

**Barreras para la adopción de paneles solares en PYMES de Bogotá: Análisis  
económico, social e infraestructural**

Elaborado por:

María Camila García Ramírez

María Fernanda Beltrán Torres

Yulied Marcela Huertas Aguilar

Sergio Andrés Álvarez Peña

Universidad EAN

Especialización en Gerencia de Proyectos

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Pregrado

Bogotá

26/05/2025

## Tabla de Contenido

Planteamiento del Problema .....	5
Antecedentes del problema.....	6
Causas .....	10
Descripción del problema .....	11
Pregunta de investigación .....	14
Objetivos .....	14
Objetivo general. ....	14
Objetivos específicos.....	15
Conveniencia de la Investigación .....	15
Marco teórico .....	16
Energía Solar en Colombia .....	16
Barreras para la Implementación de la Energía Solar en Colombia .....	17
La Transición Energética .....	19
Teoría de la Difusión de innovación.....	20
Marco legal y Normativo .....	21
Impacto Económico .....	24
Impacto Ambiental .....	25
Impacto Social.....	25
Metodología .....	26
Primer nivel .....	26
Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	26
Definición de Variables .....	27
Población y Muestra .....	30
Segundo nivel.....	31
Selección de métodos o instrumentos para recolección de información .....	31
Técnicas de análisis de datos .....	32
Análisis de Datos en la Investigación sobre Barreras para la Adopción de Paneles Solares en PYMES de Bogotá.....	32
Consideraciones metodológicas.....	34
Análisis y discusión de los resultados .....	34
Conclusiones .....	58
Referencias.....	60

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Definición de variables - Elaboración propia .....	30
<b>Tabla 2.</b> Relación entre instrumento y técnica de análisis - Elaboración propia.....	34
<b>Tabla 3.</b> Información beneficios Elaboración propia. ....	39

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Finalidad de la Ley 1715 de 2014. Tomado de Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014 – UPME .....	23
<b>Ilustración 2.</b> Gráfica No. 1 sector economico – Elaboración propia .....	35
<b>Ilustración 3.</b> Gráfica No. 2 utilización energía renovable– Elaboración propia .....	36
<b>Ilustración 4.</b> Gráfica No. 3 evaluación – Elaboración propia .....	37
<b>Ilustración 5.</b> Gráfica No. 4 consideración costo– Elaboración propia .....	38
<b>Ilustración 6.</b> Gráfica No. 5 prioridad reducción costos – Elaboración propia .....	40
<b>Ilustración 7.</b> Gráfica No. 6 información disponible– Elaboración propia .....	41
<b>Ilustración 8.</b> Gráfica No. 7 resistencia al cambio– Elaboración propia.....	42
<b>Ilustración 9.</b> Gráfica No. 8 sostenibilidad ambiental– Elaboración propia .....	43
<b>Ilustración 10.</b> Gráfica No. 9 conocimiento– Elaboración propia .....	44
<b>Ilustración 11.</b> Gráfica No. 10 campañas información– Elaboración propia .....	45
<b>Ilustración 12.</b> Gráfica No. 11 asesoría– Elaboración propia.....	46
<b>Ilustración 13.</b> Gráfica No. 12 características estructurales– Elaboración propia .....	47
<b>Ilustración 14.</b> Gráfica No. 13 conexión eléctrica– Elaboración propia .....	48
<b>Ilustración 15.</b> Gráfica No. 14 condiciones climaticas – Elaboración propia .....	49
<b>Ilustración 16.</b> Gráfica No. 15 factor decisivo– Elaboración propia .....	51

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y SUSTENTACIÓN FINAL

### Planteamiento del Problema

La energía solar es la principal fuente de luz y calor en la Tierra, lo que la convierte en una fuente renovable, para generar energía a partir de ella, se aprovecha la radiación solar que llega al planeta mediante el uso de paneles solares o módulos fotovoltaicos.

Esta energía presenta múltiples ventajas: es gratuita, continúa e inagotable, no produce emisiones contaminantes y opera de manera silenciosa. Además, es una de las pocas tecnologías de energías alternativas que puede integrarse de manera armoniosa en entornos urbanos, colocándose en techos, fachadas o incluso en ventanas de los edificios. Gracias a su naturaleza modular, puede adaptarse tanto a sistemas pequeños como grandes para generar energía o captar calor.

Desde un punto de vista económico, los costos iniciales de instalación y mantenimiento de los sistemas sigue siendo una barrera importante. Aunque existen incentivos gubernamentales y financiamiento, las Pymes no tienen conocimiento de cómo acceder a estos beneficios. (Abadi, D. 2024)

Colombia tiene como objetivo estratégico la transición energética y la adopción de energías limpias y renovables. La Ley 1715 de 2014 regula la integración de las

energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y la Ley 2099 de 2021 en la que se dictan disposiciones para la transición energética, entre otras disposiciones.

Según datos de la Cámara de Comercio de Bogotá, el 99% de las empresas registradas en Bogotá y los municipios de su jurisdicción son microempresas y pequeñas empresas. Esto representa una gran oportunidad para fomentar la adopción de energías limpias en la industria de la ciudad y sus alrededores. Sin embargo, han transcurrido más de 10 años desde la promulgación de la ley 1715, aún como país y sociedad existe un largo camino por recorrer en cuanto a la adopción de la energía solar.

## **Antecedentes del problema**

La transición energética en Colombia ha incluido un enfoque creciente en la energía solar fotovoltaica como parte de la diversificación de su matriz energética. Desde 2016, el país ha comenzado a avanzar en el desarrollo de esta fuente renovable, inicialmente impulsado por la crisis hídrica del Fenómeno de El Niño, que evidenció la vulnerabilidad de depender principalmente de la energía hidroeléctrica. En los últimos años, Colombia ha experimentado un crecimiento acelerado en la instalación de proyectos solares fotovoltaicos, destacando la construcción de varias granjas solares en regiones como Córdoba, Tolima y

Antioquia, que han incrementado significativamente la capacidad instalada. En 2022, el país alcanzó un notable avance en su meta de generar 2.400 megavatios con energías renovables no convencionales, con la energía solar fotovoltaica desempeñando un papel clave en este logro. Las políticas públicas y los incentivos fiscales, como la deducción de impuestos para inversiones en energías renovables, han sido fundamentales para fomentar este crecimiento, la Ley 1715 de 2014 también permitió la entrega de excedentes a la red eléctrica, lo que ha favorecido el desarrollo de proyectos solares.

La energía solar fotovoltaica (FV) ha crecido rápidamente a nivel mundial, siendo la segunda fuente renovable con mayor penetración después de la eólica. A finales de 2013, la capacidad instalada alcanzó 139 GW, lo que representó entre el 0,85% y el 1% de la demanda eléctrica global. Este crecimiento, impulsado por la reducción de los costos de producción, ha logrado un aumento anual promedio del 55%, destacando países como Alemania, China e Italia, con capacidades instaladas de 36 GW, 19 GW y 18 GW, respectivamente.

La competitividad de la energía solar FV ha mejorado considerablemente debido a la disminución de costos, convirtiéndola en una opción más económica que las tarifas eléctricas en algunos mercados comerciales y residenciales. Además, su bajo impacto ambiental, con emisiones de 50 kg CO<sub>2</sub> EQ/MWh, la

hace más sostenible que las plantas térmicas que superan los 450 kg CO<sub>2</sub> EQ/MWh.

En Colombia, la irradiación solar promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día supera el promedio mundial, con algunas regiones como La Guajira alcanzando hasta 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/día, comparable con los mejores recursos solares del mundo. Sin embargo, la adopción de la energía solar FV ha enfrentado barreras como los costos iniciales y la falta de financiamiento adecuado, especialmente para pequeños inversores. Además, el marco regulatorio no estaba preparado para promover fuentes de energía no convencionales.

A pesar de estos desafíos, la implementación de proyectos solares en Colombia ha mostrado ser viable, especialmente en zonas no interconectadas y en sectores comerciales e industriales. Esta tendencia contribuye a diversificar la matriz energética y mitigar los impactos ambientales de la generación térmica.

En enero de 2023, las compañías Ecopetrol y la francesa Total Eren acordaron el desarrollo de un parque solar en campo Rubiales, propiedad de la primera compañía, el cual se estima cuenta con una capacidad de 100 MW y su ubicación es el municipio de Puerto Gaitán, Meta. Según el acuerdo suscrito Total Eren participa con el 51% y Ecopetrol con el 49%. (Arcila A. 2024)

Enel Colombia se encargaría de subsidiar a la italiana Enel, en febrero de 2024 se inauguro el parque solar mas grande del pais acompañado del presidente petro, La Loma con una capacidad de 187 MW, y que queda en un área de 387 hectáreas en el departamento del Cesar. El proyecto tuvo un costo de USD 126 millones, con una capacidad instalada de más de 400.000 paneles solares, lo que permitirá a la planta generar alrededor de 420 GWh de electricidad al año. actualmente, El Paso se encuentra terminando el proceso de ampliación para alcanzar una capacidad instalada de 99.9 MW. (Arcila A. 2024)

Bancolombia instaló más de 1.960 paneles fotovoltaicos en la Dirección General, en Medellín, contribuyendo a la estrategia organizacional que ejecuta para disminuir los niveles de carbono y adoptando energías limpias. Dentro de los cálculos realizados por la entidad financiera estima que generará 1,1 millones de kilovatios/hora por año. (La República. 2020)

Buscando reducir la huella de carbono y los costos de operación, la Alianza entre Bioversity International y el Ciat enfocada desde 2017 al uso de las tecnologías limpias. Se realizo la instalación de más de 8028 paneles solares en un área de 14000 metros cuadrados con una capacidad de generación de 3.273 kilovatios/hora al año. (La República. 2020)

La Compañía Nacional de Chocolates, perteneciente al Grupo Nutresa, tiene el techo de energía fotovoltaica más grande de la región, ubicado en Rionegro en el departamento de Antioquia. Además, es el techo más grande del sector de alimentos en el país. El sistema de energía renovable dispone 8.000 módulos con una capacidad de generación 2.132 kWp. (La República. 2020)

Ecopetrol puso en funcionamiento un parque solar en Castilla la nueva, en meta, es el más grande centro de generación de energía fotovoltaica que se haya construido en el país. Tiene un área de 18 hectáreas donde están ubicados más de 54.500 paneles de última tecnología. (La República. 2020)

Empresas Públicas de Medellín (EPM) en el año 2018 instaló en el Parque Comercial El Tesoro 1.568 paneles solares que cuentan con una capacidad de 423 kWp. Para el desarrollo del proyecto en Plaza Mayor se tienen previstas dos etapas, la primera construida en el año 2019, la cual contó con la instalación de 504 paneles fotovoltaicos con una capacidad de 156,2 kWp y la segunda contará con 600 paneles (240 kWp). (La República. 2020)

## Causas

- Altos costos iniciales en instalación: los costos de adquisición de los paneles solares rondan entre \$340.000 y \$1.150.000 por unidad con una

potencia entre los 150 kW y los 550 kW. Siendo estos el costo de los equipos sin tener en cuenta las adecuaciones civiles y costos de instalación.

- Desinformación en beneficios y tecnologías: No se cuenta con información organizada, accesible y de fácil manejo acerca de la energía solar fotovoltaica en páginas gubernamentales o proveedores de suministro de energía eléctrica.
- Escasez de proveedores: En Colombia, la escasez de proveedores que ofrecen servicios de instalación de paneles solares se ha convertido en un reto creciente para la expansión de energías renovables. A pesar del aumento de la demanda por soluciones energéticas sostenibles, la falta de instaladores capacitados y la infraestructura insuficiente para atender a todo el territorio dificultan la expansión rápida de este mercado.
- Condiciones climáticas variables: si bien es cierto que las condiciones climáticas en Bogotá y sus alrededores son muy variables, teniendo en cuenta la nubosidad y pluviosidad, donde hay una irradiación diaria promedio entre 4.0 y 4.5 kWh/m<sup>2</sup> día, lo que hace viable la generación de paneles solares aun con la inestabilidad del clima.

