de combustibles líquidos aplicable para la costa atlántica de Colombia. La grafica 1, muestra la participación de un grupo de empresas de distribución mayorista en el mercado de combustibles que vienen trabajando en planes y desarrollando proyectos de autogeneración eléctrica enfocados en la transición energética que puedan garantizar el suministro eléctrico de las diferentes facilidades que componen sus estaciones de servicio. (Superintendencia de Industria y Comercio, 2020)

**Figura 5.** Participación de las empresas de distribución mayorista en el mercado de combustibles líquidos.



Nota. Este gráfico muestra los porcentajes de participación de cada compañía mayorista en la Costa Atlántica de Colombia. Tomado de: “ESTUDIO DEL MERCADO DE COMBUSTIBLES: Una aproximación empírica para medir la intensidad de la competencia en Colombia”, por Superintendencia de industria y comercio de Colombia (2020), p,20. [.https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032021/ES-Mercado-de-combustibles-en-Colombia.pdf](https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032021/ES-Mercado-de-combustibles-en-Colombia.pdf)

Es el caso de compañías como Chevron que representa la marca Texaco, Brio que representa la marca Petrobras, Puma Energy y Terpel, las cuales tienen presencia en la ciudad de Barranquilla con diferentes estaciones de servicio, en la actualidad cuentan con divisiones de soluciones energéticas limpias y bajas en carbono teniendo como pilares la descarbonización, fiabilidad, optimización, financiación e integración de los modelos tradicionales a soluciones de suministro de energía solar fotovoltaicas para su operación.

En general las estaciones de servicio cuentan con una configuración típica donde resaltan componentes como el Canopy, la pista, área administrativa, zona de tanques, tienda de conveniencia y servicios complementarios en algunos casos como lubricentros y talleres para vehículos brindando comodidad y seguridad al usuario. El actual reglamento técnico resolución 40198 del 24 de junio de 2021 aplicable a las EDS establece los requerimientos mínimos que debe garantizar cada instalación que distribuye combustibles. (Ministerio de Minas y Energía de Colombia. 2021). Dependiendo el área y localización el espacio se optimiza para los servicios principales, es así que para implementar un proyecto de suministro eléctrico fotovoltaico con paneles solares para generación eléctrica primaria o de respaldo cobra relevancia analizar las mejores alternativas para la ubicación de los paneles solares.

En la mayoría de las estaciones ubicadas en el perímetro urbano de la ciudad de Barranquilla cuentan con una estructura de cubierta en el área de despacho, está cubierta

además de exhibir la imagen corporativa de cada compañía sirve para proveer, iluminación y protección contra el sol y la lluvia.

La implementación de paneles solares en estaciones de servicio de combustibles en Barranquilla puede ser impulsada por diversas estrategias efectivas. En primer lugar, se pueden desarrollar modelos de financiamiento accesibles, como acuerdos de compra de energía o financiamiento a través de incentivos gubernamentales, para reducir la inversión inicial. Además, es crucial realizar un análisis de costos detallado que demuestre los beneficios a largo plazo en términos de ahorro de energía y costos operativos.

La capacitación y concienciación del personal sobre la operación y el mantenimiento de los sistemas solares es esencial. Se pueden implementar sistemas de almacenamiento de energía para maximizar la utilización de la electricidad generada y garantizar la continuidad del suministro durante cortes y la incorporación de estándares de eficiencia energética en estaciones de servicio existentes y nuevas como estrategias que pueden acelerar la transformación energética en la ciudad de Barranquilla.

**Figura 6.** Estación de servicio de distribución de combustible con operación por energía solar.



Nota. Estación de servicio de combustibles con instalación de paneles solares. Tomada de: “Puma Energy avanza en instalación de paneles solares en Centroamérica”, por: L. Puente. 2022 <https://www.elsalvador.com/destacados/puma-energy-avanza-en-instalacion-de-paneles-solares-centroamerica/1024611/2022/>

## Metodología

### Enfoque, alcance y diseño de la investigación.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar las estrategias para implementar la transformación energética que permitan una sostenibilidad eléctrica mediante la implementación de paneles solares en estaciones de servicio de combustibles de la ciudad de Barranquilla. El enfoque de esta investigación es mixto, utiliza métodos cualitativos como cuantitativos. Se emplean técnicas cualitativas, para comprender las perspectivas, opiniones y experiencias de las estaciones de servicio de combustibles involucradas en la investigación. Al mismo tiempo, se utilizan métodos cuantitativos, como la recopilación de datos numéricos sobre el consumo de energía, costos operativos y datos meteorológicos. Esta combinación de métodos permite desarrollar estrategias efectivas para la transformación energética mediante la implementación de paneles solares para reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover la sostenibilidad eléctrica en estas instalaciones.

El alcance de la investigación se define como exploratorio y descriptivo centrado en evaluar la viabilidad y las implicaciones de la implementación de paneles solares en estaciones de servicio de combustibles. Este enfoque permite comprender a fondo los aspectos técnicos, económicos, sociales y regulatorios relacionados con la transformación energética de estas instalaciones. La investigación se centra en analizar los datos específicos de estaciones de servicio seleccionadas, considerando factores como la demanda energética, los costos

operativos, el potencial solar de la ubicación y las barreras existentes para la adopción de energía solar.

El diseño de la investigación es no experimental se lleva a cabo utilizando un enfoque mixto realizando entrevistas con administradores de las estaciones de servicio para obtener perspectivas cualitativas sobre los desafíos y oportunidades. Además, se recopilarán datos cuantitativos longitudinales sobre el consumo eléctrico, modelos de operación y variables climáticas para realizar estrategias técnicas y económicos detallados.

De la necesidad anterior se establece el proceso de investigación donde se va analizar la conveniencia de formular las hipótesis y precisar las variables definiendo estas ultimas conceptual y operacionalmente. (Fernández, Hernández & Baptista. 2019).

## **Definición de variables**

De acuerdo a la definición de variable (Fernández, Hernández & Baptista. 2019). Esta es una propiedad que puede fluctuar y la variación presentada es propia para medirse u observarse. En esta investigación sobre para implementación de paneles solares en estaciones de servicio de combustibles, las variables clave incluyen el consumo eléctrico mensual, la cantidad de equipos instalados, la ubicación geográfica y el tamaño de la estación (variable dependiente) y el tipo de estrategia de implementación elegida (variable independiente), Estas variables permiten determinar un plan para medirlas y analizar los datos obtenidos evaluando los aspectos técnico-económicos, sociales y ambientales del proceso de implementación de energía solar en estas instalaciones. (Fernández, Hernández & Baptista. 2019).

## **Consumo eléctrico.**

### Definición Conceptual

El consumo eléctrico se refiere a la cantidad de electricidad utilizada por un dispositivo, equipo, en un período de tiempo específico. Es la medida de la energía eléctrica utilizada para alimentar dispositivos eléctricos y electrónicos. Su unidad de medida es en kilovatios-hora (kWh) y representa la carga eléctrica que se ha utilizado durante un determinado intervalo de tiempo, generalmente en horas.

### Definición Operacional.

Corresponde a la medición mensual registrada de la energía eléctrica utilizada para alimentar las bombas de combustible, los equipos dispensadores, los sistemas de iluminación, sistemas de seguridad, sistemas de ventilación y aire acondicionado.

### **Equipos de despacho de combustibles.**

#### Definición Conceptual

Los equipos para despacho de combustibles son dispositivos y sistemas diseñados para manejar, medir y dispensar combustibles de manera segura y eficiente en estaciones de servicio. Estos equipos incluyen bombas de combustible, surtidores, medidores de flujo, sistemas de control electrónico y sistemas de seguridad, que permiten el suministro controlado y preciso de combustibles a los vehículos y clientes.

#### Definición Operacional.

Operacionalmente, los equipos para despacho de combustibles son dispositivos mecánicos y electrónicos que permiten la dispensación segura de combustibles a los vehículos. Su medición viene determinada por la cantidad de equipos instalados en una estación de servicio de combustible. Estos incluyen bombas dispensadoras que aspiran el combustible de los tanques subterráneos, surtidores que entregan el combustible al vehículo, medidores de flujo que cuantifican la cantidad de combustible dispensada y sistemas electrónicos de control que

monitorean y autorizan las transacciones garantizando el cumplimiento de normativas de seguridad y medio ambiente.

## **Ubicación geográfica y el tamaño de la estación.**

### Definición Conceptual.

La ubicación geográfica se refiere a la posición específica de una estación de combustible en términos de coordenadas geográficas, latitud y longitud, así como a su entorno geográfico general, incluyendo características naturales, climáticas y urbanísticas del área circundante. El tamaño de la estación de combustible se relaciona con las dimensiones físicas de la instalación (m<sup>2</sup>, metros cuadrados), incluyendo la cantidad de bombas y surtidores, la capacidad de almacenamiento de combustible, el espacio total de la estación y la disposición del área para el despacho de combustibles y el estacionamiento de vehículos.

### Definición Operacional

Operacionalmente, la ubicación geográfica determina la evaluación de factores climáticos y geográficos locales que podrían afectar la eficiencia y seguridad de la operación, como la exposición a condiciones climáticas extremas o la proximidad a cuerpos de agua y mide cuantitativamente mediante datos específicos como el área total de la estación (en metros cuadrados o pies cuadrados). La disposición del espacio, incluyendo el diseño de la zona de despacho y estacionamiento.

## **Tipo de Estrategia de Implementación.**

### Definición Conceptual

Se refiere a la metodología específica seleccionada y aplicada para implementar paneles solares en las estaciones de servicio de combustibles. Esto incluye diversos enfoques como

estrategias de financiamiento, modelos de negocio y estrategias regulatorias, que son empleados con el propósito de facilitar la adopción de energía solar en estas instalaciones.