## Descripción del problema

La energía solar al ser un recurso abundante y renovable puede proporcionar una fuente de energía sostenible, confiable y asequible para todas aquellas comunidades que deseen implementar estrategias de energía que con el paso del tiempo generan grandes ventajas económicas y ambientales. Sin embargo, en Colombia se evidencia que los sistemas de paneles solares aun no son acogidos en su totalidad al no contar con varios factores que beneficien la implementación de este sistema.

Los paneles solares, poseen una tecnología de energía renovable que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyen al cambio climático, los cuales hoy en día es una de las problemáticas ambientales que afectan a nuestro país y a nivel mundial, sin embargo, se conoce que ya existen algunas pymes como Envisaeo E.S.P que, al implementar paneles fotovoltaicos, lograron cubrir el 14.8% de su consumo energético y redujeron cinco toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Este sistema ofrece soluciones a los desafíos energéticos, ya que permite obtener energía más económica y eficiente al momento de generar electricidad para satisfacer las necesidades que se requieren, de igual manera contribuyen a generar y ofrecer oportunidades de empleo y crecimiento económico, que al impulsar e implementar estos se podrá tener ganancias o ahorros a largo plazo.

La compañía Década 10 ubicada en Tuluá, Valle del Cauca es un almacén de moda que ha instalado 385 paneles solares. Esta iniciativa evita la emisión de 55,2 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, los paneles solares cuentan con un sistema fotovoltaico instalado on-grid (conectado a la red), en el que la energía producida se usa o consume en el momento de la generación. La estrategia de esta compañía, comparándola con la siembra de árboles tiene un impacto positivo, y equivale a la siembra de 197 árboles (Celsia 2018).

Puntualizando el problema que enfrentan las pequeñas y medianas empresas (pymes) ubicadas en Bogotá y sus alrededores para la adopción masiva de paneles solares radica en una combinación de barreras económicas, sociales y de infraestructura que dificultan la transición hacia fuentes de energía más sostenibles.

Desde el punto de vista económico, muchas pymes no cuentan con los recursos financieros necesarios para afrontar los altos costos iniciales de instalación de paneles solares, a pesar de los beneficios a largo plazo que esta tecnología ofrece en términos de reducción de costos energéticos. Además, la falta de incentivos gubernamentales claros o programas de financiamiento accesibles agrava aún más esta limitación. En cuanto a la infraestructura, muchas empresas no tienen acceso a la tecnología o las condiciones adecuadas para la implementación de sistemas solares, como una red eléctrica que permita integrar eficientemente estas

soluciones. A nivel social, la falta de conocimiento y conciencia sobre los beneficios que la energía solar puede traer tanto a nivel económico como ambiental contribuye a la resistencia al cambio y a la desinformación. En muchos casos, las pymes perciben la adopción de paneles solares como una inversión innecesaria o poco rentable debido a la falta de claridad sobre el retorno de la inversión. Estos factores en conjunto crean un entorno desfavorable que dificulta la adopción masiva de tecnologías solares, lo que limita las oportunidades de las pymes para beneficiarse de una energía más limpia, económica y sostenible, y contribuye a perpetuar una dependencia de fuentes de energía tradicionales, sin tener en cuenta que, en Bogotá por su clima, cuenta con una mayor radiación solar y posee espacios disponibles para instalación de este sistema innovador.

## **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las principales barreras económicas, sociales y de infraestructura que limitan la adopción de paneles solares en PYMES de Bogotá y alrededores y qué estrategias pueden mitigar estos obstáculos?

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Identificar y analizar las barreras económicas, sociales e infraestructurales que afectan la adopción de paneles solares en PYMES del sector industrial y comercial de Bogotá y sus alrededores y proponer estrategias para su mitigación.

## Objetivos específicos

1. Evaluar el impacto de la normativa vigente en la adopción de energía solar en PYMES de Bogotá.
2. Examinar la percepción de los empresarios sobre la viabilidad económica y operativa de la energía solar.
3. Analizar las barreras sociales y culturales que afectan la transición energética en este sector.
4. Diseñar estrategias para superar las limitaciones identificadas y fomentar la adopción de paneles solares en las PYMES.

## Conveniencia de la Investigación

La investigación sobre las barreras económicas, sociales y de infraestructura para la adopción de paneles solares en las pymes de Bogotá es altamente conveniente tanto para las empresas intervenidas como para el campo de estudio. A través de este análisis, se podrán identificar soluciones prácticas para reducir los obstáculos que enfrentan las pymes, promoviendo una transición hacia fuentes de energía más sostenibles y económicas. Los resultados podrían ofrecer

recomendaciones valiosas para políticas públicas y estrategias de apoyo financiero, lo que beneficiaría directamente a las empresas al reducir los costos operativos a largo plazo. Además, este proyecto tiene implicaciones prácticas al proporcionar un enfoque accesible para la adopción de energías renovables en pymes, contribuyendo al desarrollo de una economía más sostenible.

Metodológicamente, el estudio facilitará el uso de herramientas y enfoques aplicables a investigaciones similares. Teóricamente, el proyecto enriquecerá el conocimiento sobre los factores que inciden en la adopción de tecnologías sostenibles en el sector empresarial.

## **Marco teórico**

### **Energía Solar en Colombia**

La energía solar fotovoltaica (FV) se ha posicionado como una de las fuentes renovables con mayor potencial de desarrollo en el mundo. En Colombia, esta energía representa una oportunidad clave debido a la alta radiación solar en diversas regiones del país. De acuerdo con estudios del Atlas de Radiación Solar de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), la irradiación promedio en Colombia es de aproximadamente 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día, con algunas zonas como La Guajira alcanzando hasta 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/día, comparable con algunas de las regiones con mejor recurso solar en el mundo.

El gobierno colombiano ha promovido diversas iniciativas para incentivar el desarrollo de la energía solar FV. La Ley 1715 de 2014 es uno de los principales marcos normativos que ha impulsado la integración de fuentes renovables en la matriz energética nacional. Esta ley establece incentivos como beneficios tributarios y la posibilidad de autogeneración con venta de excedentes a la red eléctrica. No obstante, la adopción de esta tecnología ha sido lenta debido a múltiples barreras estructurales y regulatorias.

Según datos de la UPME, en 2014 la capacidad instalada de energía solar FV en Colombia era de apenas 9 MWp. Sin embargo, con la implementación de nuevos proyectos a gran escala, especialmente en regiones como la Guajira y el Caribe, se han logrado avances en la generación de electricidad a partir de esta fuente. Se estima que para 2023 la capacidad instalada alcanzó más de 1.000 MW, gracias a proyectos de generación a gran escala y el crecimiento de la generación distribuida en hogares e industrias.

## **Barreras para la Implementación de la Energía Solar en Colombia**

A pesar del potencial técnico y los avances en regulación, la energía solar FV enfrenta varias barreras en Colombia. Entre las principales limitaciones se encuentran:

- **Venta de Excedentes:** Antes de la Ley 1715 de 2014, no existía una regulación que permitiera a los auto generadores vender excedentes de energía a la red, lo que desincentivaba la inversión en este tipo de sistemas. Aunque la ley mejoró este panorama, su implementación aún enfrenta dificultades regulatorias y técnicas, especialmente en la definición de tarifas y esquemas de medición neta.
- **Política Energética:** La falta de una política clara para la generación distribuida y la ausencia de incentivos específicos han dificultado el crecimiento de la energía solar. Además, la falta de promoción de redes inteligentes limita la participación activa de los usuarios en la gestión energética. En comparación con otros países de la región, Colombia ha avanzado lentamente en la integración de energía solar en su matriz energética.
- **Requerimientos Técnicos:** La ausencia de normativas claras para la selección, instalación y conexión de sistemas solares FV al Sistema Interconectado Nacional (SIN) genera incertidumbre entre los inversores y desarrolladores. Además, los costos de conexión a la red pueden ser elevados, lo que desincentiva a pequeños y medianos inversionistas.
- **Falta de Información sobre Potenciales:** A pesar de los estudios existentes, se carece de una cuantificación precisa de los potenciales de desarrollo por sectores o nichos específicos, lo que dificulta la planificación y promoción

de proyectos. En muchas regiones, los datos sobre irradiación solar y factibilidad técnica aún son limitados.

- Limitaciones Financieras: No se cuenta con esquemas financieros accesibles para pequeños y medianos usuarios interesados en invertir en energía solar FV, lo que dificulta la penetración del mercado. Aunque existen líneas de crédito y fondos de inversión para energías renovables, el acceso a estos recursos sigue siendo complejo y con requisitos estrictos.
- Infraestructura y Redes Inteligentes: La falta de un marco regulador para redes inteligentes y de una infraestructura adecuada limita la integración eficiente de energías renovables a la red eléctrica nacional. La variabilidad de la generación solar también plantea desafíos técnicos para la estabilidad del sistema eléctrico.

## La Transición Energética

La transición energética implica cambiar la forma en que se produce, distribuye y consume la energía, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles y aumentando el uso de energías renovables. Este proceso busca mitigar el cambio climático y reducir la huella de carbono. A nivel global, se enmarca en acuerdos como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. En América Latina, y específicamente en Colombia, se ha avanzado en la diversificación de la matriz energética con fuentes como la solar, eólica e hidrógeno. la huella de carbono. A nivel global, se enmarca en acuerdos como el Acuerdo de París y los

Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. En América Latina, y específicamente en Colombia, se ha avanzado en la diversificación de la matriz energética con fuentes como la solar, eólica e hidrógeno. (Ministerio de Minas y Energía 2021)

## **Teoría de la Difusión de innovación**

La Teoría de la Difusión de Innovaciones, da a conocer como los individuos y la sociedad en conjunto pueden implementar nuevas ideas, productos o tecnologías. Según Everett Rogers, esta teoría manifiesta que las nuevas ideas no son adoptadas completamente por una sociedad al mismo tiempo, si no que por el contrario esta se difunde y se adapta por medio de una serie de etapas, las cuales se clasifican en las características de la innovación, quien las adopta y los medios de comunicación que se utilizan para fomentar esta idea. (Rogers, E. M. 1962).

Esta teoría permite comprender, como las pymes al momento de implementar tecnologías sostenibles, como los paneles solares, generan innovación que aportarían cambios positivos, sin embargo, es necesario destacar el proceso a la hora de estar en marcha, desde la parte tecnológica, los canales de comunicación y el contexto en general, los cuales son factores relevantes que permiten influenciar en los beneficios económicos, líderes empresariales o diferentes apoyos, e identificación de estrategias efectivas que puedan contribuir a las barreras que se presentan en la actualidad y que no permiten en su totalidad, el

buen aprovechamiento de este sistema que aporta a la sustentabilidad y crecimiento económico.

## Marco legal y Normativo

El marco normativo para el desarrollo y la implementación de proyectos de energía solar en Colombia está regulado principalmente por las leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021, las cuales promueven el uso de energías renovables no convencionales y facilitan la integración de estas tecnologías en el sector productivo, incluidas las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES).

La Ley 1715 de 2014 establece las disposiciones para la integración de las energías renovables no convencionales (ERNC) al Sistema Energético Nacional. Esta ley tiene como objetivo fomentar el desarrollo de tecnologías de energía limpia y sostenible, como los paneles solares, dentro del país. La ley también establece incentivos para las empresas que adopten estas tecnologías, promoviendo el ahorro de energía, la reducción de costos operativos y la mejora en la competitividad de las empresas, incluidas las PYMES.