## Definición Operacional

Se clasifican según categorías específicas de estrategias empleadas en la implementación de paneles solares en las estaciones de servicio de combustibles. Estas estrategias son evaluadas y categorizadas de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Implementación llevada a cabo a través de financiamiento propio, prestamos o mediante acuerdos de compra de energía.
2. Modelo de negocio como propiedad total, arrendamiento o asociaciones con empresas especializadas en la operación de estaciones de servicio de combustibles.
3. Regulatorio si la implementación se beneficia de incentivos o políticas gubernamentales específicas.

## **Población y Muestra.**

El área de investigación se desarrolla para la ciudad de Barranquilla, Atlántico y comprende como población las estaciones de servicio de combustibles que cuentan con sistema de abanderamiento del distribuidor mayorista y que están ubicadas en los límites urbanos en las cinco localidades (Metropolitana, Riomar, Suroriente, Suroccidente y Norte-Centro histórico). Según datos de la compañía, hay un total de 10 estaciones de servicio operativas independientemente de su tamaño, ubicación y modelo de negocio en la ciudad de Barranquilla.

Para seleccionar una muestra representativa de estas estaciones de servicio, se utilizó un método de muestreo por conveniencia. Se identificó la marca específica de las estaciones de servicio en Barranquilla para llevar a cabo el estudio, se revisaron las ubicaciones físicas de las estaciones validando áreas fácilmente accesibles y realizando observaciones de campo considerando criterios como la ubicación geográfica (por ejemplo, ubicación sobre vías principales y secundarias), el tamaño de la estación (número de productos, bombas y surtidores) y el tamaño del Canopy en el área de despacho de vehículos.

### **Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

Para determinar las necesidades de las estaciones de servicio seleccionadas en la ciudad de Barranquilla, se elaboró un cuestionario para aplicarlo mediante una entrevista vía telefónica con los administradores de las estaciones de servicio, de forma que se pueda obtener la información operativa de la estación y la libertad de expresar opiniones y experiencias sobre las condiciones eléctricas de la instalación y problemáticas presentadas con el suministro eléctrico.

Para el diseño de la entrevista a los administradores de las 10 estaciones de servicio se consideraron aquellas condiciones operativas que estuvieran presentes en todas las instalaciones como son:

- Información demográfica.
- Consumo eléctrico mensual
- Modelos de negocio y conocimientos e interés en energía solar.
- Consideraciones financieras y posibilidades de implementación de paneles solares
- Desafíos y obstáculos.
- Percepción de los clientes, beneficios e impactos.

Igualmente se realizaron observaciones in-situ para comprender la operación de las estaciones de servicio, las áreas posibles de implementación y las condiciones físicas de las instalaciones. Para las observaciones realizadas se establece la siguiente jerarquía:

1. Operaciones Actuales:

- ¿Qué tipo de combustibles se ofrecen?
- ¿Cómo es el flujo de clientes durante diferentes horas del día?
- ¿Cuántos empleados están presentes y cuáles son sus roles?

2. Áreas Posibles de Implementación:

- ¿Existen áreas abiertas o techos planos adecuados para la instalación de paneles solares?
- ¿Hay suficiente espacio para equipos de conversión y almacenamiento de energía?

3. Condiciones Físicas:

- ¿El techo está en buen estado para soportar la instalación de paneles solares?
- ¿Existen sombras significativas que podrían afectar la eficiencia de los paneles solares?
- ¿Se requiere alguna reparación o acondicionamiento antes de la instalación?
- ¿Se observaron áreas con alta visibilidad y exposición solar adecuada para la instalación de paneles solares?

## Técnicas de análisis de datos

**Tabla 1.**

*Técnica de análisis y descripción aplicada para la entrevista como instrumento para recolección de información.*

Instrumento	Técnica de Análisis	Descripción Aplicada a la Investigación sobre Estrategias de Implementación de Paneles Solares en Estaciones de Servicio de combustibles en Barranquilla
Entrevista	Análisis Descriptivo	El análisis descriptivo se realiza tomando en cuenta los niveles de medición de las variables y mediante la estadística es utilizado para resumir datos clave relacionados con estrategias de implementación, como costos, áreas disponibles y beneficios. Ofrece una visión general de las variables para entender su alcance y variabilidad. (Fernández, Hernández & Baptista. 2019).
	Análisis de Frecuencia	Este análisis puede ser empleado para examinar la frecuencia de diferentes estrategias utilizadas en las estaciones de servicio, como modelos de negocio o enfoques regulatorios. por medio de polígonos de frecuencias se relacionan las puntuaciones con sus respectivas frecuencias mediante gráficas útiles para describir los datos. (Fernández, Hernández & Baptista. 2019).
	Análisis Narrativo	Examina la estructura y contenido de las historias o narrativas proporcionadas por los participantes para entender las experiencias desde la perspectiva de los administradores y propietarios de las estaciones de servicio. (Arias Cardona & Alvarado Salgado, 2015)

**Tabla 2.**

*Técnica de análisis y descripción aplicada para la observación in situ como instrumento para recolección de información.*

Instrumento	Técnica de Análisis	Descripción Aplicada a la Investigación sobre Estrategias de Implementación de Paneles Solares en Estaciones de Servicio de combustibles en Barranquilla
Observación In situ	Visualización y exploración de datos	<p><u>Gráficos de Dispersión:</u>                      Crear gráficos de dispersión para investigar las relaciones entre variables, como el tamaño de la estación y los costos de implementación.                      Estos gráficos pueden revelar posibles correlaciones o tendencias en los datos.</p> <p><u>Mapas Geoespaciales:</u>                      Utilizar mapas para visualizar la ubicación de las estaciones de servicio y su relación con factores geográficos como la exposición solar. Esto puede ayudar a identificar áreas donde la implementación de paneles solares puede ser más viable.</p> <p><u>Diagramas de Barras y Sectores:</u>                      Utilizar diagramas de barras para comparar las frecuencias de diferentes estrategias de implementación o desafíos encontrados. Los gráficos de sectores pueden utilizarse para mostrar la proporción de estaciones que han implementado paneles solares en función de la ubicación o el tamaño. (Zapata. 2021)</p>

## Anexo 1.

### Formato para entrevista.

#### Formato para Entrevista administrador Estación de Servicio de Combustibles

---

Fecha: \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Explorar las posibilidades, desafíos y factores involucrados en la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla, incluyendo enfoques financieros, técnicas y regulatorias.

**Propósito de la Investigación:** Estamos realizando una investigación sobre la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla. Su participación es crucial para entender mejor este tema y tomar decisiones informadas. La entrevista incluirá preguntas variadas para comprender sus experiencias y opiniones.

Preguntas	
<b>Información Demográfica</b>	<b>Respuestas</b>
Nombre:	
Cargo:	
Nombre de la EDS	
Ubicación	
Modelo de Operación	
Año de Construcción	
<b>Conocimiento y experiencia</b>	<b>Respuestas</b>
¿Está familiarizado/a con la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla? Si es así, por favor comparta su conocimiento.	
¿Ha tenido alguna experiencia personal o profesional con estaciones de servicio que utilizan paneles solares? Si es así, cuéntenos sobre esa experiencia.	
¿Cuánto es el consumo eléctrico promedio mensual en kW/h de la estación.	
¿Cuenta con planta eléctrica de emergencia?	

Preguntas sobre Opiniones	Respuestas
En su opinión, ¿cuál cree que es la principal ventaja de utilizar paneles solares en estaciones de servicio?	
¿Cuál cree que podría ser un desafío importante para la implementación de paneles solares en estaciones de servicio?	
En una escala del 1 al 10, ¿qué tan dispuesto/a estaría usted a utilizar una estación de servicio que utiliza energía solar? (1 = nada dispuesto/a, 10 = completamente dispuesto/a)	
¿Cómo cree que la implementación de paneles solares en estaciones de servicio podría impactar el medio ambiente y la comunidad local?	
¿Cree que el modelo de operación de las estaciones de servicio podría estar relacionado con la probabilidad de que implementen paneles solares?	
¿Tiene alguna sugerencia o idea innovadora sobre cómo las estaciones de servicio podrían fomentar una mayor adopción de energía solar?	
Preguntas sobre Preferencias	Respuestas
¿Qué cree que podría ser un desafío importante para la implementación de paneles solares en estaciones de servicio?	<p><i>(Seleccione una opción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Costos iniciales elevados</li> <li>b. Falta de conocimiento sobre la tecnología solar</li> <li>c. Problemas de mantenimiento y reparación</li> <li>d. Resistencia por parte de los empleados o clientes</li> <li>e. Otro (por favor, especifique)</li> </ul>
En su opinión, ¿cuál cree que es la principal ventaja de utilizar paneles solares en estaciones de servicio?	<p><i>(Seleccione una opción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de costos energéticos</li> <li>Contribución a la sostenibilidad ambiental</li> <li>Mejora de la imagen y reputación de la estación de servicio</li> <li>Otro (por favor, especifique)</li> </ul>
<p>Por favor, indique en qué medida está de acuerdo con la siguiente afirmación:</p> <p><i>"Considero que la implementación de paneles solares en estaciones de servicio es una medida efectiva para reducir nuestra dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático."</i></p>	<p><i>(Seleccione una opción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Totalmente en desacuerdo</li> <li>b. En desacuerdo</li> <li>c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo</li> <li>d. De acuerdo</li> <li>e. Totalmente de acuerdo</li> </ul>