Entre los aspectos clave de la Ley 1715 se destacan:

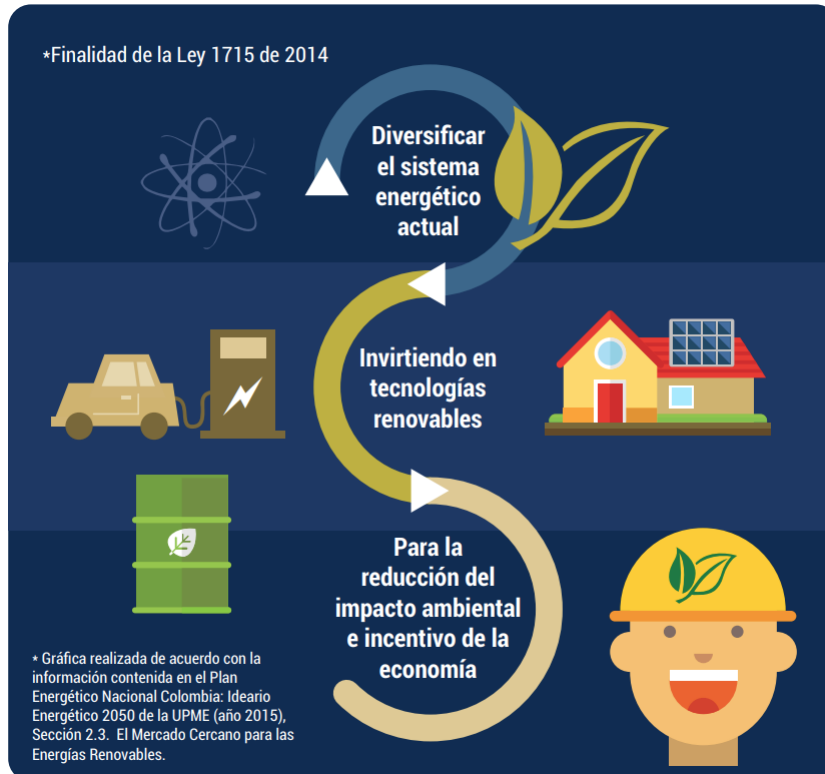
- La creación de incentivos fiscales y tributarios para empresas que implementen proyectos de energías renovables.

- La definición de un marco regulador que facilita la conexión de sistemas de energía renovable con la red eléctrica nacional.
- La promoción de la investigación y desarrollo en el sector de energías renovables. (Ley 1715, 2014)

También se reglamentó la Ley 2099 de 2021 tiene como propósito establecer un marco para el impulso de la transición energética en Colombia. Esta ley refuerza el compromiso del país con el uso de energías limpias y la reducción de la dependencia de fuentes de energía fósil. En particular, la ley aborda la adopción de tecnologías como los paneles solares, ofreciendo condiciones más favorables para la inversión en energías renovables.

La Ley 2099 incluye:

- Implementación de mecanismos de financiamiento accesibles para PYMES que deseen incorporar energías renovables.
- Fortalecimiento de incentivos a nivel local y nacional para el uso de energía solar, contribuyendo así a la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono empresarial. (Ley 2099, 2021)



*Ilustración 1. Finalidad de la Ley 1715 de 2014. Tomado de Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014 – UPME*

El Plan Energético Nacional 2020 – 2050, de Colombia tiene como objetivo garantizar una matriz energética sostenible, resiliente, inclusiva y competitiva que apoye el desarrollo económico, social y ambiental del país. Este plan aborda diversos aspectos clave para promover una transición energética hacia fuentes más limpias y sostenibles, y proporciona el marco normativo para el desarrollo de proyectos de sostenibilidad y eficiencia energética. (Plan Energético Nacional 2020-2050 de Colombia).

En el contexto de Bogotá, la implementación de paneles solares en las PYMES se beneficia de un marco normativo local que apoya las políticas nacionales. La

Alcaldía de Bogotá, a través de iniciativas como la Política Pública de Cambio Climático, refuerza los esfuerzos por promover el uso de energías renovables en el sector empresarial, alineándose con los objetivos nacionales de sostenibilidad y transición energética. (Política pública de acción climática 2023-2050, 2023)

## Impacto Económico

- Reducción de costos energéticos a largo plazo: Aunque la instalación inicial de paneles solares es costosa, su mantenimiento es bajo y generan un ahorro significativo en la factura eléctrica con el tiempo, beneficiando especialmente a microempresas y pequeñas empresas.
- Incentivos fiscales: Leyes como la 1715 de 2014 ofrecen deducciones de impuestos, lo que fomenta la inversión en energía renovable, atrayendo capital al sector energético colombiano.
- Generación de empleo: La expansión de proyectos solares puede crear empleos en manufactura, instalación, mantenimiento y operación de sistemas fotovoltaicos.
- Barrera de acceso por costos iniciales: El costo elevado de los paneles sigue siendo un obstáculo importante para pequeños inversores y comunidades menos favorecidas.

## Impacto Ambiental

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: La energía solar tiene una huella de carbono significativamente menor en comparación con plantas térmicas, contribuyendo a mitigar el cambio climático.
- Sostenibilidad energética: La utilización de una fuente inagotable y limpia, como la radiación solar, ayuda a reducir la dependencia de energías contaminantes.
- Uso de materiales en paneles solares: Aunque su impacto ambiental es bajo, la producción de paneles requiere materiales como el silicio, cuya extracción puede tener efectos adversos si no se realiza adecuadamente.

## Impacto Social

- Acceso a energía en zonas rurales: La implementación de sistemas solares en regiones no interconectadas mejora la calidad de vida y fomenta el desarrollo en estas comunidades.
- Aumento en la concienciación ambiental: Promover la energía solar refuerza la educación sobre prácticas sostenibles y fomenta una cultura más consciente del cuidado del medio ambiente.
- Desigualdad en adopción: Las altas barreras de costos iniciales podrían profundizar las desigualdades sociales, ya que los sectores más vulnerables podrían quedar rezagados en el acceso a este tipo de energía.

## **Metodología**

### **Primer nivel**

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

El enfoque metodológico adoptado para este estudio es de tipo mixto cuantitativo y cualitativo, dado que se pretende medir y analizar, mediante datos estructurados, las percepciones y barreras que enfrentan las pequeñas y medianas empresas (pymes) de Bogotá y sus alrededores en relación con la adopción de sistemas de energía solar fotovoltaica. Este enfoque permite recoger información objetiva a través de instrumentos estandarizados como encuestas, facilitando el análisis estadístico de los datos recolectados.

El diseño de investigación es no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables del estudio, sino que se observan tal como se presentan en el entorno natural de las empresas participantes. Adicionalmente, se trata de un diseño transversal, puesto que la información se recolecta en un único momento del tiempo, permitiendo una caracterización puntual de las barreras existentes en el contexto actual.

### Definición de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
Barreras económicas	Son los factores financieros que limitan la capacidad de una empresa para invertir en tecnologías sostenibles como los paneles solares. Incluyen costos iniciales, acceso a crédito, e incentivos.	Se mide a través de ítems en la encuesta que recogen percepción de costo, conocimiento de beneficios fiscales y acceso a financiamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo inicial</li> <li>• Acceso a crédito</li> <li>• Retorno de inversión</li> <li>• Incentivos fiscales</li> </ul>
Barreras sociales	Se refiere a las limitaciones relacionadas con el conocimiento, creencias, actitudes y	Se mide con preguntas de percepción mediante escalas de conocimiento,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento ambiental</li> <li>• Cultura organizacional</li> <li>• Información disponible</li> </ul>

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
	cultura organizacional frente a la adopción de paneles solares.	disposición y actitud.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Percepción social</li> </ul>
Barreras infraestructurales	Son los obstáculos físicos, técnicos y logísticos que dificultan la implementación de tecnología solar en una empresa.	Se mide mediante que valoran el estado físico, disponibilidad de espacio, viabilidad técnica, conocimiento sobre mantenimiento y percepción del clima, con preguntas cerradas y escalas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espacio físico</li> <li>Condiciones estructurales</li> <li>Proveedores</li> <li>Clima</li> <li>Red eléctrica</li> </ul>

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
Disposición a adoptar tecnología solar	Es la intención o voluntad percibida por parte de la empresa de implementar paneles solares en un horizonte temporal determinado.	Se mide mediante preguntas que permiten identificar el nivel de intención y los elementos que impulsan o frenan la decisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intención de adopción</li> <li>• Factores decisivos</li> </ul>
Características generales de la empresa	Variables de contexto que permiten caracterizar el perfil empresarial para el análisis cruzado de barreras e intenciones.	Se mide mediante las preguntas 1 a 5 del cuestionario. Se utilizan categorías fijas (tipo de empresa, sector, consumo, uso previo de energías renovables) como	Tamaño de empresa, Sector económico, Consumo energético, Uso previo de renovables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
		base para análisis comparativos.	

*Tabla 1. Definición de variables - Elaboración propia*

## Población y Muestra

La población objetivo de este estudio está conformada por las pequeñas y medianas empresas (pymes) pertenecientes a los sectores industrial y comercial, ubicadas en Bogotá y municipios cercanos. Estas empresas se caracterizan por contar con una planta de personal entre 11 y 200 trabajadores y desempeñarse en actividades productivas o de comercialización con un consumo energético relevante para la evaluación de soluciones basadas en energías renovables. De acuerdo con datos de la Cámara de Comercio de Bogotá, en la jurisdicción de Bogotá y su región metropolitana se registran más de 197.374 empresas del sector industrial (CCB, 2024).

Dado el amplio universo poblacional y las limitaciones logísticas para acceder a la totalidad del mismo, se ha optado por un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual permite seleccionar unidades muestrales accesibles y disponibles que cumplan con los criterios previamente definidos. Esta estrategia

resulta adecuada en estudios descriptivos como el presente, en los que se busca recolectar información de forma directa y oportuna sobre un fenómeno emergente.

En este sentido, el estudio contempla la aplicación de una encuesta estructurada a una muestra conformada por 20 pymes de los sectores industrial y comercial, seleccionadas con base en su disposición a participar, su ubicación geográfica, y su relación potencial o interés en soluciones energéticas sostenibles como la energía solar fotovoltaica. Este tamaño de muestra permitirá identificar las principales barreras económicas, sociales e infraestructurales para la adopción de esta tecnología, así como orientar futuras estrategias de promoción y acompañamiento técnico.

## **Segundo nivel**

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

Para la investigación sobre las *barreras para la adopción de paneles solares en PYMES de Bogotá: Análisis económico, social e infraestructural*, se utilizó el método de encuesta aplicada a pymes de Bogotá y alrededores.

La encuesta fue estructurada en 5 secciones claves:

1. Datos generales.

2. Barreras económicas: enfocadas en costos, financiación y retorno de inversión
3. Barreras sociales: que incluyen percepción, conocimiento y aceptación de la tecnología
4. Barreras de infraestructura: abordando desafíos técnicos y logísticos
5. Percepción general y cierre: para recopilar opiniones y conclusiones sobre la viabilidad de la implementación de paneles solares en pymes.

Esta estructura permite un análisis integral de los factores que influyen en la adopción de esta tecnología.

## **Técnicas de análisis de datos**

### **Análisis de Datos en la Investigación sobre Barreras para la Adopción de Paneles Solares en PYMES de Bogotá**

Una vez seleccionados y aplicados los instrumentos de recolección de información (encuestas), es fundamental establecer las técnicas de análisis de los datos obtenidos con el objetivo de generar hallazgos que permitan comprender las barreras que enfrentan las PYMES en la adopción de paneles solares.

1. Técnicas de análisis según el tipo de datos

El estudio contempla un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativos y cualitativos para así obtener una evaluación y visión integral del problema.

## 1.1 Análisis Cuantitativo

Se utiliza estadística descriptiva e inferencial para examinar patrones y relaciones entre las variables evaluadas.

- Estadística descriptiva: Se emplea para organizar y resumir datos mediante frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central (media, mediana, moda).

## 1.2 Análisis Cualitativo

Dado que el estudio también considera aspectos subjetivos y percepciones de los empresarios, se aplican técnicas cualitativas.

En el análisis cualitativo, se observa que en el contenido se pueden identificar patrones en las respuestas de los empresarios, clasificando barreras en categorías como económicas, tecnológicas o regulatorias.

- Teoría fundamentada: Se estructura el análisis a partir de categorías emergentes derivadas de la información recopilada, construyendo una comprensión basada en datos concretos.

## 2. Relación entre instrumentos y técnicas de análisis

Se presenta la relación entre el instrumento de recolección de datos y la técnica de análisis utilizada:

Instrumento	Técnica de análisis	Descripción
Encuesta estructurada.	Estadística descriptiva e inferencial.	Análisis de tendencias, correlaciones y significancia estadística entre barreras económicas, sociales e infraestructurales.

*Tabla 2. Relación entre instrumento y técnica de análisis - Elaboración propia*

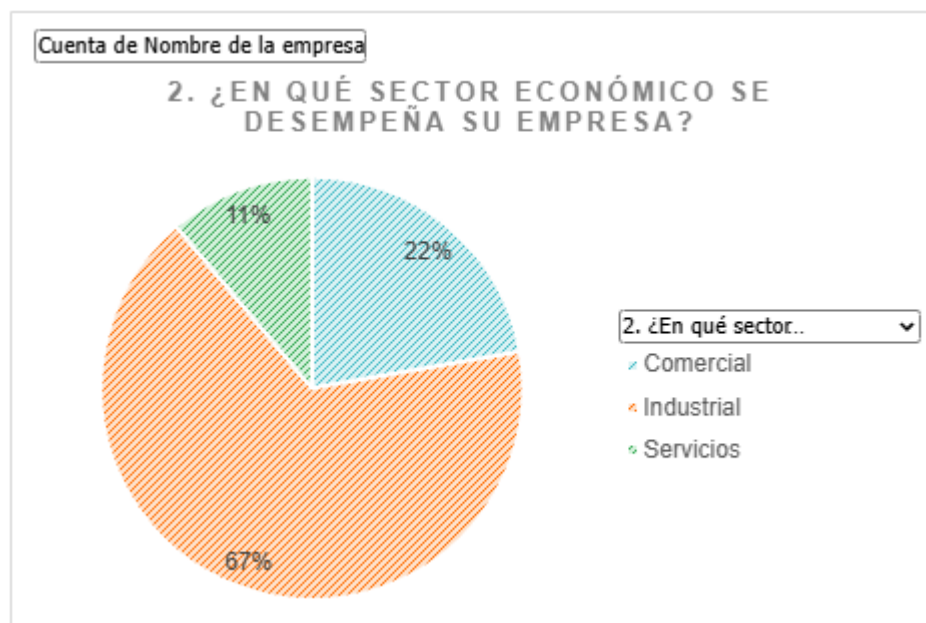
## Consideraciones metodológicas

La coherencia en el análisis es clave para garantizar resultados confiables. Por ello, los instrumentos fueron diseñados y seleccionados en función de su capacidad para captar información relevante y asegurar la validez de los hallazgos.

El uso de herramientas estadísticas y técnicas cuantitativas y cualitativas complementarias permite identificar patrones y factores subyacentes que pueden influir en la adopción de paneles solares en el sector empresarial de Bogotá, teniendo en cuenta que esta puesta enfrenta obstáculos en las pymes a la hora de implementarse, tales como: costos iniciales elevados, regulaciones y tramites, infraestructura y espacio y finalmente falta de conocimiento.

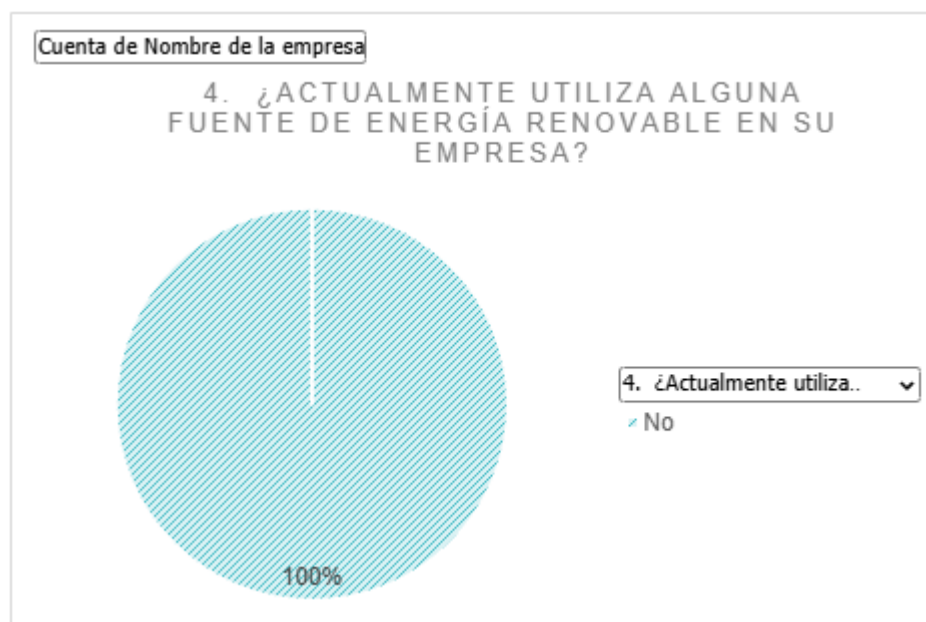
## Análisis y discusión de los resultados

Con base en los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a una muestra compuesta por aproximadamente 18 pequeñas y medianas empresas (PYMES) ubicadas en la ciudad de Bogotá y sus alrededores, se ha llevado a cabo un análisis detallado de las percepciones, conocimientos y condiciones actuales relacionadas con la adopción de sistemas de energía solar fotovoltaica. Esta muestra, aunque limitada en número, proporciona información valiosa y representativa sobre los principales obstáculos que enfrentan las empresas del sector industrial y comercial en su transición hacia fuentes de energía más sostenibles.



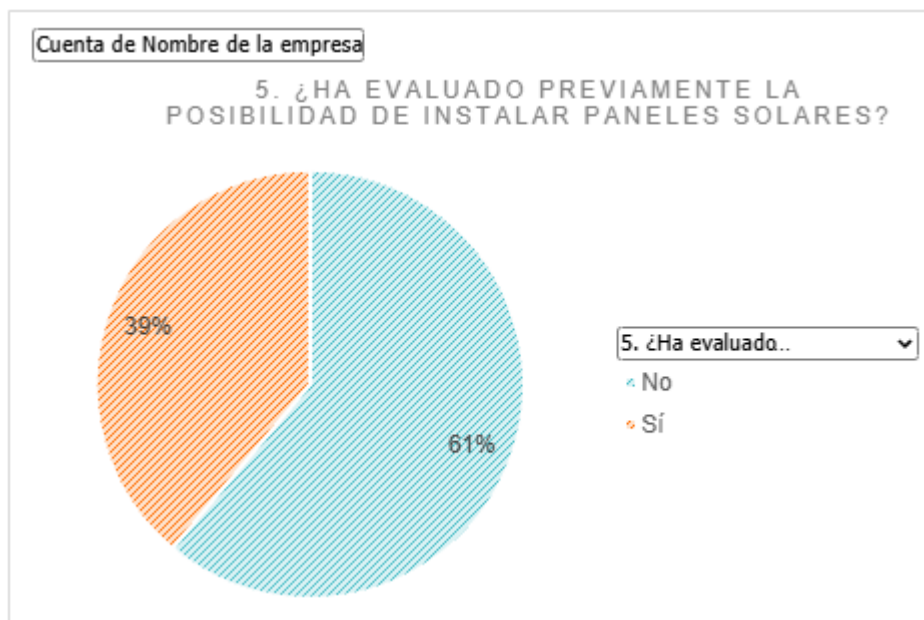
*Ilustración 2. Gráfica No. 1 sector economico – Elaboración propia*

Tal como se evidencia en los resultados de la encuesta, una proporción significativa de las empresas participantes pertenece al sector industrial, representando aproximadamente el 67 % del total de la muestra.



*Ilustración 3. Gráfica No. 2 utilización energía renovable– Elaboración propia*

Es importante destacar que, según los datos recolectados, la totalidad de las empresas encuestadas manifestó no contar actualmente con ninguna fuente de energía renovable en sus operaciones. Este hallazgo resulta particularmente relevante, ya que pone en evidencia el escaso nivel de penetración de tecnologías limpias dentro del tejido empresarial local, incluso en un contexto donde las oportunidades para la transición energética han venido en aumento.



*Ilustración 4. Gráfica No. 3 evaluación – Elaboración propia*

Un hallazgo relevante del estudio indica que el 61 % de las empresas encuestadas ha considerado previamente la posibilidad de instalar sistemas de paneles solares en sus instalaciones. Este dato refleja un nivel inicial de interés por parte de las PYMES hacia la transición energética, lo cual es un indicio positivo frente a la apertura del sector empresarial a soluciones sostenibles. Sin embargo, también pone en evidencia que un 39 % de las organizaciones aún no ha explorado esta alternativa, lo que sugiere la persistencia de barreras informativas, técnicas o económicas que dificultan la toma de decisiones en torno a la adopción de tecnologías limpias

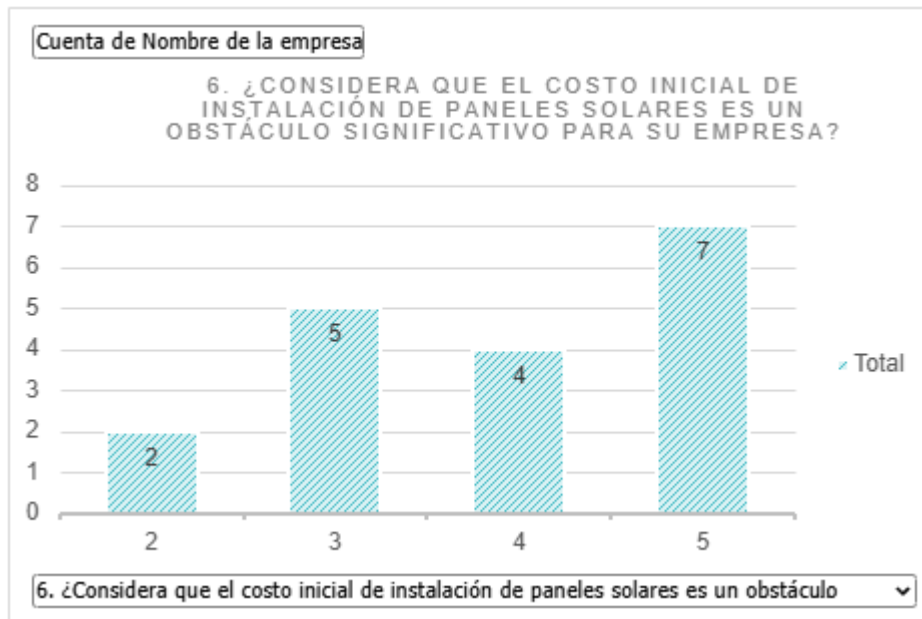


Ilustración 5. Gráfica No. 4 consideración costo– Elaboración propia

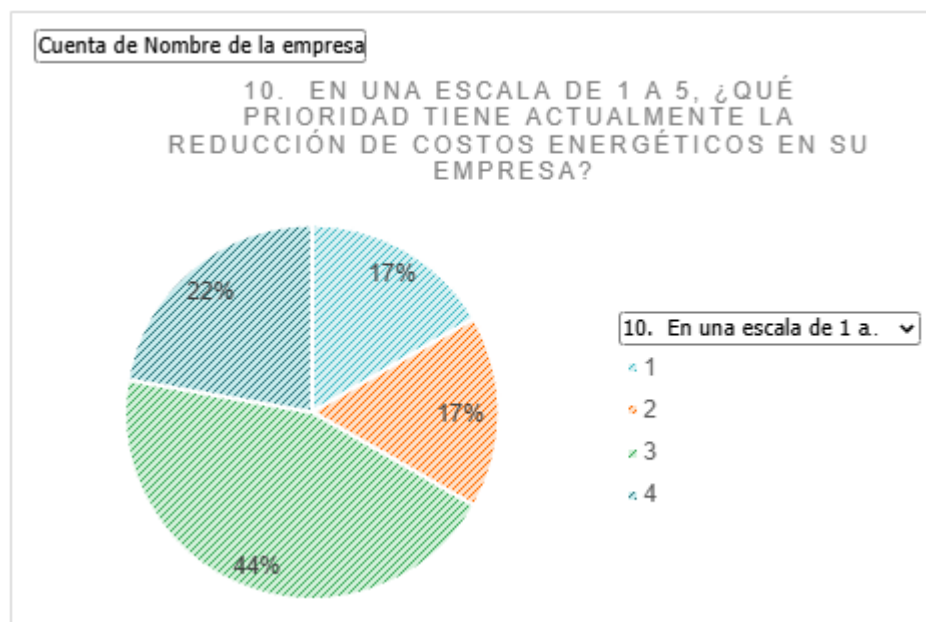
Uno de los hallazgos más destacados del estudio se relaciona con la percepción del costo inicial de instalación como un obstáculo significativo para la adopción de paneles solares. Como se muestra en la gráfica, una proporción considerable de empresas asignó una calificación alta a esta barrera, siendo el valor 5 (máximo nivel de obstáculo) el más frecuente, con 7 empresas que lo consideran una dificultad importante. Además, 4 empresas otorgaron una calificación de 4 y 5 empresas eligieron 3, lo que indica que, en conjunto, el 80 % de las PYMES encuestadas perciben el costo inicial como un obstáculo de moderado a alto. Solo 2 empresas lo valoraron con 2, y ninguna seleccionó el nivel más bajo (1), lo cual refuerza la idea de que los altos costos iniciales siguen siendo una de las principales barreras económicas para la implementación de tecnologías solares.