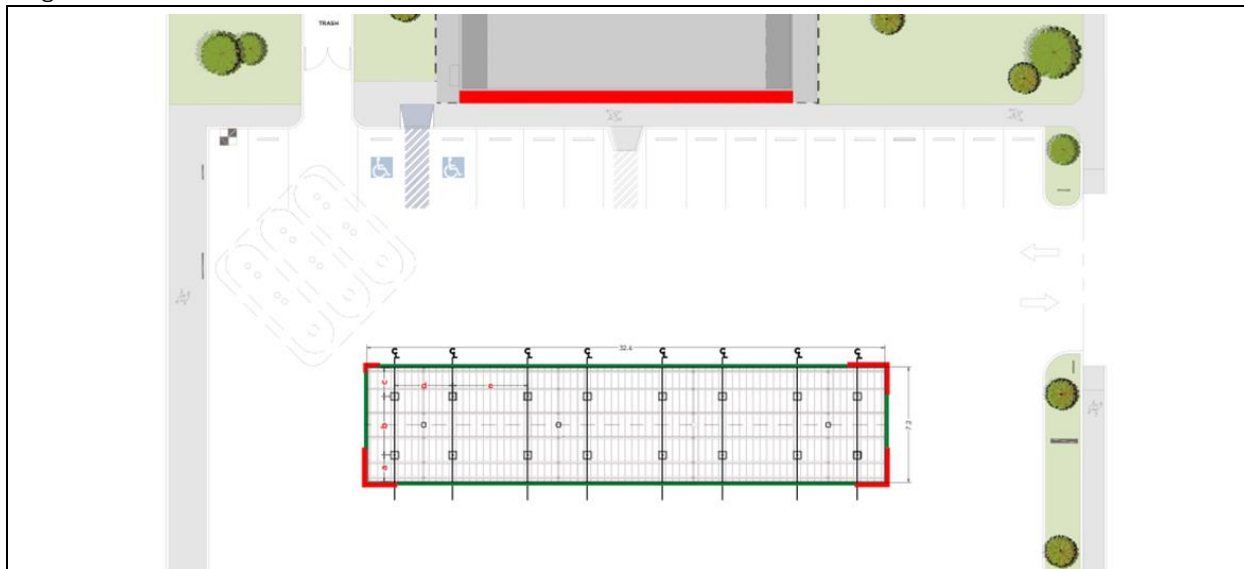
## Anexo 2.

### Formato para Observación In Situ

#### Formato de observación áreas Estación de Servicio de Combustibles

Fecha:

**Objetivo:** Explorar las posibilidades, desafíos y factores involucrados en la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla, incluyendo enfoques financieros, técnicas y regulatorias.



Nombre de la Estación de servicio	Ubicación (Latitud, Longitud)	Exposición Solar	Tamaño del canopy de la Estación	Cantidad de Bombas	Número de Dispensadores	Áreas Comerciales

Notas:

**Exposición Solar:**

*Alta:* La estación recibe una cantidad significativa de luz solar durante la mayor parte del día.

*Medía:* La estación recibe luz solar moderada, con cierta sombra durante ciertas horas.

*Baja:* La estación tiene limitada exposición directa al sol debido a sombras de edificios u otros obstáculos.

**Tamaño de la Estación:**

*Grande:* La estación tiene una gran área de operación y estacionamiento.

*Mediana:* La estación tiene un tamaño promedio en comparación con otras estaciones.

*Pequeña:* La estación tiene una superficie limitada, con espacio reducido para operaciones y estacionamiento.

**Áreas Comerciales:**

*Sí:* La estación está ubicada cerca de zonas comerciales, como centros comerciales, tiendas y restaurantes.

*No:* La estación no está ubicada cerca de áreas comerciales significativas.

## **Análisis y discusión de los resultados.**

Durante los días comprendidos entre el 18 de octubre y el 15 de noviembre se realizaron las entrevistas telefónicas a los responsables (operadores/administradores) de las estaciones de servicio de combustible ubicadas en la ciudad de Barranquilla y relacionadas en la tabla 3. Con el fin de presentar a continuación los resultados más relevantes basados en el instrumento utilizado, la técnica de análisis y descripción aplicada a la Investigación sobre Estrategias de Implementación de Paneles Solares en Estaciones de Servicio de combustibles en Barranquilla.

**Tabla 3.** Datos generales de las estaciones de servicio tenidas en cuenta para el análisis de datos.

Nombre de la EDS	Cargo persona entrevistada	Modelo de Operación	Año de Construcción
San Luis	Administrador	CLDO	1995
Portal de Soledad	Administrador	CLDO	2001
Manuela Beltrán	Administrador	CLDO	1999
San Jorge	Administrador	CLDO	2005
La Unión	Administrador	CLDO	2001
La 50	Administrador	CLDO	2004
La 17	Administrador	CODO	1996
Guadalupe	Administrador	CLDO	2001
Indupark	Administrador	CLDO	2016
El Rancho	Administrador	CLDO	2005

A través de la recopilación de datos narrativos, se exploraron las percepciones y experiencias de los responsables de diversas estaciones de servicio a las que se les aplicó la entrevista.

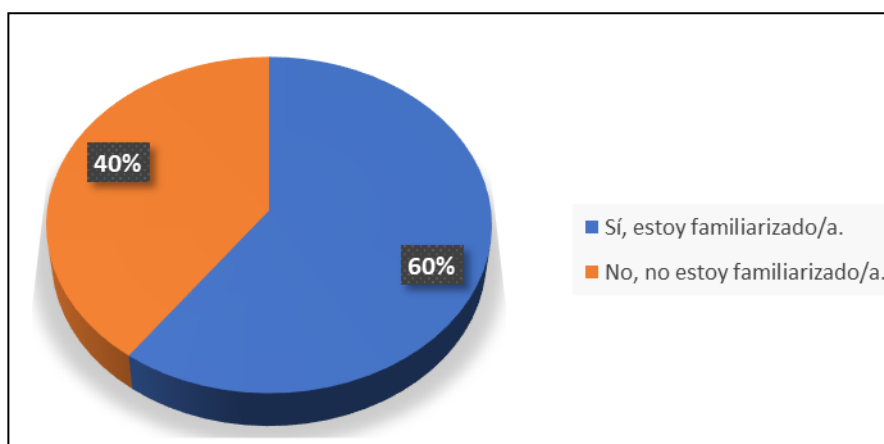
## 1. Familiaridad y experiencia con paneles solares.

Las estaciones de servicio participantes variaron en su grado de familiaridad con la implementación de paneles solares y ninguna ha tenido experiencia personal o profesional utilizando paneles solares. Esto sugiere un área de oportunidad para la implementación inicial. La Tabla 4 presenta una visión general de la familiaridad.

**Tabla 4.** Familiaridad y experiencia con paneles solares.

Estación de Servicio	Familiarizado/a	Percepciones sobre el Innovación/Desarrollo	Percepciones sobre el Ahorro de Energía
San Luis	Sí	Sí	Sí
Portal de Soledad	Sí	Sí	Sí
Manuela Beltrán	No	[No aplica]	[No aplica]
San Jorge	Sí	Sí	Sí
La Unión	No	[No aplica]	[No aplica]
La 50	No	[No aplica]	[No aplica]
La 17	No	[No aplica]	[No aplica]
Guadalupe	No	[No aplica]	[No aplica]
Indupark	Sí	Sí	Sí
El Rancho	No	[No aplica]	[No aplica]

**Figura 7.** Conocimiento sobre la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla.



Nota. Este gráfico muestra los porcentajes de familiarización de los operadores de estaciones de servicio encuestados sobre la implementación de paneles solares.

Se observa una variabilidad en la familiaridad con la implementación de paneles solares. Aquellas estaciones que están familiarizadas han expresado una diversidad de percepciones. Mientras algunas reconocen la innovación y desarrollo que los paneles solares podrían aportar, otras se centran en el ahorro de energía y la reducción de costos en la factura eléctrica.

## 2. Principales Ventajas y Desafíos.

Se identificaron diversas ventajas e importantes desafíos para considerar en la implementación de paneles solares. Las principales se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 5.** *Experiencia con Paneles Solares en Estaciones de Servicio.*

Estación de Servicio	Principales Ventajas	Desafío Principal	Desafíos Adicionales
San Luis	Ahorro de energía	Presupuesto para instalarlos	[No aplica]
Portal de Soledad	Ahorrar energía	Donde instalarlos	Se podría operar la estación cuando se va la luz
Manuela Beltrán	Ayudar al medio ambiente	Comprarlos	Ayudaría a preservar los recursos
San Jorge	Innovación y desarrollo	El costo	No sabe/ no responde
La Unión	Bajar la tarifa de la factura	El lugar para ponerlos	Hay mucho corte de energía y eso podría ayudar
La 50	Pagar menos en la tarifa de energía	Donde ponerlos	Los transformadores no se dañarían tanto
La 17	Bajar la tarifa de energía	La ubicación de los paneles	Cuando cortan la energía en horas de la noche no quedaría la estación cerrada y apagada
Guadalupe	Bajar el costo de la factura	El precio	No sabe/ no responde
Indupark	Bajar la tarifa de la factura	Lo que cuesta comprarlos e instalarlos	Se ahorraría luz y se pagaría menos
El Rancho	Reducir el costo de la factura	Donde instalarse	No sabe/ no responde

La principal ventaja percibida es el ahorro de energía, seguido de beneficios medioambientales y la innovación. Sin embargo, los desafíos, principalmente relacionados con el presupuesto

para la instalación, la ubicación de los paneles y el costo inicial, son consistentes en las respuestas. La falta de familiaridad con la tecnología también se destaca como un obstáculo potencial.

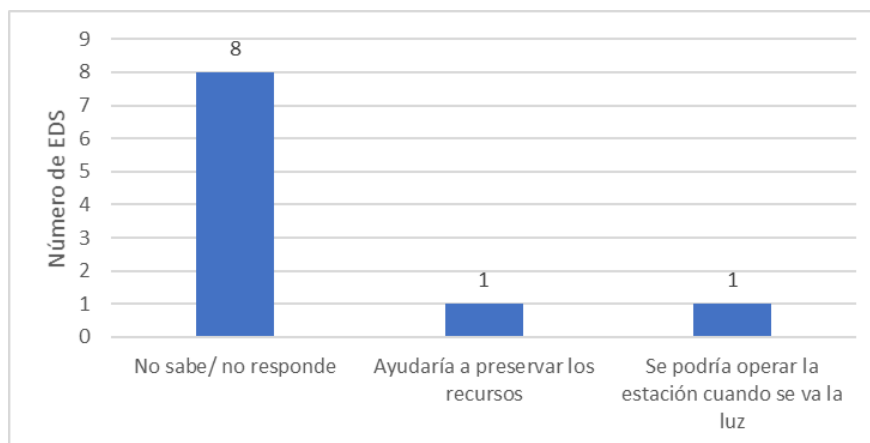
### 3. Impacto en el Medio Ambiente y la Comunidad.

Aunque algunos participantes no han proporcionado respuestas claras sobre el impacto ambiental, aquellos familiarizados destacan el potencial para preservar recursos y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional. La posibilidad de operar la estación durante cortes de energía se destaca como un beneficio adicional para la comunidad.

**Tabla 6.** Percepciones sobre el Impacto Ambiental de la Implementación de Paneles Solares.

Estación de Servicio	Impacto Ambiental
San Luis	No sabe/ no responde
Portal de Soledad	Se podría operar la estación cuando se va la luz
Manuela Beltrán	Ayudaría a preservar los recursos
San Jorge	No sabe/ no responde
La Unión	No sabe/ no responde
La 50	No sabe/ no responde
La 17	No sabe/ no responde
Guadalupe	No sabe/ no responde
Indupark	No sabe/ no responde
El Rancho	No sabe/ no responde

**Figura 8.** Percepciones sobre el impacto ambiental de la implementación de paneles solares en estaciones de servicio.



#### 4. Modelo de Operación y Probabilidad de Implementación.

Se evidencia una conexión entre el modelo de operación de las estaciones y la probabilidad de implementar paneles solares. Aquellas estaciones que no son de propiedad directa tienden a ver la inversión en paneles solares como responsabilidad del propietario, sugiriendo un vínculo entre la estructura de propiedad y la disposición a invertir en tecnologías renovables.

**Tabla 7.** Percepciones sobre el Impacto Ambiental de la Implementación de Paneles Solares.

Nombre de la EDS	Modelo de Operación	¿Cree que el modelo de operación de las estaciones de servicio podría estar relacionado con la probabilidad de que implementen paneles solares?
San Luis	CLDO	Si, porque la inversión la debería hacer el dueño
Portal de Soledad	CLDO	Si, porque la estación no es propia
Manuela Beltrán	CLDO	Si, por la inversión que se necesita
San Jorge	CLDO	Si
La Unión	CLDO	Si
La 50	CLDO	Si
La 17	CODO	Si
Guadalupe	CLDO	Si
Indupark	CLDO	No sabe/ no responde
El Rancho	CLDO	Si

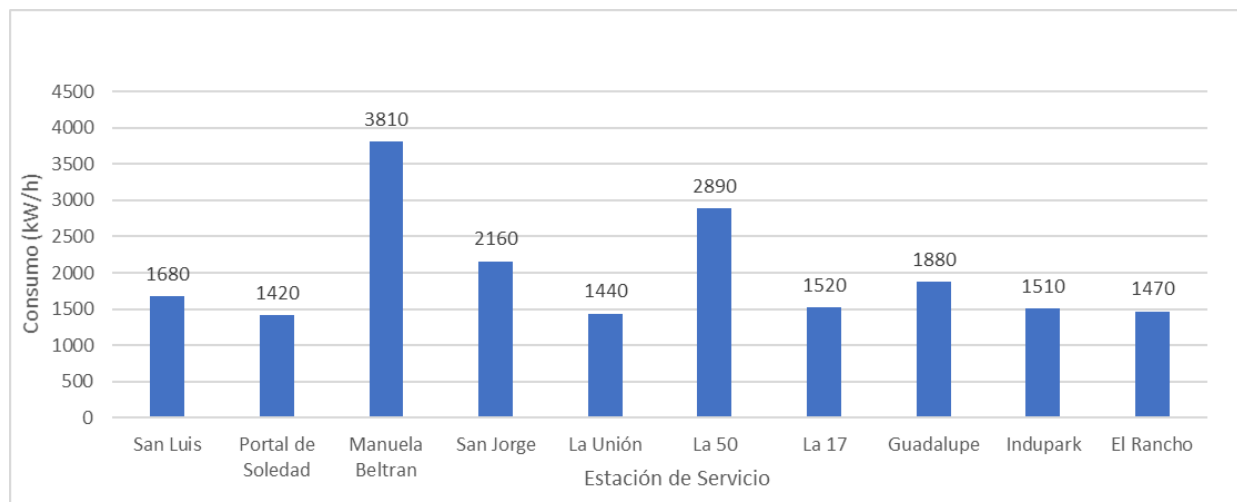
El análisis resalta la necesidad de abordar los desafíos financieros, proporcionar información detallada sobre los beneficios ambientales y desarrollar estrategias de marketing innovadoras para impulsar la implementación de paneles solares en estaciones de servicio en Barranquilla. La conexión entre el modelo de operación y la disposición a invertir subraya la importancia de considerar factores organizativos al diseñar estrategias de adopción de energía solar.

En la entrevista a los operadores/administradores de las siguientes estaciones de servicio de combustible, se consultó referente a los consumos eléctricos (kW/h) para el último mes de cada estación y si esta cuenta con facilidades de suministro eléctrico de emergencia, los datos consolidados se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Consumos eléctricos registrados el último mes en (kW/h) y disponibilidad de planta eléctrica en la estación de servicio.

Estación de Servicio	Consumo eléctrico (kW/h)	Planta eléctrica
San Luis	1680	Si
Portal de Soledad	1420	No
Manuela Beltrán	3810	Si
San Jorge	2160	Si
La Unión	1440	No
La 50	2890	Si
La 17	1520	No
Guadalupe	1880	Si
Indupark	1510	Si
El Rancho	1470	Si

**Figura 9.** Consumo eléctrico en kW/h de cada estación de servicio.



*Nota.* Este gráfico muestra los valores expresados en (kW/h) registrado en la factura de energía de cada estación de servicio

## Análisis estadístico.

### 1. Medidas de Tendencia Central:

- Media (Promedio): La media se calcula sumando todos los valores y dividiéndolos por el número total de valores.

$$\text{Media} = \frac{\text{Suma de todos los Valores}}{\text{Número de valores}}$$

$$\text{Media} = \frac{1680 + 1420 + 3810 + 2160 + 1440 + 2890 + 1520 + 1880 + 1510 + 1470}{10}$$

$$\text{Media} = \frac{120480}{10} = 2523.9 \text{ kW/h}$$

- Mediana:
- La mediana es el valor que se encuentra en el centro de los datos ordenados de menor a mayor. Si hay un número par de datos, se toma el promedio de los dos valores centrales.
- En este caso, los datos ordenados son: 1420, 1440, 1470, 1510, 1520, 1680, 1880, 2160, 2890, 3810.
- Como hay 10 datos, la mediana es el promedio de los valores en las posiciones 5 y 6:

$$\text{Mediana} = \frac{1520 + 1680}{2} = 1600 \text{ kW/h}$$

### 2. Medidas de Dispersión:

- Rango: El rango es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo.

$$\text{Rango} = \text{Valor Máximo} - \text{Valor Mínimo} = 3604 - 1603.5 = 2000.5 \text{ kW/h}$$

- **Desviación Estándar:** La desviación estándar es una medida que indica cuánto se desvían los valores individuales de la media. Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Desviación Estándar} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Donde:  $x_i$  es cada valor individual,  $\bar{x}$  es la media, y  $N$  es el número total de valores. En este caso:

$$\text{Desviación Estándar} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - 2523.9)^2}{10}}$$

$$\text{Desviación Estándar} = \sqrt{\frac{(1680 - 2523.9)^2 + \dots + (1470 - 2523.9)^2}{10}}$$

$$\text{Desviación Estándar} \approx 595.4 \text{ kW/h}$$

De los datos obtenidos como medidas de tendencia central se puede establecer que la media de consumo de energía eléctrica en las estaciones de servicio es de aproximadamente 2523.9 kW/h. La mediana (1600 kW/h) indica que la mitad de las estaciones de servicio tienen un consumo inferior a este valor y la otra mitad tiene un consumo superior. Como la mediana es considerablemente menor que la media, sugiere que puede haber algunos valores más altos que estén sesgando la media hacia arriba.

Así mismo se evidencia que el rango de consumo de energía por estación de servicio es de 2000.5 kW/h (desde 1603.5 kW/h hasta 3604 kW/h) y muestra la amplitud total de los datos y cuánto varían desde el valor mínimo hasta el máximo.

La desviación estándar es de aproximadamente 595.4 kW/h e indica la dispersión promedio de los datos alrededor de la media, resaltando que una desviación estándar

relativamente grande sugiere que hay variabilidad significativa en los consumos de energía de las estaciones de servicio.

La presencia de una planta eléctrica parece ser un factor relevante para el análisis del consumo de energía en las estaciones de servicio, pero es necesario un análisis más detallado para entender completamente la relación entre estas variables y posiblemente identificar áreas de mejora en eficiencia energética.

### **Estaciones con Planta Eléctrica (Si):**

Número de estaciones: 7

Consumos de energía (kW/h): 1680, 3810, 2160, 2890, 1880, 1510, 1470

Media de consumo:  $(1680+3810+2160+2890+1880+1510+1470) / 7 = 2155.7$  kW/h

Mediana de consumo: Mediana de los datos ordenados = 1880 kW/h

Desviación estándar:

$$\text{Desviación Estándar} = \sqrt{\frac{\sum (xi - 2155.7)^2}{7}} \approx 875.3 \text{ kW/h}$$

### **Estaciones sin Planta Eléctrica (No):**

Número de estaciones: 3

Consumos de energía (kW/h): 1420, 1440, 1520

Media de consumo:  $(1420+1440+1520) / 3 = 1460$  kW/h

Mediana de consumo: Mediana de los datos ordenados = 1440 kW/h

Desviación estándar:

$$\text{Desviación Estándar} = \sqrt{\frac{\sum (xi - 1460)^2}{3}} \approx 50.9 \text{ kW/h}$$

## **Análisis Comparativo de estaciones con y sin planta eléctrica de respaldo:**

Consumo Medio:

Estaciones con planta eléctrica: 2155.7 kW/h

Estaciones sin planta eléctrica: 1460 kW/h

Las estaciones con planta eléctrica tienden a tener un consumo medio más alto.