Respuestas	Cantidad de respuestas
Casi no	1
Deducción impuesto	
Renta	1
Impuestos	1
No	11
No estamos informados	1
No se	1
No tengo información	1
SI	1
<b>Total general</b>	<b>18</b>

*Tabla 3. Información beneficios Elaboración propia.*

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que únicamente 2 de las empresas encuestadas, lo que equivale aproximadamente al 11 % del total, afirmaron tener algún conocimiento sobre los beneficios fiscales o incentivos tributarios disponibles para la adopción de sistemas solares fotovoltaicos. Esta cifra evidencia una marcada falta de información en el sector, lo cual representa una barrera significativa para la toma de decisiones en torno a la inversión en energías renovables. La escasa divulgación de estos incentivos por parte de entidades gubernamentales, así como la limitada accesibilidad a fuentes confiables de información, podrían estar contribuyendo a esta situación. Esta carencia de conocimiento impide que las PYMES valoren adecuadamente los posibles retornos

de inversión o los beneficios económicos asociados a la implementación de tecnologías limpias, y subraya la necesidad de fortalecer campañas informativas y de capacitación específicas para el sector empresarial.



*Ilustración 6. Gráfica No. 5 prioridad reducción costos – Elaboración propia*

Los resultados evidencian que la reducción de costos energéticos constituye una preocupación relevante para una parte significativa de las empresas encuestadas. De acuerdo con la gráfica, un 44 % de las empresas asigna un nivel 4 de prioridad, lo cual indica una valoración alta, aunque no máxima, sobre la importancia de optimizar el consumo energético. A esto se suma un 22 % que otorga una prioridad máxima (5) a esta necesidad, lo que en conjunto representa que dos de cada tres empresas consideran esta cuestión como un aspecto estratégico en su operación. Por otro lado, un 17 % ubica esta prioridad en niveles medios (3), y el mismo porcentaje lo sitúa en niveles bajos (1 o 2). Estos datos permiten inferir que, si bien

existe una conciencia generalizada sobre la importancia de reducir costos energéticos, aún persiste un segmento que no lo percibe como un aspecto crítico.

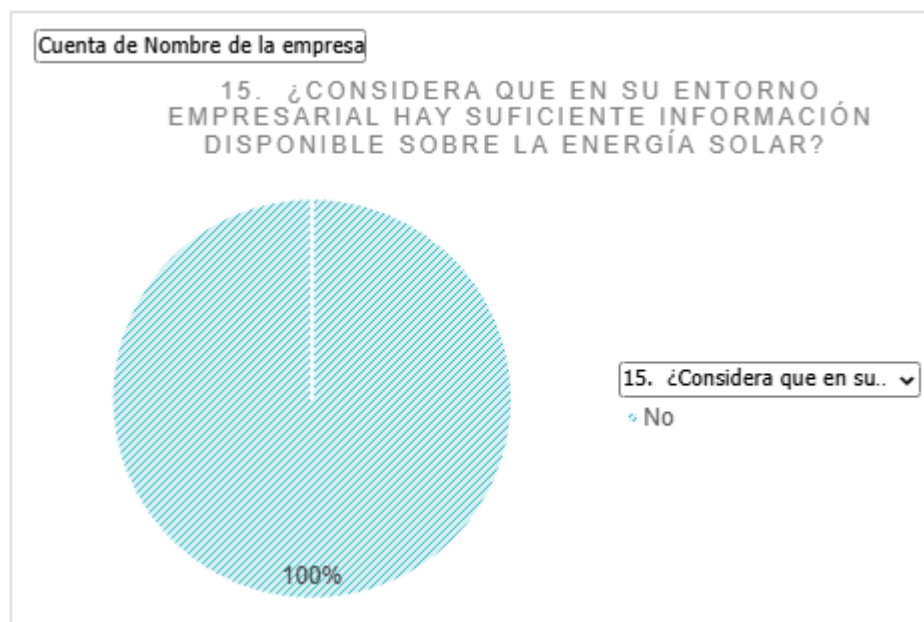


Ilustración 7. Gráfica No. 6 información disponible—Elaboración propia

Un hallazgo crítico del estudio es que la totalidad de las empresas encuestadas manifestó que no considera que exista suficiente información disponible sobre la energía solar en su entorno empresarial. Este consenso absoluto evidencia una carencia estructural en los canales de comunicación, divulgación y formación sobre tecnologías energéticas limpias, particularmente en lo relacionado con su aplicabilidad, beneficios económicos, incentivos disponibles y requisitos técnicos. La ausencia de información accesible y confiable representa una barrera social y cultural significativa, pues limita el conocimiento, la confianza y la capacidad de las empresas para tomar decisiones informadas sobre la adopción de paneles solares. Este resultado subraya la necesidad urgente de fortalecer las estrategias de difusión

institucional y empresarial. empresariales, y promover iniciativas de formación que acerquen a las PYMES a los beneficios tangibles de la transición energética.

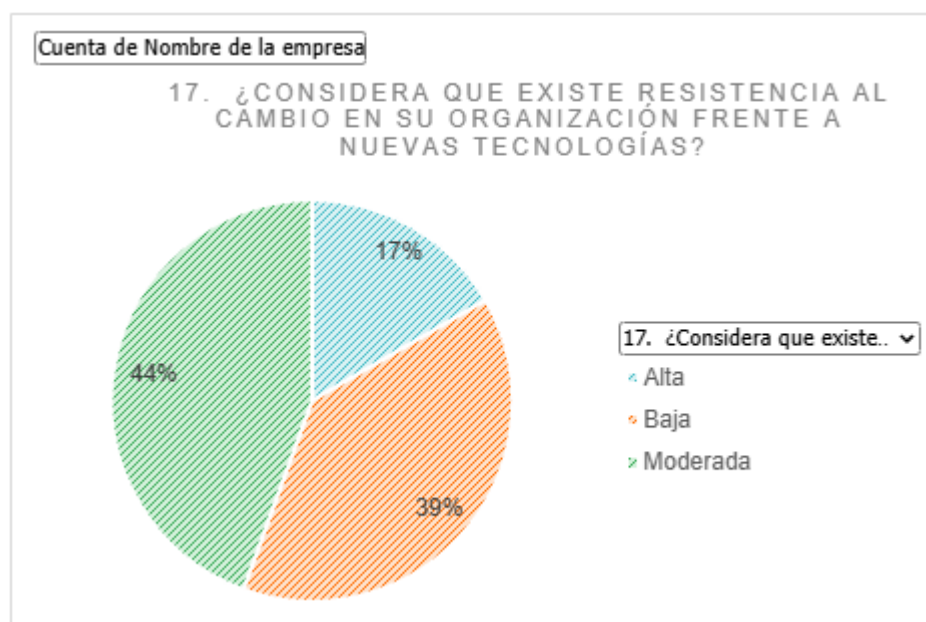


Ilustración 8. Gráfica No. 7 resistencia al cambio—Elaboración propia

En lo que respecta a la actitud organizacional frente a la adopción de nuevas tecnologías, los resultados revelan que la mayoría de las empresas encuestadas reconocen una resistencia moderada (44 %) o baja (39 %) al cambio dentro de sus estructuras organizativas. Solo un 17 % percibe una resistencia alta, lo cual sugiere que, en términos generales, el ambiente empresarial no se caracteriza por una oposición rígida o inflexible ante la innovación tecnológica. Este dato es alentador, ya que indica que existen condiciones favorables para fomentar procesos de transición energética, siempre y cuando se aborden las barreras informativas, económicas y técnicas previamente identificadas.

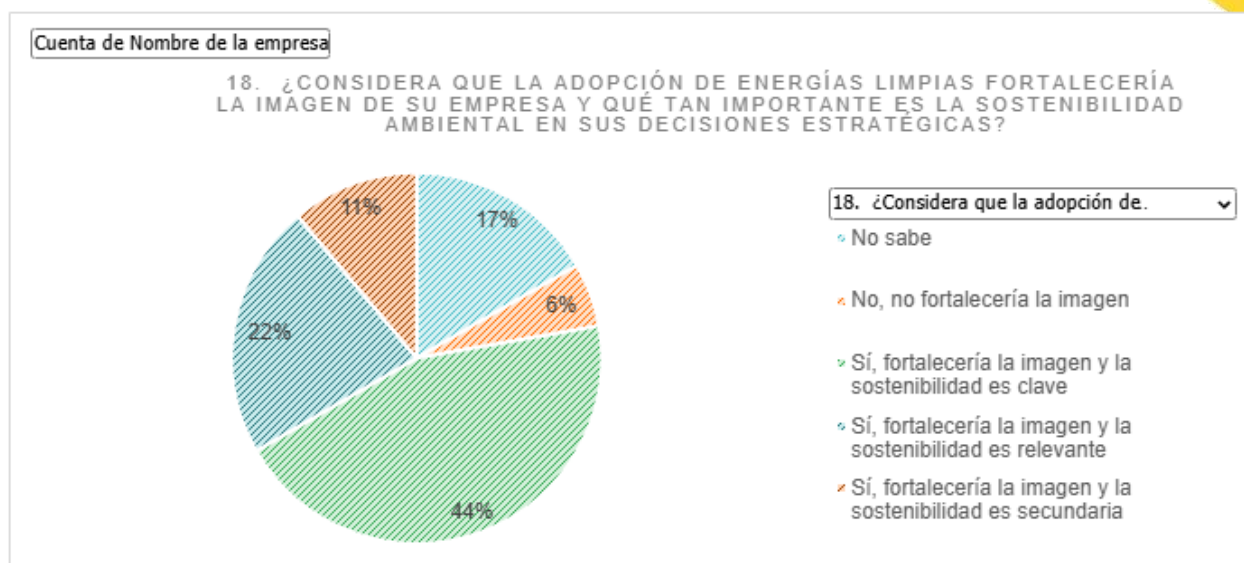


Ilustración 9. Gráfica No. 8 sostenibilidad ambiental– Elaboración propia

En cuanto a la percepción del valor estratégico de la sostenibilidad ambiental, los resultados de la encuesta indican que una amplia mayoría de las empresas encuestadas reconoce el impacto positivo de la adopción de energías limpias en su imagen institucional. En particular, un 44 % considera que esta adopción fortalecería su imagen y que la sostenibilidad es un componente clave en su toma de decisiones, mientras que un 22 % adicional la considera relevante, aunque no prioritaria. Por su parte, un 11 % indica que, aunque la adopción de energías limpias mejoraría la imagen corporativa, la sostenibilidad es un aspecto secundario. Solo un 6 % de las empresas considera que no habría impacto en su imagen, y un 17 % afirma no saber o no tener claridad al respecto. Estos resultados reflejan una tendencia general favorable hacia la incorporación de prácticas sostenibles en el discurso empresarial, lo que sugiere una oportunidad para fortalecer políticas de responsabilidad social corporativa e incorporar criterios ambientales como diferenciadores estratégicos en la competitividad de las PYMES.

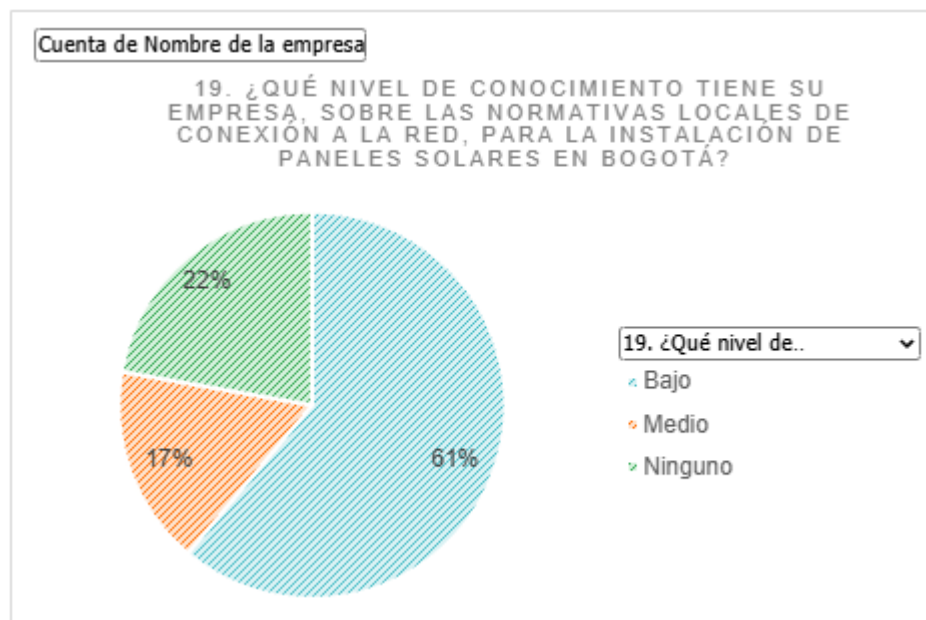
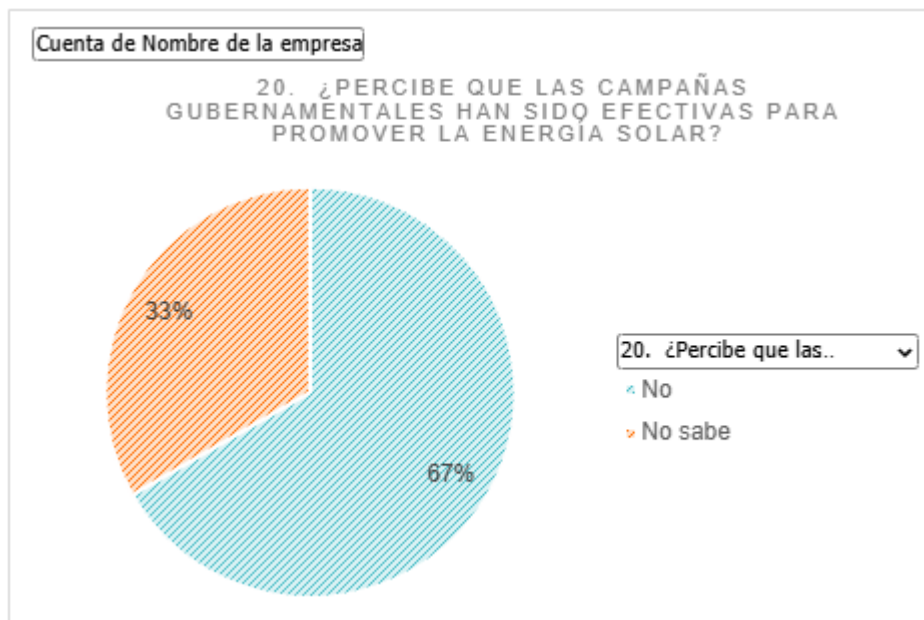


Ilustración 10. Gráfica No. 9 conocimiento—Elaboración propia

En relación con el conocimiento normativo, los resultados evidencian una marcada debilidad en el dominio que tienen las empresas sobre los aspectos legales y técnicos relacionados con la conexión de sistemas solares a la red eléctrica local. En concreto, un 61 % de las empresas manifestó tener un nivel de conocimiento bajo, mientras que un 22 % reconoció no tener ningún conocimiento al respecto. Tan solo un 17 % indicó poseer un conocimiento medio, y ningún encuestado reportó un nivel alto de comprensión normativa. Este panorama revela una clara barrera en el ámbito regulatorio, donde la falta de familiaridad con los procedimientos, requisitos y leyes aplicables puede convertirse en un factor disuasivo frente a la adopción de tecnologías solares. La desinformación en esta materia no solo limita la capacidad de planificación y toma de decisiones de las

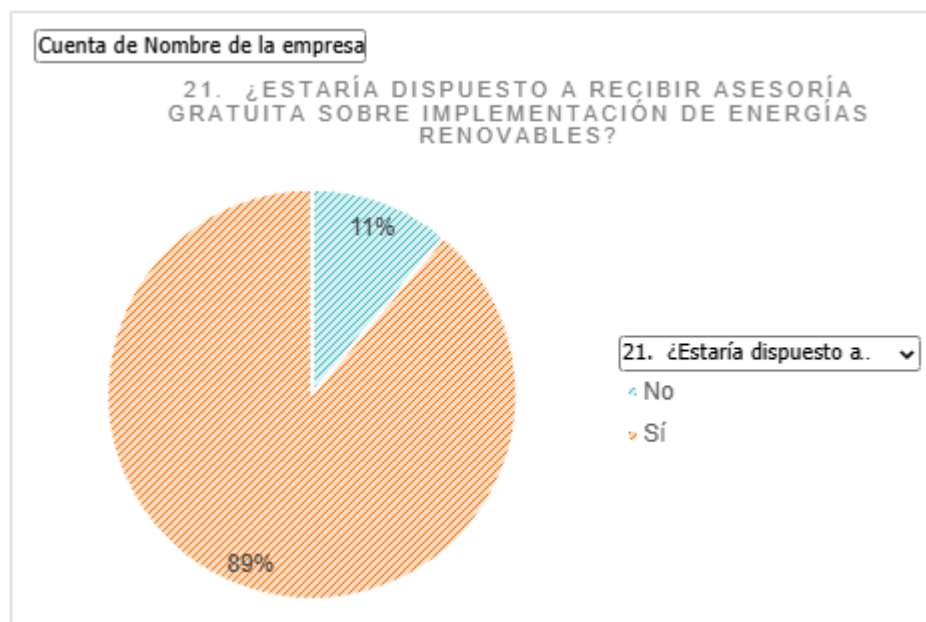
PYMES, sino que también dificulta la identificación de oportunidades asociadas a incentivos legales o esquemas de conexión como la autogeneración con excedentes.



*Ilustración 11. Gráfica No. 10 campañas información– Elaboración propia*

Los resultados de la encuesta muestran una percepción predominantemente negativa frente al impacto de las campañas gubernamentales orientadas a la promoción de la energía solar. En efecto, un 67 % de las empresas encuestadas considera que dichas campañas no han sido efectivas, mientras que el 33 % restante manifiesta no tener certeza al respecto (“no sabe”). Lo más llamativo de estos datos es la ausencia total de respuestas afirmativas, lo cual indica un reconocimiento generalizado del bajo alcance, escasa visibilidad o deficiente contenido de las iniciativas públicas en esta materia. Esta situación representa una barrera informativa de carácter institucional, ya que revela un desfase entre los esfuerzos del gobierno para impulsar la transición energética y la recepción o

comprensión de dichos esfuerzos por parte del tejido empresarial. La falta de campañas eficaces limita la generación de conciencia, el acceso a información técnica confiable y la motivación para adoptar nuevas tecnologías.



*Ilustración 12. Gráfica No. 11 asesoria–Elaboración propia*

Una señal alentadora en el contexto de las estrategias de mitigación es la alta disposición de las empresas a recibir asesoría gratuita sobre la implementación de energías renovables. Según los resultados, un 89 % de las PYMES encuestadas manifestó estar dispuesto a participar en procesos de acompañamiento técnico sin costo, lo que evidencia un alto interés por adquirir conocimientos y orientación especializada para la posible adopción de tecnologías limpias. Solo un 11 % indicó no estar interesado en recibir este tipo de asesoría, lo cual representa una minoría marginal. Este hallazgo confirma que, a pesar de las barreras económicas, informativas y normativas detectadas, existe una actitud receptiva por parte del

empresariado hacia procesos de formación y asistencia técnica, especialmente cuando estos no implican una inversión inicial. Por tanto, la creación de programas institucionales de asesoría, talleres de formación y alianzas público-privadas en esta línea, podría constituir una estrategia eficaz y de bajo costo para fomentar la adopción de soluciones solares entre las pequeñas y medianas empresas de Bogotá.

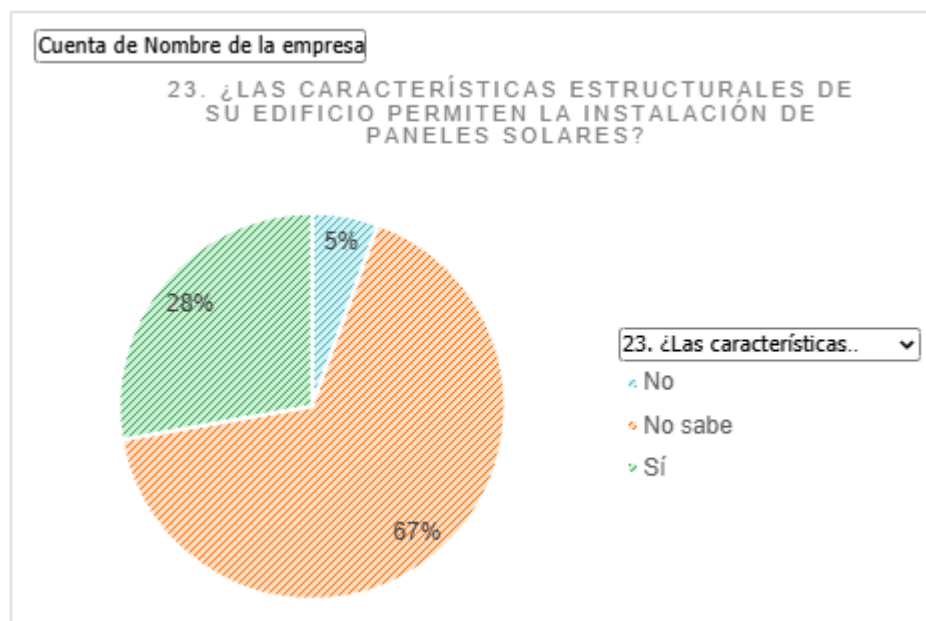
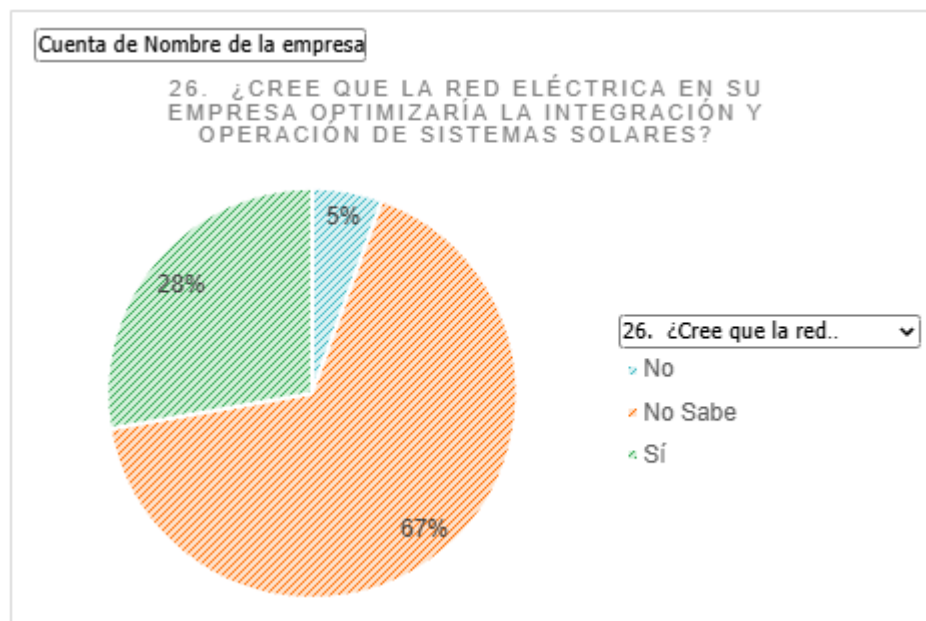