La mediana del consumo eléctrico en para ambas categorías es similar, indicando que la mitad de las estaciones en ambos grupos tienen un consumo por debajo de estos valores.

Las estaciones con planta eléctrica muestran una mayor dispersión en el consumo, con una desviación estándar significativamente mayor y sugiere que la mitad de las estaciones en ambos grupos tienen consumos moderados.

La dispersión del consumo es más grande en las estaciones con planta eléctrica, indicando una mayor variabilidad en los niveles de consumo.

El análisis de datos sobre la implementación de paneles solares en estaciones de servicio se centra en comprender las percepciones y desafíos clave, es por esto que en las entrevistas se plantearon tres preguntas que buscan examinar las respuestas y se permita realizar su análisis mediante la escala de Likert

La primera pregunta identifica desafíos percibidos, proporcionando una visión detallada de las preocupaciones potenciales que podrían surgir durante la implementación

1. *¿Qué cree que podría ser un desafío importante para la implementación de paneles solares en estaciones de servicio?*

La segunda pregunta explora la percepción de los encuestados sobre los costos iniciales, buscando entender cómo se relacionan con la expectativa de reducción de costos energéticos.

2. *En su opinión, ¿cuál cree que es la principal ventaja de utilizar paneles solares en estaciones de servicio?*

La tercera pregunta evalúa la actitud general hacia la efectividad de la implementación, arrojando luz sobre el consenso o discordia en cuanto a la adopción de paneles solares.

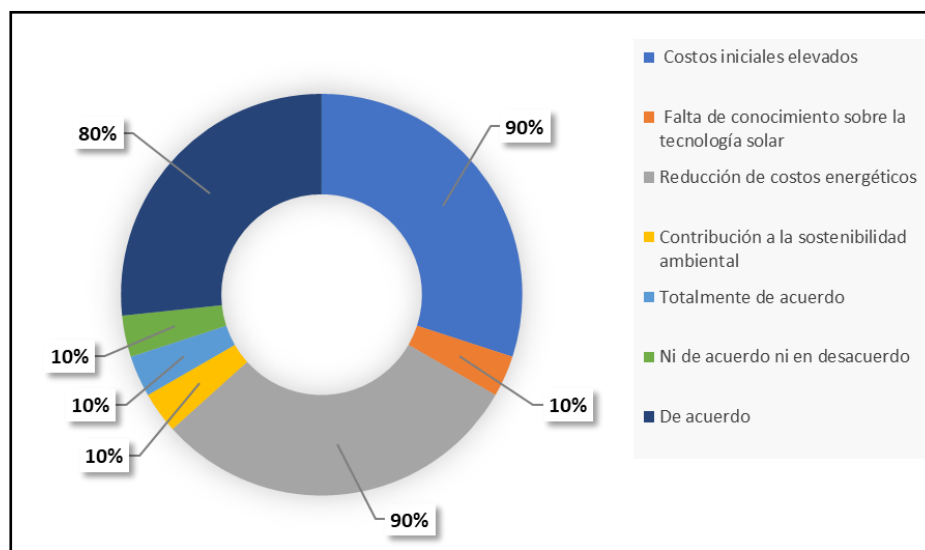
3. *Por favor, indique en qué medida está de acuerdo con la siguiente afirmación:  
'Considero que la implementación de paneles solares en estaciones de servicio es una medida efectiva para reducir nuestra dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.'*

**Tabla 9.** Valoración Likert a las preguntas sobre preferencias consultadas a los administradores de las estaciones de servicio.

Estación de Servicio	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
San Luis	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
Portal de Soledad	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
Manuela Beltrán	b. Falta de conocimiento sobre la tecnología solar	b. Contribución a la sostenibilidad ambiental	e. Totalmente de acuerdo
San Jorge	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
La Unión	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
La 50	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
La 17	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
Guadalupe	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
Indupark	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
El Rancho	a. Costos iniciales elevados	a. Reducción de costos energéticos	d. De acuerdo
	<i>(Seleccione una opción)</i>	<i>(Seleccione una opción)</i>	<i>(Seleccione una opción)</i>
	a. Costos iniciales elevados	Reducción de costos energéticos	a. Totalmente en desacuerdo
	b. Falta de conocimiento sobre la tecnología solar	Contribución a la sostenibilidad ambiental	b. En desacuerdo
	c. Problemas de mantenimiento y reparación	Mejora de la imagen y reputación de la estación de servicio	c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
	d. Resistencia por parte de los empleados o clientes	Otro (por favor, especifique)	d. De acuerdo
	e. Otro (por favor, especifique)		e. Totalmente de acuerdo

Este análisis tiene como objetivo proporcionar inputs estratégicos para la toma de decisiones, informando sobre la aceptación general, identificando áreas críticas de preocupación y apoyo, y guiando futuras políticas y acciones en la integración de energía solar en estaciones de servicio. La comprensión de estos aspectos contribuirá a la planificación efectiva y la implementación exitosa de medidas sostenibles en el sector de estaciones de servicio.

**Figura 10.** Valoración Likert a las preguntas sobre preferencias.



*Nota.* Este gráfico muestra los valores porcentuales y criterios para comprender las percepciones y desafíos clave en la implementación de paneles solares en estaciones de servicio de combustible.

A continuación, se presenta un análisis de datos detallado utilizando las respuestas proporcionadas:

### Resumen General:

- De acuerdo: 8 respuestas (80%)
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo: 1 respuesta (10%)
- En desacuerdo: 0 respuestas (0%)

- Totalmente de acuerdo: 1 respuesta (10%)
- Totalmente en desacuerdo: 0 respuestas (0%)
- El 80% de los encuestados están de acuerdo con la afirmación sobre la efectividad de la implementación de paneles solares.
- El 10% no expresó una posición clara, indicando ni estar de acuerdo ni en desacuerdo.
- El 10% está totalmente de acuerdo con la afirmación.

### Desglose por Estación de Servicio:

- La mayoría de las estaciones (90%) tienen respuestas en la categoría "De acuerdo".
- Una estación indicó estar "Ni de acuerdo ni en desacuerdo".
- No se observan respuestas en las categorías "En desacuerdo" o "Totalmente en desacuerdo", lo que sugiere una tendencia positiva hacia la implementación de paneles solares.

La mayoría de los encuestados están a favor de la implementación de paneles solares en estaciones de servicio como una medida efectiva para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático.

La estación que indicó estar "Ni de acuerdo ni en desacuerdo" podría requerir más investigación para comprender sus preocupaciones o perspectivas.

Este análisis presenta una visión de las respuestas y patrones en la escala de Likert, lo que es útil para comprender las actitudes y percepciones de los encuestados hacia la implementación de paneles solares en estaciones de servicio.

## Análisis de visualización y exploración de datos in situ de las áreas óptimas para instalación de los paneles solares en las estaciones de servicio.

De acuerdo a las revisiones de campo en cada estación de servicio se identificaron las mejores áreas disponibles para instalar los paneles solares, la tipología y ubicación de las estaciones y su área de Canopy como áreas de edificaciones destinadas a servicios complementarios, permite determinar que sobre la cubierta del Canopy es el lugar más adecuado para considerar la instalación de paneles.

Esta consideración se establece en función de la superficie disponible de la cubierta de Canopy en las estaciones y se deberá considerar realizar estudios estructurales detallados al momento de implementar un proyecto de energía solar para las estaciones de servicio.

**Tabla 10.** Superficie estimada disponible para la instalación de paneles solares en estaciones de servicio.

Estación de Servicio	Tamaño Canopy (m)		Superficie total (m <sup>2</sup> )	Superficie disponible (m <sup>2</sup> )
	L1	L2		
San Luis	34,06	13,86	472,07	377,66
Portal de Soledad	6,91	12,29	84,92	67,94
Manuela Beltrán	12,3	7,66	94,22	75,37
San Jorge	37,74	15,4	581,20	464,96
La Unión	5,7	10,21	58,20	46,56
La 50	23,55	7,3	171,92	137,53
La 17	6,5	12,03	78,20	62,56
Guadalupe	18,87	7,83	147,75	118,20
Indupark	8,37	28,5	238,55	190,84
El Rancho	7,35	17,47	128,40	102,72

En cada instalación se estima utilizar el 80% del área total del Canopy como área disponible para la ubicación de los paneles solares.

Para los paneles a utilizar se propone seleccionar fabricantes de paneles solares monocristalinos de lata potencia tomando como referencia las ventajas expresadas en esta investigación en la sección: Paneles solares y aplicación en proyectos de energía solar.

Se toma como opción un modulo fotovoltaico comercial distribuido en Colombia con Ref: Atlas 550W de Marca EcoGreen Energy. Este elemento cuenta con parámetros de funcionamiento que son aplicables para el proyecto de implementación solar en las estaciones de servicio, sus principales características físicas y técnicas están indicadas en la tabla 11.

**Tabla 11.** Características mecánicas y eléctricas módulos fotovoltaico Atlas 550W de Marca EcoGreen Energy

Características Mecánicas	
Tipo de Celda	Monocristalina (182x91 mm)
Numero de Celdas	144
Dimensiones	2279 x 1134 x 35 mm (Separación de celdas de 1.5 mm)
Peso	29 kg
Vidrio	Vidrio templado de 3.2 mm Alta transmisión (>94%), Recubrimiento anti-reflectante
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja e conexiones	Clasificación IP68 (3 diodos de derivación)
Cable	4.0 mm; 300 mm (+) / 300 mm (-) La longitud puede ser personalizada
Conector	MC4 o compatible con MC4
Carga Máxima Frontal	5400 Pa
Carga máxima trasera	2400 Pa
Características Eléctricas	
Potencia de salida (Pmax)	550 W
Tolerancia de potencia	0+-5W
Eficiencia del módulo	20.51%
Voltaje máximo de potencia (Vmp)	40.58 V
Corriente máxima de potencia (Imp)	13.06 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	49.29 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13.64 A

En este análisis toma como base el área total de Canopy existente frente a la superficie estimada que puede aprovecharse, así mismo al momento de elaborar el diseño detallado de instalaciones de esta envergadura es relevante considerar la orientación de los paneles ya que se optara por que la mayor cantidad de radiación solar sea captada por estos.

Para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos requeridos a ubicar en el área de cubierta del Canopy para cada estación de servicio se toman en cuenta sus dimensiones de largo y ancho para determinar la cantidad de filas y el máximo número de paneles a instalar por cada fila. En la tabla 12 presenta la relación para cada estación de servicio.

**Tabla 12.** Cantidad máxima de paneles fotovoltaicos en las cubiertas de Canopy para cada estación de servicio.

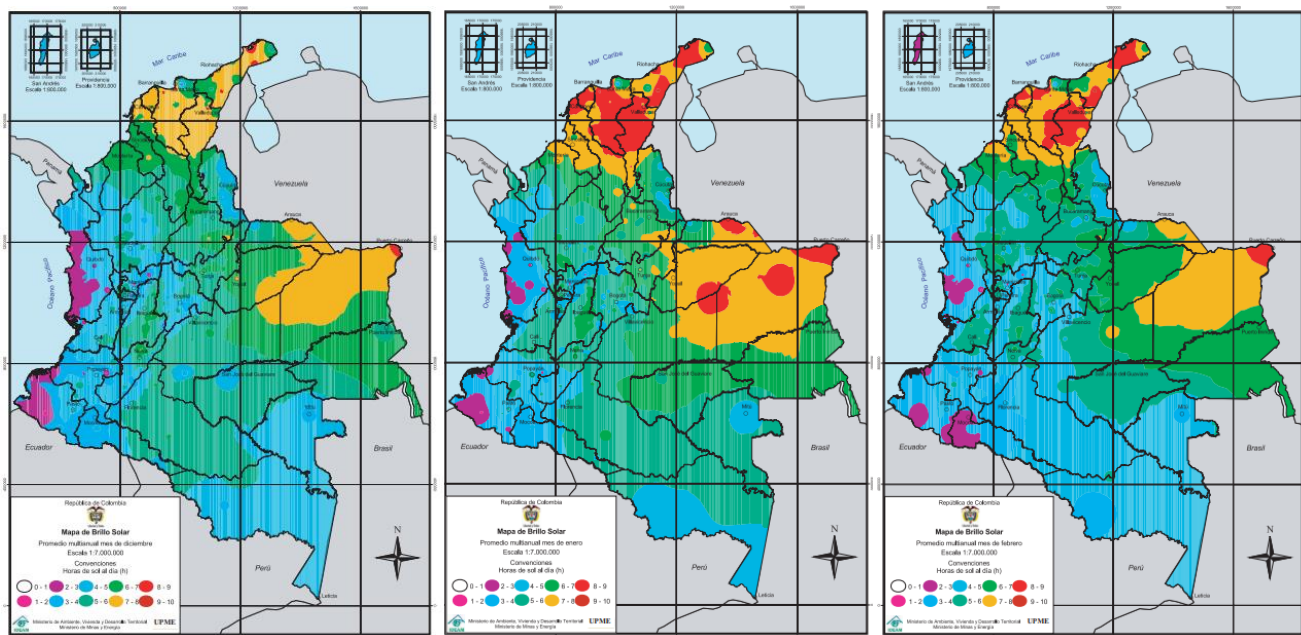
Estación de Servicio	Número de Filas	Número de Paneles por fila	Número máximo de paneles
San Luis	2	78	161
Portal de Soledad	2	16	29
Manuela Beltrán	1	28	32
San Jorge	2	86	199
La Unión	2	13	20
La 50	1	54	59
La 17	2	15	27
Guadalupe	1	43	51
Indupark	4	19	82
El Rancho	3	17	44

Es relevante la relación del promedio de nivel de exposición solar en la ciudad de Barranquilla en diferentes meses del año y la irradiación solar a través de la insolación o brillo solar y su medición, ya que esta determina el tiempo durante el cual en la superficie de los paneles es irradiada la radiación solar directa y se garantiza la funcionalidad y eficiencia de los sistemas de energía solar. (IDEAM, 2005).

La ciudad de Barranquilla, con su abundante radiación solar y constante brillo solar, presenta condiciones ideales para implementar proyectos de energía solar en estaciones de servicio. La alta radiación solar, característica de su clima tropical, durante la mayor parte del año ofrece una fuente confiable y sostenible de energía renovable. Este recurso, proporciona una generación de energía estable y predecible, optimizando la eficiencia de los sistemas solares que no solo capitaliza esta riqueza natural, sino que también responde a la demanda creciente de fuentes de energía limpias y sostenibles.

A continuación, se relaciona un análisis de costo de implementación de sistemas de energía solar que respalden los consumos eléctricos que tienen las estaciones de servicio contempladas en esta investigación.

**Figura 11.** Mapas de irradiación regiones de Colombia.



Nota. Brillo solar en regiones de Colombia. Reproducida de mapas de brillo solar promedio multianual meses diciembre, enero y febrero, reproducida de Atlas de Radiación solar de Colombia.

Tomado de: UPME 2005 (p.45-56). [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/3-Mapas\\_Brillo\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf)

**Figura 12. Mediciones de brillo solar, irradiación en la estación Las Flores (Barranquilla)**

Estación	Municipio	Departamento	Lat	Long	Elevación (m.s.n.m)	Valor promedio (horas de Sol al día)												Promedio anual	Periodo de Información (Años aproximados con información)
						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	Amazonas	-4,19	-69,94	84	4,3	4,1	4,2	4,7	4,8	5,0	6,0	6,4	5,9	5,5	5,2	4,6	5,1	ene-82 a dic-16 (32)
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6,22	-75,59	1516	5,6	5,3	4,8	4,1	4,5	5,6	6,5	6,1	5,0	4,3	4,5	4,9	5,1	abr-67 a dic-16 (38)
Aeropuerto Santiago Pérez	Arauca	Arauca	7,07	-70,74	128	8,8	8,1	6,5	5,3	5,0	4,5	4,7	5,3	6,0	6,5	7,0	8,0	6,3	jul-81 a dic-16 (34)
Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	8	7,9	7,8	7,1	6,7	5,7	6,2	6,8	6,7	5,9	5,5	6,2	7,0	6,6	jul-80 a oct-13 (22)
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,45	-75,52	2	8,9	8,6	7,7	7,0	6,2	6,3	6,8	6,5	5,8	5,5	6,3	7,8	6,9	jul-79 a dic-13 (36)
UPTC	Tunja	Boyacá	5,54	-73,36	2690	7,4	6,7	5,6	4,7	4,3	4,3	4,6	4,9	5,1	5,0	5,4	6,6	5,4	ene-79 a sep-16 (37)

Estación	Municipio	Departamento	Lat	Long	Elevación (m.s.n.m)	Valor promedio (Wh/m <sup>2</sup> )												Promedio anual	Periodo de Información (Años aproximados con información)
						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	Amazonas	-4,19	-69,94	84	4248,1	3980,1	3853,4	4068,3	3843,2	3783,9	4014,6	4739,4	5038,0	4713,3	4802,1	4457,7	4295,2	ago-14 a dic-16 (3)
Metromedellín	Medellín	Antioquia	6,33	-75,55	1440	4423,3	4598,0	4356,7	4346,0	4345,7	4850,1	4976,5	4848,7	4890,8	4262,0	4188,7	4285,0	4530,9	jul-05 a dic-16 (9)
Aeropuerto Santiago Pérez	Arauca	Arauca	7,07	-70,74	128	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1	4416,1	4895,9	4702,5	4786,5	5212,4	4619,8	ene-86 a ene-92 (4)
Las Flores (ENAVAL)	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	8	6213,4	6027,1	6297,6	5660,4	5566,3	5679,1	5888,9	5676,3	5194,6	4720,0	4767,6	5524,8	5601,4	nov-09 a dic-16 (5)
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,45	-75,52	2	5987,7	6412,9	6378,8	6012,8	4951,4	4988,7	5644,2	5213,1	5291,3	5014,5	4988,2	5746,8	5552,5	feb-90 a dic-00 (7)
UPTC	Tunja	Boyacá	5,54	-73,36	2690	5061,0	4979,7	4855,5	4479,6	4198,1	4143,0	4167,1	4245,5	4412,5	4537,3	4341,2	4548,1	4497,4	dic-92 a dic-02 (7)

Nota. Promedios mensuales de brillo solar (horas de sol al día), promedios horarios de la irradiación global y promedios mensuales de la irradiación global acumulada diaria recibida en superficie en (wh/m<sup>2</sup> por día). Reproducida de Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia.

Tomado de: ANDI 2017 (p.138-144). <https://www.andi.com.co/Uploads/RADIACION.compressed.pdf>

Información contenida en el atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia elaborado por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) en conjunto con la unidad de planeación minero energética de Colombia (UPME) demuestra que los valores promedios horarios de irradiación global (Wh/m<sup>2</sup>) en la estación de medición llamada Las Flores ubicada en la ciudad de Barranquilla, durante el primer trimestre del año presenta una distribución con máximos en los meses de diciembre, enero y febrero. Para estos periodos el número de horas/sol promedio es de 7 y 9 durante el día. Los valores mínimos coinciden con los meses más lluviosos, abril, mayo y septiembre, octubre, con valores promedio es de 5,5 horas/sol diarias. (IDEAM, 2005).

La radicación solar que tiene posibilidad de captar el sistema fotovoltaico propuesto por mes, tomando como referencia datos de la figura 12, para el mes de octubre en la ciudad de Barranquilla es de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>.mes.

Tomando como análisis los datos de resultado de la tabla 9, donde se consolidaron las respuestas sobre percepción de sostenibilidad, desafíos y ventajas de nuevas fuentes de

energía alternativas para suministro eléctrico a las tradicionales en las estaciones de servicio fue en Manuela Beltrán, donde se presentó una marcada diferencia en relación a la similitud de respuestas entre las demás , la generación eléctrica producida por la instalación, la cual tendría un total de 32 paneles sería de 15,54 kW/h-mes, para un mes como octubre, como se observa en la tabla 8 la demanda mensual de la estación es de 3.810 kW/h-mes por lo que se podría garantizar cubrir el 0,4% el consumo eléctrico de la estación de servicio mediante la instalación de paneles fotovoltaicos.

A continuación, se relaciona el estudio económico que presenta un listado de los materiales y equipos requeridos para la instalación fotovoltaica en esta estación de servicio, de forma que el costo de implementación del sistema de energía solar respalde el consumo eléctrico para la estación en función de energía generada por los paneles a instalar en el área disponible.

**Tabla 13.** *Propuesta Económica de instalación fotovoltaica para estación de servicio.*

Ítem	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1</b>	<b>DISEÑO, INGENIERIA Y LEGALIZACION</b>				
1,1	Diseño eléctrico planos, memorias de cálculos, tramite ante operador de red, incluye legalización, capacitación de operación del sistema	GL	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
<b>2</b>	<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>				
2,1	Suministro e instalación de estructura de paneles solares	GL	120	\$ 180.000	\$ 21.600.000
2,2	Suministro e instalación de paneles solares de 550Wp	UN	120	\$ 1.100.000	\$ 132.000.000
2,3	Suministro e instalación de cable desnudo N° 10 AWG sistema de puesta tierra de la estructura	ML	552	\$ 8.657	\$ 4.778.664
2,4	Set de conectores para aterrizar	UN	480	\$ 16.234	\$ 7.792.320
2,5	Suministro e instalación de Cable solar fotovoltaico 2kV, incluye elementos de soporte y marquillas	ML	446	\$ 27.846	\$ 12.419.316
2,6	Suministro e instalación de coraza metálica americana 3/4	ML	33	\$ 19.850	\$ 655.050
2,7	Suministro e instalación de set conectores mc4 hembra macho	UN	14	\$ 40.600	\$ 568.400

2,8	Suministro e instalación tablero desconexión DC	UN	1	\$ 4.045.932	\$ 4.045.932
2,9	Suministro e instalación de inversor 60kW	UN	1	\$ 29.843.100	\$ 29.843.100
2,10	Suministro e instalación de ducto IMC 3/4	ML	180	\$ 43.509	\$ 7.831.620
2,11	Suministro e instalación de data logging para monitoreo remoto del sistema	UN	1	\$ 620.000	\$ 620.000
2,12	Suministro e instalación del sistema puesta tierra	UN	1	\$ 750.000	\$ 750.000
<b>3</b>	<b>SISTEM AC</b>				
3,1	Suministro e instalación de medidor bidireccional trifásico de 4 tiempos incluye costo de parametrización	UN	1	\$ 2.314.100	\$ 2.314.100
3,2	Suministro en instalación alimentador desde inversor 60kW hasta TG en 3X2/OF+2/ON+6T Cu	ML	31	\$ 392.667	\$ 12.172.677
3,3	Suministro e instalación de breaker regulable de 3x140-200A industrial ABB	UN	1	\$ 1.644.552	\$ 1.644.552
3,4	Suministro e instalación de ducto EMT de 2"	ML	15	\$ 101.101	\$ 1.516.515
3,5	Suministro e instalación de ducto IMC de 2"	ML	15	\$ 116.975	\$ 1.754.625
3,6	Suministro e instalación de conduletas	UN	8	\$ 58.510	\$ 468.080
3,7	Suministro e instalación de marquitas de acuerdo a RETIE 2013 NTC 2050	UN	1	\$ 400.000	\$ 400.000
3,8	Inspección RETIE de sistema solar fotovoltaico	GL	1	\$ 3.332.000	\$ 3.332.000
<b>4</b>	<b>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL</b>				
4,1	Suministro e instalación perfil estructural 135x135x4 mm (Incluye limpieza y puntura)	ML	25	\$ 338.651	\$ 8.356.213
4,2	Suministro e instalación perfil estructural 80x40x2 mm (Incluye limpieza y puntura)	ML	173	\$ 75.750	\$ 13.123.688
4,3	Suministro e instalación perfil estructural 8200x100x4 mm (Incluye limpieza y puntura)	ML	79	\$ 316.396	\$ 24.995.284
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 293.982.136</b>
		ADMINISTRACION	14%	\$	41.157.499
		IMPREVISTOS	1%	\$	2.939.821
		UTILIDAD	3%	\$	8.819.464
		IVA SOBRE UTILIDAD	19%	\$	1.675.698
		<b>VALOR TOTAL</b>		<b>\$</b>	<b>348.574.619</b>

## Conclusiones.

El análisis detallado de la percepción y aceptación revela una correlación directa entre la disposición a adoptar sistemas de energía solar y la conciencia ambiental. (Gallego, 2017). Este hallazgo sugiere que la implementación exitosa de paneles solares no solo se traducirá en beneficios económicos y operativos, sino que también puede generar un impacto positivo en la percepción pública y la reputación de las estaciones de servicio, fortaleciendo así su posición en la comunidad y contribuyendo a un desarrollo sostenible en términos de responsabilidad social.

Además, la consideración de la variabilidad en el consumo de energía en las estaciones de servicio resalta la necesidad de estrategias flexibles y adaptables. La implementación de paneles solares no solo debe abordar las demandas actuales, sino también anticipar y adaptarse a posibles cambios en el consumo energético a lo largo del tiempo. (Bitar, 2017)

En un contexto de creciente conciencia ambiental y transición hacia fuentes de energía más sostenibles, la viabilidad técnica y arquitectónica se emerge como un punto relevante. La identificación de áreas, especialmente el Canopy, para la instalación de paneles solares resalta la importancia de integrar la tecnología solar en las estructuras existentes, asegurando así la eficiencia y adaptabilidad en un entorno específico como las estaciones de servicio de Barranquilla.

En términos de la evaluación económica, los resultados revelan una dualidad en la percepción de los actores involucrados. Aunque existe un reconocimiento general de los beneficios asociados, como el ahorro de energía y los impactos medioambientales positivos, los desafíos financieros, especialmente los relacionados con la inversión inicial y los costos de instalación,

emergen como barreras significativas. La estrategia de conexión a la red se destaca como una solución eficaz, proporcionando continuidad en el suministro y mitigando los costos a largo plazo. (Otto, 2022). Esta conclusión no solo aborda aspectos económicos, sino que también establece una conexión con el marco regulatorio y burocrático, subrayando la necesidad de políticas que respalden la adopción de tecnologías renovables.

En el ámbito social, el análisis de la percepción y aceptación de los propietarios de estaciones de servicio y otros actores relevantes revela una disposición general a adoptar sistemas de energía solar. La conciencia ambiental y la consideración de beneficios a largo plazo, como la independencia durante cortes de energía, reflejan una actitud positiva hacia la transición a fuentes de energía más sostenibles.

En relación con el consumo energético, la conexión entre el modelo de operación y la disposición a invertir subraya la necesidad de estrategias personalizadas para cada estación. (Verdú, 2022). La identificación de áreas específicas sobre las cubiertas de Canopy para la instalación de paneles solares destaca la importancia de considerar la infraestructura existente y desarrollar soluciones adaptadas a las características de cada estación.

Por último, la recomendación de conectar los sistemas de paneles solares a la red eléctrica, en lugar de optar por instalaciones aisladas, se fundamenta en razones técnicas y económicas. (Agudelo, 2015). Dada la baja generación eléctrica prevista debido a las limitaciones de espacio, la conexión a la red se presenta como una opción más viable, proporcionando continuidad en el suministro eléctrico y reduciendo los costos asociados con sistemas de almacenamiento de energía.

## Referencias

1. Proyecto de Ley 320 (2023, 4 de mayo). Por la cual se modifica el artículo 74 de la ley 143 de 1994 Régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones en materia energética. Congreso de Colombia. Diario Oficial n.º 41434, 12 de julio de 1994. [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=4631](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=4631)
2. Naciones Unidas. (2015). *El Acuerdo de París*. Naciones Unidas. [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf)
3. Redacción Economía. (21 de junio de 2023). Demanda de energía en la Costa Caribe aumentó 6,7 % en mayo. *El Heraldó*. <https://www.elheraldo.co/economia/demanda-de-energia-en-la-costa-caribe-aumento-67-en-mayo-1010169>
4. Ley 1715 (2014, 13 de mayo). Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Congreso de Colombia. Diario Oficial n.º 49.150 de 13 de mayo de 2014. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
5. Mojica, J., y Figueroa Castro (2023). *Informe perspectiva sectorial – energía actualidad del sector energético colombiano (pp 2)*. Dirección de Sectores y Sostenibilidad Investigaciones Corficolombiana

6. Ley 274 (2023, 6 de febrero). Por el cual se expide por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022- 2026 “Colombia potencia mundial de la vida”  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-05-texto-conciliado-PND.pdf>
7. Mojica, J., y Figueroa Castro (2023). *Informe perspectiva sectorial – energía actualidad del sector energético colombiano*. Dirección de Sectores y Sostenibilidad Investigaciones Corficolombiana.  
<https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/Informe%20Sectorial%20Sector%20Electrico%2024012023%20VF.pdf/6f0862d8-aacb-40fd-cc3e-0c95916bceba>.
8. Unidad de Planeación Minero Energética. (2023). *Seguimiento a la demanda por áreas 2020-2023p*. Proyecciones de demanda.  
<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>
9. Alcaldía de Barranquilla. (2021). *Informe de gestión enero- septiembre*. Secretaria distrital de desarrollo económico. <https://www.barranquilla.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/informe-de-gestion-sdde-septiembre-2021.pdf>
10. Air-E S.A.S. E.S.P. (2021). *Informe de gestión integrado*. Air-E S.A.S. E.S.P.  
<https://www.air-e.com/Portals/aire/documentos/nuestra-empresa/informe-de-gestion-air-e-2021.pdf>
11. Matteo, C. A. (2022). Sustentabilidad Energética: un panorama en la industria petrolera global. *LOGINN Investigación Científica Y Tecnológica*, 6(1).  
<https://doi.org/10.23850/25907441.4741>

12. Augusto, H. N. L. (2005). Perspectivas de sostenibilidad energética en los países de la comunidad andina. <https://repositorio.cepal.org/items/c7aaad37-152f-4310-8354-46b49d7245e8>
13. Ramírez-Cerpa, Elkin, Acosta-Coll, Melisa, & Vélez-Zapata, Jaime. (2017). Análisis de condiciones climatológicas de precipitaciones de corto plazo en zonas urbanas: caso de estudio Barranquilla, Colombia. Idesia (Arica), 35(2), 87-94. Epub 13 de mayo de 2017 <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000023>
14. Ospino, A. (2010). Análisis del potencial energético solar en la región Caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/283516407\\_Analisis\\_del\\_potencial\\_energetico\\_solar\\_en\\_la\\_Region\\_Caribe\\_para\\_el\\_diseño\\_de\\_un\\_sistema\\_fotovoltaico](https://www.researchgate.net/publication/283516407_Analisis_del_potencial_energetico_solar_en_la_Region_Caribe_para_el_diseño_de_un_sistema_fotovoltaico)
15. UPME. (2021) Balance energético colombiano. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
16. Velasco, A. y Salazar, C. (2019). Evolución de la generación de energía solar fotovoltaica en Colombia, trabajo de grado de especialización, Universidad Santiago de Cali. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/2781>
17. Resolución CREG (2018, 26 de febrero) Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación en el Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de <http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191>
18. Solórzano, N. C. (2019). Investigación De Mercados Para El Desarrollo De Sun Battery Como Alternativa De Sostenibilidad Generada Por La Energía Solar. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11708/T08907.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

19. Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17(6).
20. Cabezas-Maslanczuk, M.D., Franco-Brazês, J.I., Fasoli-Tolosa, H.J., (2018). Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. Ingeniería Investigación y Tecnología, 19 (02), 209-221. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n2.018>
21. Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. Revista Científica, 30 (3), 263-277. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-22532017000300263](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532017000300263)
22. Escobar, R., & Escalante Gómez, J. E. (2022). Feasibility study of a solar energy company in Colombia. Edu.co. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/31928/LuisFelipe\\_RomeroEscobar\\_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/31928/LuisFelipe_RomeroEscobar_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
23. Romero Tous, M. (2010). Energía solar fotovoltaica. España: Ediciones Ceac.
24. Fernández Salgado, J. M. (2010). Compendio de energía solar: Fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. España: Ediciones Mundi-Prensa.
25. Martínez Villanueva, J. (2008). Energía Solar Fotovoltaica: Manual Práctico. Editorial. Antonio Madrid Vicente.
26. Características De La Radiación Solar - IDEAM. (s/f). Gov.co. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

27. Sánchez, G., Salgado, V., & Afranio, C. (2017). Diseño De Una Microrred Basada En Renovables Para Suministrar Electricidad A Un Área De Concesión De La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. Upv.es. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83964/P030153316\\_TFM\\_1486766067227\\_1275997430684805011.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83964/P030153316_TFM_1486766067227_1275997430684805011.pdf?sequence=2)
28. Diaz, T., Carmona, G (2010) Componentes de una instalación fotovoltaica, *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.: McGraw-Hill Interamericana de España S.L. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
29. Franco Gil, J., & Sánchez, S. (2016). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la universidad tecnológica de Pereira. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a02efc9-d8fb-432a-b2ee-e50b181dd11b/content>
30. Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas Chamorro, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospectiva*, 13(1), 68. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.361>
31. Jiménez Osorio, G. & Giraldo López C. (2021) Situación actual de la industria de la energía fotovoltaica en Colombia Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1736/43.%20TGII%20Articulo%20Fotovoltaica-%20Cata%20y%20Gloria%20Final%2017%20de%20junio2021%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

32. Ocampo M., Medrano, D., Quintero V. (2018) Análisis Del Perfil De Carga Eléctrica Por Estrato En La Ciudad De Barranquilla. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de <file:///C:/Users/wilso/Documents/Wilson%20Nova/Seminario%20Investigaci%C3%B3n/Articulos/TESIS%20DE%20GUIA%202.pdf>
33. Casso, Q, J., (2016) Estación de servicio de venta de combustible alimentada por paneles solares de Combustible Alimentada Por Paneles Solares, Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de <https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/441/T%20FM%202021%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
34. Mendoza, J. Aristizábal, E. y González, W. (2022). Energías renovables: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota. Primera edición. Corporación Universitaria Minuto de Dios -UNIMINUTO. <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>
35. Resolución 40198 (2021, 24 de junio) Ministerio de Minas y Energía de Colombia (MME). por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio, plantas de abastecimiento, instalaciones del gran consumidor con instalación fija y tanques de almacenamiento del consumidor final, que sean nuevos o existentes, que almacenen biocombustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo, y sus mezclas de los mismos con biocombustibles, excepto GLP. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, [https://www.redjurista.com/appfolders/images/news/PR\\_MME\\_0011AJ\\_2022.pdf](https://www.redjurista.com/appfolders/images/news/PR_MME_0011AJ_2022.pdf)
36. Superintendencia de Industria y comercio (2020). *Estudio del mercado de combustibles: Una aproximación empírica para medir la intensidad de la competencia en Colombia (pp 20-27)*. Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de

<https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032021/ES-Mercado-de-combustibles-en-Colombia.pdf>

37. Contenido Patrocinado. L. Puente. (16 de diciembre de 2022). Puma Energy avanza en instalación de paneles solares en Centroamérica". *El Salvador*.

<https://www.elsalvador.com/destacados/puma-energy-avanza-en-instalacion-de-paneles-solares-centroamerica/1024611/2022/>

38. La energía solar y su potencial para ayudar a reducir el calentamiento global. (2022, abril 20). National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/04/la-energia-solar-y-su-potencial-para-ayudar-a-reducir-el-calentamiento-global>

39. Cristóbal López, A. (2017). Evaluación de la implantación de energía solar fotovoltaica en plantas de tratamiento de residuos municipales. Upm.es. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de [https://oa.upm.es/47350/1/tfg\\_alejandra\\_cristobal\\_lopez.pdf](https://oa.upm.es/47350/1/tfg_alejandra_cristobal_lopez.pdf)

40. Novoa Jerez, Jose Enrique, Alfaro, Marco, Alfaro, Ignacio, & Guerra, Rodrigo. (2020). Determinación de la eficiencia de un mini panel solar fotovoltaico: una experiencia de laboratorio en energías renovables. *Educación química*, (pp. 22-37) Pub 25 de enero de 2021. <https://doi.org/10.22201/fq.l8708404e.2020.2.70300>

41. Diaz, T., Carmona, G (2010) Componentes de una instalación fotovoltaica, *Instalaciones solares fotovoltaicas*. (pp, 8-10) España.: McGraw-Hill Interamericana de España S.L. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

42. Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2019). *Concepción o elección del diseño de investigación*. Metodología de la investigación. (pp.152-154) Editorial. McGraw Hill / Interamericana editores, S.A. DE C.V <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp->

[content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf](https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf)

43. Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2019). *Formulación de hipótesis*. Metodología de la investigación. (pp.105) Editorial. McGraw Hill / Interamericana editores, S.A. DE C.V <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf>
44. Zapata Ocampo, G. (2021). Herramienta interactiva para aplicar técnicas de visualización en análisis de datos. Universidad Nacional de Colombia.
45. Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2019). *Análisis de datos cuantitativos*. Metodología de la investigación. (pp. 271) Editorial. McGraw Hill / Interamericana editores, S.A. DE C.V <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf>
46. Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2019). *Análisis de datos cuantitativos*. Metodología de la investigación. (pp. 284-285) Editorial. McGraw Hill / Interamericana editores, S.A. DE C.V <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf>
47. Arias Cardona, Ana María, & Alvarado Salgado, Sara Victoria. (2015). Investigación narrativa: apuesta metodológica para la construcción social de conocimientos científicos. CES Psicología, (pp. 171-181). Retrieved October 03, 2023, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-30802015000200010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-30802015000200010&lng=en&tlng=es).

48. IDEAM. (2005) Atlas climatológico de radiación y viento, (pp. 22-26)  
[http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF\\_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260](http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260)
49. Gallego Landera, Yandi Aníbal, Garcia Sanchez, Zaid, Casas Fernandez, Leonardo, & Rivas Arocha, Yanet. (2017). Impact of the Implementation of Photovoltaic Panels at Cayo Santa Maria Electric System. *Ingeniería Energética*, 38(2), 76-87. Recuperado en 29 de noviembre de 2023, de  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012017000200002&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000200002&lng=es&tlng=en).
50. Bitar, S. M. & Chamas, F. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10726/1572>.
51. Otto, A. A. (2022). Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia del Guayas, Ecuador.  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22499>
52. Verdú, F. (2023, 1 enero). Diseño de instalación de generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para autoconsumo y vertido a red En la gasolinera de la estación de Autobuses de Elche. <https://hdl.handle.net/11000/29081>
53. Agudelo, G., Yoceli, C., & Pérez Calderón, M. L. (2015). Análisis de viabilidad del suministro de energía eléctrica a la granja la fortaleza ubicada en Melgar–Tolima mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Recuperado a partir de <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7962>