Ilustración 13. Gráfica No. 12 características estructurales–Elaboración propia

En lo que respecta a las condiciones físicas necesarias para la implementación de sistemas solares, los resultados de la encuesta revelan un panorama poco claro entre las empresas encuestadas. Solo un 28 % de las PYMES afirmó que las características estructurales de su edificio permiten la instalación de paneles solares, mientras que un 67 % manifestó no saber si su infraestructura es apta para

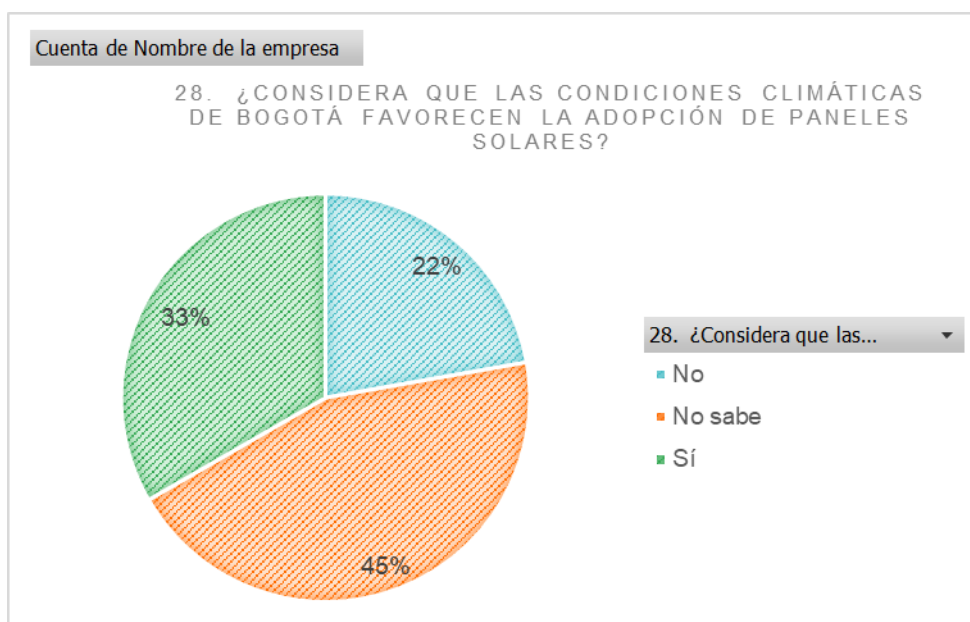
tal fin. Además, un 5 % aseguró que su edificación no es adecuada. Estos datos sugieren que, más allá de la existencia real de limitaciones físicas, la falta de diagnóstico técnico representa en sí misma una barrera infraestructural significativa. La alta proporción de empresas que desconoce la viabilidad técnica de su infraestructura refleja la ausencia de evaluaciones especializadas o asesorías previas, lo que dificulta la toma de decisiones informadas. Este hallazgo refuerza la necesidad de promover estudios de factibilidad técnica gratuitos o subvencionados, acompañados de capacitaciones prácticas que permitan a las empresas identificar si cuentan con condiciones adecuadas para integrar sistemas solares y qué adecuaciones podrían requerirse.



*Ilustración 14. Gráfica No. 13 conexión eléctrica– Elaboración propia*

En cuanto a las condiciones técnicas relacionadas con la red eléctrica interna de las empresas, los resultados muestran una notable incertidumbre. Según la gráfica, el

67 % de las empresas encuestadas indicó no saber si su infraestructura eléctrica permitiría una integración eficiente de sistemas solares, mientras que un 28 % respondió afirmativamente y solo un 5 % consideró que su red eléctrica no es adecuada para tal fin. Esta tendencia evidencia una barrera de tipo técnico-informativa, ya que la mayoría de las PYMES carece del conocimiento o la asesoría necesaria para evaluar la compatibilidad de sus sistemas eléctricos con tecnologías de generación distribuida como los paneles solares. La falta de diagnóstico sobre la infraestructura eléctrica, al igual que con las condiciones estructurales, impide una valoración realista del potencial de implementación, lo cual podría derivar en decisiones postergadas o erróneas. Este hallazgo resalta la importancia de promover auditorías energéticas y diagnósticos técnicos básicos como parte de las estrategias de fomento, de modo que las empresas puedan contar con información clara sobre la viabilidad de integrar energía solar a sus operaciones.



**Ilustración 15.** Gráfica No. 14 condiciones climáticas – Elaboración propia

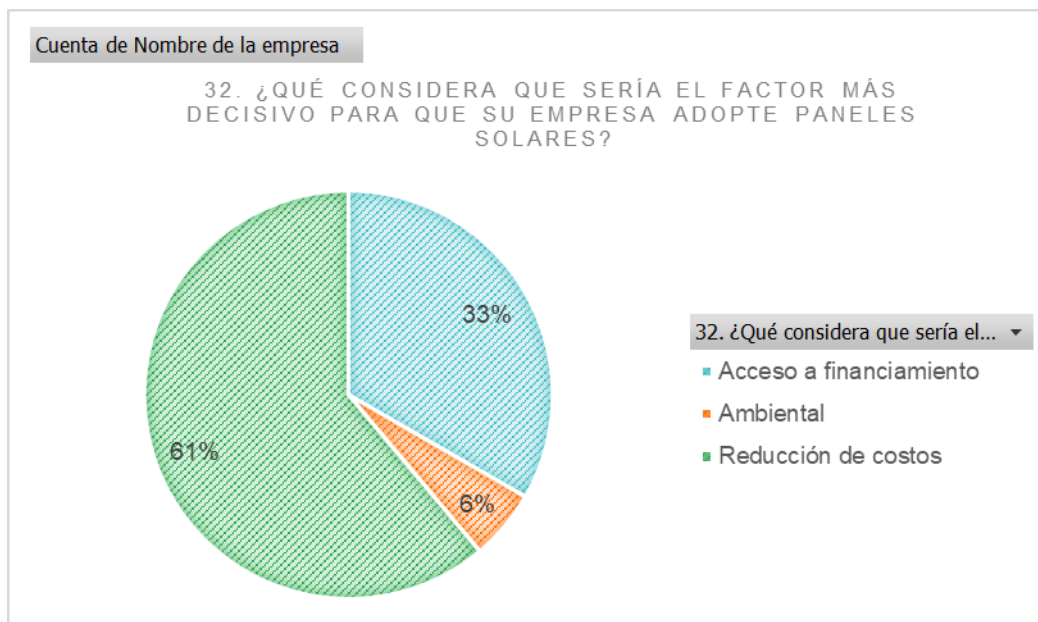
La percepción sobre las condiciones climáticas de Bogotá como un factor que favorezca la adopción de paneles solares está dividida y con un alto grado de incertidumbre:

- El 46% de las empresas (8 de 18) respondió que "no sabe" si el clima de Bogotá es adecuado para la instalación de paneles solares.
- El 33% (6 de 18) considera que sí se presentan condiciones climáticas favorables.
- El 22% (4 de 18) opina que no son adecuadas.

Estos resultados muestran que existe una falta de claridad y conocimiento técnico en el sector empresarial sobre la viabilidad del aprovechamiento solar en Bogotá. A pesar de que la ciudad cuenta con una radiación solar moderada, suficiente para implementar tecnologías fotovoltaicas con buen rendimiento. La alta proporción de respuestas que indican desconocimiento (46%) es particularmente relevante, dado que sugiere que una barrera importante para la adopción de paneles solares no solo es económica, sino también informativa. La falta de información técnica sobre el potencial solar de la ciudad puede generar percepciones erróneas, subestimando las posibilidades reales de generación energética incluso en zonas con nubosidad frecuente, como Bogotá.

Además, el hecho de que una quinta parte de las empresas (22%) piense que las condiciones no son aptas, puede estar relacionado con prejuicios sobre la dependencia exclusiva del sol directo o con una falta de difusión sobre los avances

tecnológicos en paneles solares, que permiten generar energía incluso con radiación difusa o en días parcialmente nublados.



*Ilustración 16. Gráfica No. 15 factor decisivo—Elaboración propia*

De acuerdo con la pregunta 32, en la que se deseaba conocer el factor más decisivo, el 61% de las empresas encuestadas identificó la reducción de costos como el factor más decisivo para considerar la adopción de paneles solares en sus instalaciones. Esta respuesta corresponde a 11 de las 18 empresas encuestadas, lo que evidencia una clara tendencia hacia criterios económicos en las decisiones relacionadas con la transición energética.

Este hallazgo evidencia que, más allá de los beneficios medioambientales o la disponibilidad de financiamiento, las empresas priorizan el retorno financiero como condición fundamental para invertir en tecnologías sostenibles. En otras palabras, la inversión en paneles solares se percibe viable principalmente cuando se traduce

en un ahorro considerable en el consumo eléctrico o en una mejora de la eficiencia operativa.

El 33% restante, equivalente a 6 empresas, señaló el acceso a financiamiento como el factor más relevante, lo que sugiere que, aunque el ahorro energético es atractivo, la posibilidad de acceder a créditos, subsidios o esquemas de leasing solar es aún un reto para muchas organizaciones. Esto puede estar vinculado a limitaciones de liquidez, falta de conocimiento sobre instrumentos financieros verdes o incertidumbre sobre el retorno de inversión a largo plazo.

Finalmente, solo el 6% de las empresas encuestadas (1 empresa) mencionó el factor ambiental como motivo principal para adoptar paneles solares. Este bajo porcentaje refleja que, si bien la sostenibilidad es un tema de actualidad y de incorporación en las organizaciones, en la práctica empresarial de PYMES aún no se posiciona como un motor determinante de decisiones estratégicas, especialmente cuando se compara con incentivos económicos más inmediatos.

Basado en los resultados anteriores se pretende dar respuesta a los objetivos tanto principal como específicos con el siguiente análisis.

Objetivo general: Identificar y analizar las barreras económicas, sociales e infraestructurales que afectan la adopción de paneles solares en PYMES del sector

industrial y comercial de Bogotá y sus alrededores y proponer estrategias para su mitigación.

Respuesta: El estudio realizado revela que las PYMES del sector industrial y comercial en Bogotá enfrentan múltiples barreras que dificultan la adopción de paneles solares, las cuales pueden clasificarse en económicas, sociales y infraestructurales:

- **Barreras económicas:** El principal obstáculo es el alto costo inicial de instalación, percibido como un problema significativo por el 80% de las empresas. Además, la falta de conocimiento sobre incentivos fiscales y mecanismos de financiamiento limita la valoración de los beneficios económicos, mientras que la reducción de costos energéticos se identifica como el factor decisivo para la adopción.
- **Barreras sociales y culturales:** Existe una carencia estructural de información confiable y accesible sobre energía solar, beneficios, normativas e incentivos, reflejada en el desconocimiento generalizado y la percepción negativa sobre la efectividad de las campañas gubernamentales. Aunque la resistencia organizacional al cambio tecnológico es generalmente baja o moderada, esta falta de información genera incertidumbre y desconfianza que ralentiza la transición energética.

- Barreras infraestructurales: La mayoría de las PYMES desconoce si sus infraestructuras físicas y eléctricas son aptas para la instalación y operación de sistemas solares, debido a la ausencia de diagnósticos técnicos o asesorías previas. Esta incertidumbre técnica representa una limitación importante para la toma de decisiones.

Objetivo específico 1. Evaluar el impacto de la normativa vigente en la adopción de energía solar en PYMES de Bogotá.

Situación actual: Un 61% de las empresas manifiesta tener un conocimiento bajo sobre la normativa legal y técnica para conectar sistemas solares a la red, y un 22% no tiene conocimiento alguno. Solo un 17% tiene conocimiento medio y nadie tiene conocimiento alto. Esto evidencia una marcada falta de dominio normativo que limita la capacidad de las PYMES para planificar y adoptar tecnologías solares.

Impacto: La escasa comprensión de los aspectos legales y técnicos actúa como una barrera regulatoria significativa que genera incertidumbre y desincentiva la inversión. La falta de familiaridad con los procedimientos, requisitos y posibles incentivos legales puede impedir aprovechar beneficios y oportunidades.

Objetivo específico 2. Examinar la percepción de los empresarios sobre la viabilidad económica y operativa de la energía solar.

Percepción económica: El costo inicial de instalación es la barrera económica más fuerte, con un 80% de empresas que lo califican como un obstáculo de moderado a alto. La reducción de costos energéticos es el factor más decisivo para la adopción (61%), seguido por el acceso a financiamiento (33%). Solo el 11% conoce incentivos fiscales o beneficios tributarios, mostrando falta de información que limita la valoración del retorno económico.

Percepción operativa: La mayoría no sabe si sus infraestructuras físicas (67%) y eléctricas (67%) son aptas para la instalación de paneles solares, reflejando una incertidumbre técnica y falta de diagnósticos. Esto genera retrasos o dudas en la toma de decisiones.

Objetivo específico 3. Analizar las barreras sociales y culturales que afectan la transición energética en este sector.

Barreras informativas: Ninguna empresa considera que existe suficiente información disponible sobre energía solar en su entorno, indicando una carencia estructural en canales de comunicación, formación y divulgación. La falta de conocimiento sobre incentivos, beneficios y aspectos técnicos limita la confianza y capacidad para decidir.

Actitud organizacional: Aunque el 44% reconoce resistencia moderada y el 17% alta al cambio tecnológico, la mayoría muestra baja o moderada resistencia, lo que sugiere condiciones favorables para la adopción, siempre que se superen las barreras informativas y económicas.

Percepción sobre campañas gubernamentales: El 67% considera que las campañas gubernamentales para promover energía solar no han sido efectivas, lo cual agrava la barrera social e institucional.

Objetivo específico 4. Diseñar estrategias para superar las limitaciones identificadas y fomentar la adopción de paneles solares en las PYMES.

Información y capacitación: Crear campañas de divulgación claras y accesibles sobre beneficios, incentivos fiscales y normativas. Implementar programas de asesoría técnica gratuita (apoyado por la disposición del 89% a recibir acompañamiento sin costo).

Diagnósticos técnicos: Promover auditorías energéticas y estudios de factibilidad gratuitos o subvencionados para evaluar infraestructura física y eléctrica, facilitando la toma de decisiones basadas en información precisa.

Incentivos económicos y financiamiento: Difundir ampliamente los beneficios fiscales y mecanismos financieros disponibles (créditos, subsidios, leasing), y diseñar esquemas que reduzcan la barrera del costo inicial.

Fortalecer campañas institucionales: Mejorar la visibilidad, contenido y alcance de las campañas gubernamentales para crear mayor conciencia y motivación empresarial.

Promoción de la sostenibilidad como ventaja competitiva: Incentivar la integración de criterios ambientales en la estrategia empresarial como un factor de diferenciación y mejora de imagen, vinculando sostenibilidad con beneficios económicos y reputacionales.

## Conclusiones

- Estos resultados resaltan la necesidad de enfocar los esfuerzos de promoción de la energía solar en demostrar su rentabilidad económica y en mejorar el acceso a mecanismos de financiamiento, sin dejar de sensibilizar a las empresas sobre los impactos ambientales positivos.
- Existe una baja adopción actual de energía solar en PYMES, ninguna de las empresas encuestadas cuenta actualmente con sistemas de energía renovable, lo que refleja una adopción baja de tecnologías limpias en este segmento empresarial.
- Aunque la mayoría de las empresas ha considerado instalar paneles solares, existe una cantidad considerable de PYMES que no ha explorado esta opción, lo que indica que las oportunidades no han sido suficientemente difundidas o comprendidas.
- El costo inicial es la principal barrera económica, el 80 % de las PYMES perciben el alto costo de instalación como una barrera moderada a alta. Esto muestra que, si bien existe interés, la inversión inicial sigue siendo un obstáculo determinante para avanzar hacia la energía solar.
- La mayoría de las empresas no conoce los incentivos fiscales, normativas técnicas ni considera que haya información suficiente sobre energía solar disponible. Esta carencia informativa impacta directamente en la capacidad de las empresas para tomar decisiones informadas.

- De las PYMES encuestadas se reporta un nivel bajo o nulo de conocimiento sobre la conexión a la red eléctrica, lo que representa una barrera regulatoria crítica, respecto a infraestructura.
- Existe una incertidumbre en el clima e infraestructura, dado que existe un desconocimiento de las condiciones climáticas en Bogotá y su impacto en los paneles fotovoltaicos o si su infraestructura física y eléctrica permiten la instalación de paneles solares.
- Solo una minoría considera el impacto ambiental como un factor decisivo. La mayoría prioriza el ahorro económico, relegando la sostenibilidad a un plano secundario en las decisiones de inversión.
- Las PYMES muestran una alta disposición a recibir asesoría gratuita, lo que sugiere una puerta de entrada efectiva para fomentar la transición energética si se proporcionan herramientas accesibles.

Para lograr una transición energética en las PYMES y una mayor adopción de paneles solares, es clave:

- Impulsar iniciativas público-privadas que ofrezcan evaluaciones técnicas básicas (estructurales y eléctricas) y orientación normativa a PYMES interesadas en energía solar. Esto reducirá la incertidumbre técnica y facilitará la toma de decisiones.
- Implementar campañas claras, masivas y continuas enfocadas en:  
Beneficios económicos, Incentivos tributarios disponibles, Viabilidad técnica

en climas como el de Bogotá y Casos de éxito locales para reducir percepciones negativas y aumentar la confianza.

- La DIAN, UPME y Ministerio de Minas y Energía deben mejorar la divulgación de la Ley 1715 de 2014 y sus actualizaciones, mediante guías simples, talleres virtuales, y difusión a través de cámaras de comercio y gremios empresariales.
- Mejorar el acceso a financiamiento verde, Promover alianzas con bancos, fondos verdes e instituciones financieras para ofrecer créditos para cambios en sostenibilidad.

## Referencias

Valora Analitik. 3 beneficios tributarios para empresas que usen energías renovables en Colombia. (2024, enero 24). [https://www.valoraanalitik.com/3-beneficios-tributarios-para-empresas-que-usen-energias-renovables-en-colombia/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.valoraanalitik.com/3-beneficios-tributarios-para-empresas-que-usen-energias-renovables-en-colombia/?utm_source=chatgpt.com)

Duque, M. (2021). Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia. [https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION\\_ENERGIA\\_COLOMBIA\\_BID-MINENERGIA-2403.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION_ENERGIA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf)

Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. (2015).

UPME. Recuperado 10 de febrero de 2025, de [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVABLES\\_WEB.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVABLES_WEB.pdf)

Metropol. (s.f.). *Energías renovables*. Secretaría Distrital de Ambiente.

Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/paginas/consumo-sostenible/energias-renovables.aspx>

Desafíos de la Implementación de Energía Solar en Colombia: Pobreza

Energética y su Impacto (2024). Recuperado de

<https://www.medelediluminacion.com/desafios-de-la-implementacion-de-energia-solar-en-colombia-pobreza-energetica-y-su-impacto/>

Energía Solar: Todo lo que tienes que saber (2023). Recuperado de

<https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/energia-solar/>

Ley 1715 de 2014, por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. (2014). Recuperado de [Ley](#)

[1715 de 2014 - Gestor Normativo - Función Pública](#)

Ley 2099 de 2021, Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones (2021). Recuperado de [Ley 2099 de 2021 - Gestor Normativo - Función Pública](#)

Eden Global Solutions (2025) Los Impactos Económicos y Ambientales de la Energía Solar

<https://edenglobalsolutions.com/es/los-impactos-economicos-y-ambientales-de-la-energia-solar/>

Enexa. (2015 – 2023). Impacto de la energía solar en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: Datos y beneficios para empresas

<https://www.enexaenergy.com/post/impacto-de-la-energ%C3%ADa-solar-en-la-reducci%C3%B3n-de-emisiones-de-co-datos-y-beneficios-para-empresas>

Redacción National Geographic. (2022). La energía solar y su potencial para ayudar a reducir el calentamiento global

<https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/04/la-energia-solar-y-su-potencial-para-ayudar-a-reducir-el-calentamiento-global>

Estudio Legal Hernández Abogados & Asociados. (Septiembre 2021). Incentivos Tributarios Energías Renovables en Colombia: Marco Legal y Normativo

<https://www.andi.com.co/Uploads/CARTILLA-INCENTIVOS-TRIBUTARIOS-ENERGI%CC%81A-RENOVABLE.pdf>

Endesa. (2024). Las energías renovables ¿crean empleo?.

<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energias-renovables-crean-empleo>

Solmic un futuro brillante. (2025). Paneles solares en zonas rurales: Iluminando el camino hacia un futuro sostenible

<https://www.solmic.co/paneles-solares-en-zonas-rurales>

Abadi, D. (2024) Principales desafíos en la adopción de la energía solar y cómo superarlos.

<https://conexsol.com/es/principales-desafios-en-la-adopcion-de-la-energia-solar/>

Segui, P. (2022) Cómo las energías renovables reducen la desigualdad energética.

<https://ovacen.com/desigualdad-energetica/>

Equipo Transición Energética Factor energía (2023). ¿De qué material están hechos los paneles solares?

<https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/de-que-material-están-hechos-los-paneles-solares/>

Secretaria Distrital de Ambiente. Política pública de acción climática 2023-2050, (2023)

CCB. Evolución de las empresas creadas entre 2019 y 2023 por tamaño.

Recuperado de [Empresas creadas por tamaño | CCB](#)

Anaya, Y. Evaluación del impacto social, ambiental y económico de la implementación de las nuevas estrategias de energías renovables en la región de la Guajira. (2024).

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/64779/ypanayal.pdf?sequence=1>

Mowatt, K. Los impactos sociales, económicos y ambientales de los sistemas de energías renovables. (2017)

<https://www.cuidatudinero.com/13128288/los-impactos-sociales-economicos-y-ambientales-de-los-sistemas-de-energias-renovables?form=MG0AV3>

Nostresol (2024) Energía solar en la era de la conciencia ambiental

<https://nostresol.com/energia-solar-en-la-era-de-la-conciencia-ambiental/>

Leal, P. Análisis bioético de los conflictos socioambientales en la generación de energía por la construcción de energía por la construcción de hidroeléctricas en el contexto Colombiano. (2017)

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21300/LealCastilloAndreaPaola2017.pdf?form=MG0AV3>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. *Plan energético nacional 2020-2050*.

Gobierno de Colombia. (2020). [Plan Energetico Nacional 2020 2050.pdf](#)

La difusión de las innovaciones en los medios de comunicación: claves de un proceso (2020)

<https://mip.umh.es/blog/2020/11/10/difusion-innovaciones-medios-claves-proceso/#:~:text=La%20difusi%C3%B3n%20para%20Rogers%20es,llegar%20a%20un%20entendimiento%20mutuo.>

Difusión de la Innovaciones (2008)

[https://eva.interior.udelar.edu.uy/pluginfile.php/29021/mod\\_resource/content/1/Teoria-de-la-difusion-de-innovaciones-rogers.%20Garcia%20Urrea%202008.pdf](https://eva.interior.udelar.edu.uy/pluginfile.php/29021/mod_resource/content/1/Teoria-de-la-difusion-de-innovaciones-rogers.%20Garcia%20Urrea%202008.pdf)

La importancia de los paneles solares en la transición energética (2023)

<https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/la-importancia-de-los-paneles-solares-en-la-transicion-energetica/>

Proyecto de energía renovable de Enviaseo E.S.P

<https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/09/casos-exito-Ficha-Proyectos-EC-Paneles-solares.pdf>

Arcila A. Las 6 empresas que más producen energía solar en Colombia. (2024)

<https://www.las2orillas.co/las-6-empresas-que-mas-producen-energia-solar-en-colombia/>

La República. Compañías colombianas que invierten en paneles solares para reducir la generación de CO2 (2020)

<https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/companias-colombianas-que-invierten-en-paneles-solares-para-reducir-la-generacion-de-co2-2966242>

Celsia. (2018). Proyectos de energía solar que debes conocer en Colombia

<https://www.celsia.com/en/blog-celsia/proyectos-de-energia-solar-que-debes-conocer-en-colombia/#:~:text=El%20piso%20solar%20para%20autogeneraci%C3%B3n,instan%20en%20que%20se%20genera.>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (s.f.). *Cartilla IGE: Incentivos tributarios* Ley 1715.

[https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf)