



Vigilada Mineducación

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA GENERACIÓN Y VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA UBICADO EN ARJONA, BOLÍVAR**

**PREFEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A PROJECT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS FOR THE GENERATION AND SALE OF ELECTRICITY LOCATED IN ARJONA, BOLÍVAR**

**MARIANA ESCOBAR ROLDÁN**

Trabajo de Grado para optar al título de Magíster en Gerencia de Proyectos

Asesor  
Elkin Arcesio Gómez Salazar

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN Y GERENCIA  
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2022**

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                     | 8  |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                    | 9  |
| 1.1. Objetivos .....                                   | 9  |
| 1.1.1. Objetivo general .....                          | 9  |
| 1.1.2. Objetivos específicos .....                     | 10 |
| 1.2. Justificación del trabajo .....                   | 10 |
| 1.3. Contenido del informe .....                       | 11 |
| 1.3.1. Antecedentes .....                              | 11 |
| 1.3.2. Alcance .....                                   | 12 |
| 1.3.3. Pregunta .....                                  | 13 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL .....                              | 14 |
| 2.1. Marco conceptual del sector energético .....      | 14 |
| 2.2. Métodos para la estructuración de proyectos ..... | 15 |
| 2.2.1. Marco lógico .....                              | 15 |
| 2.2.2. ZOPP .....                                      | 16 |
| 2.2.3. ILPES .....                                     | 16 |
| 2.2.4. BID .....                                       | 17 |
| 2.2.5. Estándar australiano .....                      | 17 |
| 2.2.6. JICA .....                                      | 18 |
| 2.2.7. ONUDI .....                                     | 18 |
| 2.3. Método de solución .....                          | 22 |
| 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....               | 24 |
| 4. DESARROLLO .....                                    | 27 |
| 4.1. Estudio de entorno y análisis sectorial .....     | 27 |
| 4.1.1. Entorno político .....                          | 27 |
| 4.1.2. Entorno económico .....                         | 34 |
| 4.1.3. Entorno social .....                            | 42 |
| 4.1.4. Entorno tecnológico .....                       | 44 |
| 4.1.5. Entorno medioambiental .....                    | 46 |
| 4.1.6. Entorno legal .....                             | 49 |
| 4.2. Estudio de mercado .....                          | 49 |
| 4.2.1. Demanda .....                                   | 49 |
| 4.2.2. Oferta .....                                    | 52 |
| 4.2.3. Precio .....                                    | 57 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.2.4. | Canales de comercialización .....          | 59  |
| 4.3.   | Estudio técnico.....                       | 59  |
|        | Localización: 59                           |     |
| 4.3.1. | Tamaño: .....                              | 62  |
| 4.3.2. | Recurso humano.....                        | 63  |
| 4.3.3. | Recurso técnico .....                      | 67  |
|        | 4.3.3.1. Componentes.....                  | 68  |
|        | 4.3.3.2. Obras eléctricas y civiles: ..... | 81  |
|        | 4.3.3.3. Operación y mantenimiento.....    | 81  |
|        | 4.3.4. Recurso económico .....             | 85  |
| 4.4.   | Estudio medioambiental .....               | 86  |
| 4.5.   | Estudio legal y administrativo .....       | 90  |
| 4.6.   | Estudio financiero .....                   | 93  |
| 4.7.   | Análisis de riesgo.....                    | 104 |
| 5.     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....        | 113 |
|        | BIBLIOGRAFÍA .....                         | 115 |
|        | REFERENCIAS .....                          | 132 |
|        | ANEXOS .....                               | 141 |

## Lista de tablas

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Mapa de la Metodología de la Investigación</i> .....                             | 24  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Capacidad Instalada de Generación de Energía</i> .....                           | 41  |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Ventas y Desventajas de la Energía Solar Fotovoltaica</i> .....                  | 44  |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Los 5 Generadores de Energía más Grandes de Colombia</i> .....                   | 55  |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Participación de la Planta Solar de Arjona en el Mercado Energético</i> .....    | 55  |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Niveles de Tensión de la Planta Solar</i> .....                                  | 71  |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Equipos Sistema de Seguridad y Vigilancia</i> .....                              | 79  |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Componentes de la Subestación de Conexión</i> .....                              | 79  |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Bahía de Alta Tensión</i> .....  | 80  |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Bahía de Media Tensión</i> .....  | 80  |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Plan de Mantenimiento Anual</i> .....   | 84  |
| <b>Tabla 12.</b> Recursos Económico del Proyecto en Construcción, Operación y<br>Mantenimiento..... | 85  |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Cálculo del WACC</i> .....  | 94  |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Plan de pago del préstamo</i> .....   | 94  |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Indicadores Financieros Escenario 1</i> .....                                   | 98  |
| <b>Tabla 16.</b> <i>IRVA</i> .....  | 103 |
| <b>Tabla 17.</b> <i>Análisis de sensibilidad</i> .....  | 104 |
| <b>Tabla 18.</b> <i>Calificación de la Probabilidad</i> .....                                       | 105 |
| <b>Tabla 19.</b> <i>Calificación del Impacto</i> .....  | 106 |
| <b>Tabla 20.</b> <i>Matriz de Riesgos</i> .....   | 107 |
| <b>Tabla 21.</b> <i>Mapa de calor</i> .....   | 108 |
| <b>Tabla 22.</b> <i>Resultados</i> .....  | 108 |
| <b>Tabla 23.</b> <i>Análisis de Control de Riesgos</i> .....  | 109 |
| <b>Tabla 24.</b> <i>Designación de la Gestión del Riesgo</i> .....                                  | 111 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 25.</b> Planeación Trimestral ..... | 111 |
|--|-----|

### **Lista de figuras**

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Organigrama de la Alcaldía Municipal de Arjona.....                           | 28 |
| <b>Figura 2.</b> Organigrama Cardique .....  | 30 |
| <b>Figura 3.</b> Organigrama Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible .....        | 32 |
| <b>Figura 4.</b> Organigrama Ministerio de Minas y Energía.....                                | 34 |
| <b>Figura 5.</b> Histórico Inflación en Colombia.....  | 36 |
| <b>Figura 6.</b> Desempleo Nacional .....  | 37 |
| <b>Figura 7.</b> Proyecciones del Banco de la República.....                                   | 38 |
| <b>Figura 8.</b> Balanza Comercial Anual 2013-2022.....  | 39 |
| <b>Figura 9.</b> Histórico de la TRM .....   | 40 |
| <b>Figura 10.</b> Demanda de Energía Eléctrica .....   | 51 |
| <b>Figura 11.</b> Crecimiento de la Demanda No Regulada y Contribuciones Sectoriales.....      | 51 |
| <b>Figura 12.</b> Demanda Comercial por Región.....  | 52 |
| <b>Figura 13.</b> Centrales en Colombia.....   | 54 |
| <b>Figura 14</b> Participación en el Mercado de Generadores de Energía en Colombia .....       | 56 |
| <b>Figura 15.</b> Producción de Energía Solar .....  | 57 |
| <b>Figura 16.</b> Ubicación Arjona .....   | 60 |
| <b>Figura 17.</b> Ubicación del Lote para el Desarrollo del Proyecto Planta Solar Arjona ..... | 61 |
| <b>Figura 18.</b> Esquema de la Planta Solar Sobrepuesta al Plano Satelital.....               | 61 |
| <b>Figura 19</b> Subestación Gambote Afinia EPM.....   | 62 |
| <b>Figura 20.</b> Organigrama.....   | 64 |
| <b>Figura 21.</b> Funcionamiento de una Planta Fotovoltaica.....                               | 68 |
| <b>Figura 22.</b> Diseño General del Plano de Disposición.....                                 | 69 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 23.</b> Esquema de los Bloques de Potencia .....                | 70  |
| <b>Figura 24.</b> Disposición del Proyecto .....                          | 71  |
| <b>Figura 25.</b> Estructura de Soporte.....                              | 72  |
| <b>Figura 26.</b> Módulo Fotovoltaico .....                               | 73  |
| <b>Figura 27.</b> Inversor Sunny Central 2200.....                        | 74  |
| <b>Figura 28.</b> Sistema de Monitorización .....                         | 75  |
| <b>Figura 29.</b> Casetas de Equipo Eléctrico .....                       | 76  |
| <b>Figura 30.</b> Caja de Conexión .....                                  | 77  |
| <b>Figura 31.</b> Cableado Media Tensión .....                            | 78  |
| <b>Figura 32.</b> Maleza en Paneles Solares Fotovoltaicos.....            | 82  |
| <b>Figura 33.</b> Terreno sin Adecuación .....                            | 82  |
| <b>Figura 34.</b> Daños en los Paneles Solares Fotovoltaicos .....        | 83  |
| <b>Figura 35.</b> Estructura de la Regulación del Sector Energético ..... | 90  |
| <b>Figura 36.</b> Comparativo de Escenarios .....                         | 97  |
| <b>Figura 37.</b> Gráfica de Distribución VPN.....                        | 99  |
| <b>Figura 38.</b> Gráfica TIRM. ....                                      | 100 |
| <b>Figura 39.</b> Gráfica RBC.....  | 101 |
| <b>Figura 40.</b> Gráfica CAUE. ....                                      | 102 |

## RESUMEN

La luz solar es una fuente de energía renovable inagotable que funciona para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, un sistema de producción de energía coherente con los objetivos del Gobierno colombiano comprendidos en los acuerdos internacionales para la disminución del calentamiento global. Colombia, gracias a su ubicación geográfica en el meridiano del Ecuador, puede contar con la luz del sol durante todos los días del año en niveles suficientes para generar una buena producción de energía, lo cual es una ventaja para poder brindar soluciones energéticas amables con el medio ambiente como la energía solar fotovoltaica. La ubicación del proyecto será en el municipio de Arjona, en el departamento de Bolívar, en una extensión de tierra de cien hectáreas. Este proyecto es un estudio de prefactibilidad mediante la metodología ONUDI, para determinar si es viable construir una planta solar fotovoltaica para la producción y venta de energía eléctrica.

**Palabras clave:** energía solar fotovoltaica, estudio de prefactibilidad, metodología ONUDI, medio ambiente, fuentes de energía renovable.

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento global y la creciente necesidad de la humanidad por mitigar la emisión de gases efecto invernadero han llevado a los países a buscar soluciones para la disminución de estos mediante inversiones y medidas legislativas. Para este propósito, se creó el Acuerdo de París del 2015, donde los 191 países que firmaron se comprometieron a cumplir unos objetivos ante las Naciones Unidas para el cambio climático y serán evaluados cada 5 años para darle seguimiento a los compromisos adquiridos por cada nación. En el año 2021 se llevó a cabo La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - COP26, en la que participaron 200 países con el objetivo de reducir los gases efecto invernadero y el calentamiento global, ratificando la emergencia climática global y exigiendo nuevos compromisos por parte de las naciones participantes.

Una de las soluciones a la emisión de gases efecto invernadero es el uso de energías renovables, entre las cuales se encuentra la energía solar fotovoltaica. Gracias a la necesidad de encontrar otras fuentes de generación de energía por el crecimiento acelerado de la demanda y limitada oferta; y los compromisos que el Gobierno colombiano adquirió al unirse al Acuerdo de París y el COP26, la energía solar viene teniendo un desarrollo significativo en los últimos años.

Por lo anterior, los proyectos de instalación de paneles solares para la generación de energía fotovoltaica se han vuelto un negocio muy atractivo, no solo por la solución que da a los problemas energéticos del país, sino por los beneficios que el Gobierno colombiano, en cuanto a tributación e importación de equipos, ha dispuesto para motivar este tipo de inversiones.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El estudio de prefactibilidad para la implementación de un proyecto de paneles solares fotovoltaicos para la generación y venta de energía eléctrica ubicado en Arjona, Bolívar, surge de la necesidad de disminuir el gasto de la energía en un hotel ubicado en la ciudad de Cartagena, que por privacidad no puede ser mencionado en este trabajo, el paga por el suministro de energía eléctrica entre 60 y 90 millones de pesos mensuales, es así como en la búsqueda por reducir este gasto mensual, surgió la idea de adaptar paneles solares en la terraza del hotel. A partir de lo anterior, se desarrolló un estudio con el fin de determinar la viabilidad de instalar paneles solares en la propiedad, pero después de indagar con varios expertos en energía solar, se llegó a la conclusión de que no se justificaba hacer una inversión en paneles solares fotovoltaicos para autogeneración, ya que el área del hotel donde se planeaba instalar los paneles es reducida y no se obtendría el ahorro en energía esperado. Sin embargo, surge la opción de instalar los paneles solares en un área mayor para transportar la energía por medio de un operador al hotel y, finalmente, se despertó el interés por construir una planta solar fotovoltaica como un nuevo negocio.

Los socios del hotel vienen realizando diferentes averiguaciones con el fin de determinar si sería viable construir una planta solar fotovoltaica como una oportunidad de negocio en una de sus propiedades, específicamente una que tuviera los niveles de radianes requeridos y que contara con redes cercanas de distribución. Por esa razón, se eligió un predio ubicado en Arjona, el cual cuenta con los requerimientos básicos para construir la planta solar fotovoltaica.

La sociedad propietaria del hotel está dispuesta a hacer la inversión tras determinar la viabilidad del proyecto.

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivo general**

Hacer un estudio de prefactibilidad para la creación de una planta de generación y venta de energía de paneles solares fotovoltaicos en Arjona, Bolívar, por medio de la metodología ONUDI para determinar su viabilidad.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Elaborar un estudio sectorial y de entorno basado en el análisis PESTEL.
- Desarrollar un estudio de mercado para el sector de las energías renovables a nivel global, regional y local.
- Construir los requerimientos técnicos del proyecto y su valor monetario.
- Definir la estructura organizacional y administrativa del proyecto.
- Estimar el impacto medioambiental del proyecto de manera cualitativa y cuantitativa.
- Identificar los aspectos legales y administrativos del proyecto, para reconocer la normatividad de este y sus costos.
- Hacer la evaluación financiera del proyecto para determinar su viabilidad.
- Evaluar los riesgos financieros y sociales asociados al proyecto. con el fin identificarlos y planear su mitigación.

### **1.2. Justificación del trabajo**

El interés de formular un proyecto de energía solar fotovoltaica surge de la idea de negocio de crear en cien hectáreas de tierra, en Arjona-Bolívar, una planta solar para generar y vender energía, puesto que el Gobierno colombiano viene incentivando este tipo de iniciativas para la reducción de los gases efecto invernadero y aumentar el consumo en los hogares de energía proveniente de fuentes no convencionales.

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), las energías renovables, tales como la energía solar fotovoltaica, son recursos que van a ayudar a hacerle frente al calentamiento global y el cambio climático. Actualmente, se calcula que el 2 % de la energía eléctrica mundial es producida con energía solar fotovoltaica y se espera que para el año 2030 este porcentaje se incremente al 13 % (Higuera Aguilar & Carmona Valencia, 2017).

Colombia se encuentra en el Acuerdo de París y en el COP26, acuerdos internacionales que apoyan el desarrollo de proyectos para reducir la generación de gases efecto invernadero, así como de hacer cumplir los compromisos acordados por los países que participaron en estas iniciativas. Colombia, en el año 2014, creó la Ley 1715, la cual tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de fuentes de energía renovables en el sistema energético nacional, necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. El Decreto 829 de 2020 es la norma más reciente y establece a la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) como entidad encargada de evaluar y conceder los beneficios de

la Ley 1715 del 2014. Pero, a pesar de existir una ley marco para motivar la construcción de proyectos de estas características, aún no hay una amplia oferta de este tipo de energías (UPME, 2020).

Colombia tiene un déficit en la oferta de energía. Las hidroeléctricas, que representan un 60 % de la energía que se consume en el país, no tienen capacidad de atender la demanda y su capacidad se afecta por sequías o por inundaciones, lo cual obliga al sistema a cubrir la baja de producción con la generación termoeléctrica a un costo mayor. Una planta termoeléctrica de 1 megavatio hora (mWh) por año es equivalente a 221 toneladas de dióxido de carbono que va a la atmósfera.

### **1.3. Contenido del informe**

Se procede a describir los antecedentes, alcance y la pregunta del proyecto.

#### **1.3.1. Antecedentes**

Las energías renovables se encuentran como prioridad en las agendas energéticas de los países. La transición de la generación de energía con combustibles fósiles, como el carbón, el gas y el petróleo, a energías que aprovechan los recursos naturales inagotables, como la luz del sol y el viento, está ocurriendo rápidamente. Algunos países han logrado liderar en la industria y tecnología de las energías renovables, tanto en su desarrollo técnico como en capital humano. La demanda mundial de energía sigue creciendo y las energías renovables cada vez aportan más a la capacidad instalada. En el 2014 las fuentes no convencionales de energía aportaron el 22,8 % de generación instalada a nivel mundial (Enciso Chávez, 2019).

Para el año 2017 la energía solar fotovoltaica superaba la barrera de los 400 gigavatios acumulados, convirtiéndose en un negocio de generación atractivo para las empresas alrededor del mundo, impulsado principalmente por el desarrollo de las tecnologías de Asia en este tipo de sistemas (Enciso Chávez, 2019).

El World Energy Trade dice que la capacidad instalada total para finales del año 2019 escaló alrededor de 627 gigavatios a nivel mundial. Por otro lado, “Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la energía solar está en camino de establecer un récord de nuevos despliegues globales a partir de 2022, con una media de 125 GW de nueva capacidad prevista a nivel mundial entre 2021 y 2025” (NS Energy, 2021).

El informe *Renewables 2020* de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) revela que los países que en el año 2019 lideraban la producción de energía

solar en el mundo son: China, Estados Unidos, Japón, Alemania y la India, con 205 GW, 76 GW, 63,2 GW, 49,2 GW y 38 GW, respectivamente. China es el país que más ha crecido en cuanto a energía solar, confirmando en 2019 su dominio con más de 200 gigavatios, seis veces lo que registró en el año 2016.

Una de las prioridades de impulsar los compromisos a favor del cambio climático es garantizando menos emisiones a la atmosfera, por eso la generación de energías renovables es una excelente opción para la reducción de los gases efecto invernadero y para el cubrimiento de la creciente demanda de energía en el mundo. En el año 2020, América Latina confirma su enorme potencial, liderado por Brasil con 150.047 MW, México con 28.358 MW; y Venezuela, Argentina, Colombia y Chile, con producciones superiores a 10.000 megavatios.

En Colombia, desde el año 2018, se vienen construyendo parques solares fotovoltaicos y actualmente hay 15 en todo el país. Estas plantas generan 1,13 millones de kilovatios al día de energía por hora y tienen un potencial de producción de 236 megavatios, de los cuales 382.560 KW hora provienen de las plantas solares ubicadas en el departamento del Meta y atienden a 66.339 usuarios.

Según datos del Ministerio de Minas y Energía, actualmente hay 7 granjas de autogeneración a gran escala y aproximadamente 1.500 proyectos de autogeneración de energía solar fotovoltaica a pequeña escala, que aportan 304 megavatios, lo cual equivale a suministrar energía a más de 280.000 familias (Urrego, 2021).

A nivel departamental, Bolívar cuenta con dos parques solares: Celsia Bolívar y Solar Bayunca 1. El departamento va a tener una tercera granja solar, llamada Parque Solar Canal del Dique, con una capacidad instalada de 5,6 megavatios pico. Esta planta permitirá el suministro de energía a dos estaciones de bombeo de agua cruda al sistema de acueducto de Cartagena (El Universal, 2021).

### **1.3.2. Alcance**

La energía solar fotovoltaica se produce mediante el aprovechamiento de la radiación de los fotones haslumínicos que produce el sol, que para el punto de interés se encuentra en Arjona-Bolívar, en las coordenadas geográficas propias de unos terrenos aptos para fomentar este tipo de proyectos y poder producir energía solar aprovechando la cercanía con redes de distribución de energía nacional por sus subestaciones, que nos permiten interconectarnos al Sistema de Transmisión Nacional y distribución local.

Según estudios científicos y datos compilados en softwares especializados, como el RETSCREEN utilizado por la NASA, en la latitud y longitud de la zona norte de Colombia hay

una radiación al año de los 1.600 hasta los 2.400 radianes por kilovatio, es decir, en una hectárea tenemos una potencialidad de 1 megavatio, equivalente a 1.000 KW y en producción de 190.000 kilovatios hora año.

El uso de esta energía tiene varias posibilidades: ser consumida por su productor, distribución a empresas que estén conectadas con el sistema de transmisión o inyección mediante los modelos económicos conocidos como Paridad del Poder Adquisitivo (PPA) o Paridad de Poder de Compra (PPC) y la energía se le entrega al operador.

El presente proyecto se trata de una planta solar fotovoltaica que va a construirse en un área de 100 hectáreas, ubicadas en Arjona-Bolívar, con el fin de producir alrededor de 100 Megavatios (MW) de energía eléctrica. El trabajo de investigación busca evaluar y determinar si el proyecto es viable.

### **1.3.3. Pregunta**

¿Es viable construir una planta solar de energía fotovoltaica en Arjona-Bolívar?

## 2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se recopilan, sistematizan y exponen conceptos, argumentos e ideas para el desarrollo de esta investigación.

### 2.1. Marco conceptual del sector energético

En Colombia, la energía solar comienza a generar impacto en los años cincuenta en la ciudad de Santa Marta, donde se instalaron por primera vez calentadores solares para las casas de los trabajadores en las bananeras. Esta propuesta se extiende por el resto del país para usar calentadores solares en las universidades, hasta que en los años ochenta se reglamenta el uso de calentadores solares a través del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC, en la siguiente década los calentadores solares se empezaron a usar en hospitales y centros comunitarios. A pesar de que Colombia tiene una ubicación privilegiada en el meridiano del Ecuador, permitiendo varias horas de sol al día, el impacto real de la energía solar empieza con el ingreso del país en la Agencia internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés) y la firma de Acuerdo de París en el año 2015. Esto compromete al país a generar e implementar tecnologías para explotar las fuentes de producción de energías limpias.

La energía solar aparece como una alternativa tecnológica muy amable con el medio ambiente para reducir las emisiones de gases efecto invernadero en el sector energético, siendo una opción que tiene materia prima ilimitada, gratis, no desgasta ni pone en riesgo los recursos naturales y no necesita ser transportada, en comparación con la energía proveniente de los combustibles fósiles.

Como una muestra de lo anterior, la empresa Trina Solar, para el 31 de diciembre del 2020, registró una generación de 66 gigavatios de energía solar, esto equivale a ahorrar 29 millones de toneladas de carbón estándar, reducción de casi 89 millones de toneladas de dióxido de carbono y 2 millones de toneladas en dióxido de azufre; demostrando así que la energía solar puede hacer un gran papel tanto en las crisis de energía como en la reducción de la contaminación que se dirige a la atmosfera.

La crisis energética en Colombia se viene evidenciando desde el año 1992, cuando una sequía ocasionada por el fenómeno de El Niño, fenómeno conocido como el calentamiento del Océano Pacífico causando cambios en el clima en todo el mundo entre cada 3 y 7 años, provocó que bajara el nivel de agua en los embalses para producir energía hidroeléctrica. Entre 1992 y 1993 hubo medidas de racionamiento de agua y energía a nivel nacional. Posteriormente, en 2015 y 2016, el fenómeno de El Niño volvió a causar sequías en el territorio colombiano,

afectando los niveles de embalses generadores de energía hidroeléctrica y termoeléctrica, dando como resultado el déficit de producción energética en las instalaciones que operan ISAGEN y EPM (Valencia, 2016).

La crisis no surgió únicamente por el cambio climático, sino por daños técnicos en las plantas de energía, como ocurrió en una de las plantas de Termoflores, en Barranquilla, donde se presentó un fallo en la turbina y tardaron cuatro meses en repararla. Cabe resaltar que, para el 2016, Termoflores junto con la central hidroeléctrica Guatapé producían el 10 % del consumo de la energía a nivel nacional (Valencia, 2016).

Los casos anteriores, entre otros, han llevado al Gobierno colombiano a buscar nuevas opciones de generación de energía para prevenir otra crisis como la que se vivió en el año 2016, así como lograr mayor cobertura de energía en el territorio nacional. Con esta intención, Colombia actualmente hace parte del Acuerdo de París, el Protocolo de Kioto y el COP26. Estos acuerdos obligan a los países a que cumplan con unos compromisos específicos en contra de la generación de gases efecto invernadero que afecten el calentamiento global y el cambio climático.

Como una opción ante una crisis energética y el cumplimiento de los acuerdos internacionales, están las llamadas energías limpias, tales como la energía solar, mareomotriz, eólica, biomasa, geotérmica, entre otras (Soto, 2020).

El Gobierno colombiano está comprometido con alcanzar, para el 2022, una capacidad instalada de 250.000 megavatios en energías renovables no convencionales (Urrego, 2021).

## **2.2. Métodos para la estructuración de proyectos**

Existen diferentes tipos de metodologías para las diferentes etapas de un proyecto. En esta sección se van a explicar las más reconocidas a nivel mundial, haciendo énfasis en ONUDI, como la metodología marco de este proyecto.

### **2.2.1. Marco lógico**

La metodología del Marco Lógico fue desarrollada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, como respuesta a los resultados que arrojó el análisis de diferentes proyectos y llegar a la conclusión de que dichos proyectos fracasaban en la ejecución porque perseguían múltiples objetivos, no había seguimiento y control, no se definían las responsabilidades con claridad y no tenían en consenso la comparación de lo planificado con los resultados efectivos (ILPES, 2004).

El Marco Lógico es una herramienta que facilita los procesos de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Se centra en la orientación por objetivos, grupos beneficiarios y facilita la participación y la comunicación entre las partes interesadas. Esta metodología consta de dos etapas: la identificación del problema y alternativas de solución y la etapa de planificación.

La identificación del problema y alternativas de solución analiza el escenario presente y crea el escenario deseado, junto con las estrategias a aplicar para lograrlo. Todo se centra en resolver un problema que tiene un grupo de interesados por medio del diseño de un proyecto. Existen cuatro tipos de análisis: de involucrados, de problemas, de objetivos y de estrategias.

La etapa de planificación es donde se realiza un plan operativo-práctico con las actividades, recursos y el tiempo de ejecución. En esta etapa se elabora la matriz de marco lógico.

Cabe resaltar que la Metodología Marco Lógico es una “ayuda para pensar” y no un sustituto para el análisis creativo, es un instrumento que ayuda a dicho análisis y permite presentar sucintamente diferentes aspectos del proyecto y acompaña como guía, toda la evaluación de una intervención; sea ésta, proyecto o programa. (Oregón et al., 2005)

### **2.2.2. ZOPP**

Esta metodología se originó en Alemania en el año 1975 con la creación de la GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) para mejorar la flexibilidad y eficiencia en la cooperación técnica, adoptando herramientas de gestión actuales como la Matriz de Estructura Lógica, que se desprende del Marco Lógico. La metodología ZOPP se usa para planear proyectos alcanzando objetivos mediante un conjunto de técnicas y se conoce como Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos (Zielorientierte Projektplanung en alemán). Primero se realiza un análisis de participación, problemas, objetivos y alternativas, posteriormente se hace la matriz de planificación del proyecto, el tercer paso consiste en realizar un programa para asignar costos, tiempos y responsabilidades por objetivo y, finalmente, se hace el seguimiento y evaluación de los objetivos relacionados con los resultados (Meléndez, 2018).

### **2.2.3. ILPES**

El instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES) fue creado en 1962 y es la entidad de la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL) líder en investigación, cooperación a nivel técnico, formación en planificación, economía y gestión del sector público para el desarrollo de los países en América Latina y el Caribe (ILPES, 2004).

Aunque el ILPES recomienda la metodología de Marco Lógico para la gestión del ciclo de vida de los proyectos, debe ser utilizada en conjunto con otras técnicas y métodos en las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos. No es única, ya que distintas agencias han adaptado el concepto básico, generándose así una serie de distintas versiones de lo que debe ser el Marco Lógico (ILPES, 2004).

#### **2.2.4. BID**

El Banco Interamericano de Desarrollo impulsa proyectos de desarrollo socioeconómico de un país o una región y tiene como objetivo obtener resultados concretos dentro de sus restricciones en cuanto al alcance, tiempo y presupuesto. Los proyectos implementados por el BID deben generar un cambio gradual con resultados intermedios, pero sostenibles en el largo plazo.

Para la gestión de resultados se usan cuatro áreas: planificación estratégica, gestión de riesgos, monitoreo del desempeño con base en resultados y evaluación de resultados.

Es un marco lógico inclusivo de todos los ciclos y actores de la gestión pública, que permite ordenar las relaciones causa-efecto existentes entre un objetivo estratégico y el programa que se llevará a cabo para lograrlo, los insumos que los ejecutores del proyecto deberán crear o producir para lograrlo, y el cómo hacer todo esto; es decir, la lógica de todo proyecto del BID intenta partir de un enfoque en resultados, en lugar de actividades y el ciclo presupuestal, con el propósito de que la prioridad deje de ser el control de esas actividades. (Siles & Móndeolo, 2018. p.16)

#### **2.2.5. Estándar australiano**

Este método fue creado por el Comité OB/7 de la Junta de Estándares de Australia y Nueva Zelanda en el año 1999. El Estándar Australiano de Administración de Riesgos AS/NZS 4360 determina el sistema de gestión de riesgo operativo y el método para gestionarlo.

Contempla la determinación del contexto, la identificación, análisis, evaluación, tratamiento, comunicación y el monitoreo de los riesgos, y lo hace parte integral de la gestión administrativa, como un proceso multifacético, llevado a cabo por un equipo multidisciplinario, que debe integrar los elementos principales del proceso. (Beltrán et al., 2013. p.9)

### **2.2.6. JICA**

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) promueve el desarrollo de sus actividades hacia el trabajo de campo, dando especial importancia a la seguridad humana y abordando mayor eficacia, eficiencia y celeridad.

La evaluación de la JICA tiene cuatro etapas durante el ciclo de un proyecto: ex-ante, intermedia, final y ex-post. Su objetivo es mejorar la efectividad y la eficiencia de la planeación e implementación utilizando resultados de evaluación. JICA ha venido fortaleciendo la evaluación con tres objetivos: usar la retroalimentación para el proceso de toma de decisiones, acentuar el aprendizaje del personal y las organizaciones interesadas y, por último, dar a conocer ampliamente la información de la manera más eficaz posible y asegurar la rendición de cuentas (Departamento de Planeación y Evaluación, 2004).

### **2.2.7. ONUDI**

La metodología ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) surge de la necesidad de estandarizar el desarrollo de estudios de preinversión de proyectos en los países en desarrollo, dada la creciente necesidad de aumentar su producción industrial y que sus métodos de evaluación de proyectos no van a la par de la calidad que exige la industria a nivel global: “No se puede definir una pauta única ya que las actividades industriales adoptan formas innumerables que van desde las plantas en pequeña escala que producen un artículo o componente específico hasta los grandes complejos que fabrican numerosos productos” (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020. p.16 ).

Para el ciclo de desarrollo de la metodología ONUDI se consideran tres fases: preinversión, inversión y fase operacional. Así mismo, cada una de las fases se divide en etapas.

En la fase de inversión se contraen obligaciones financieras considerables y toda modificación importante al proyecto entraña graves consecuencias financieras. La mala programación, las demoras en la construcción y la entrega o en la iniciación de actividades, etc., llevan inevitablemente a mayores costos de inversión y afectan la viabilidad del proyecto. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020. p.18)

Con base en el Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial de ONUDI, las etapas de la fase de inversión son: el plan del proyecto y diseños técnicos, la etapa de negociación y celebración de contratos, etapa de construcción, etapa de capacitación y la

etapa de iniciación. El *plan del proyecto y diseños técnicos* es la etapa donde se elaboran los calendarios, se determina dónde se va a hacer el proyecto y la tecnología y equipos, la preparación de planes maestros y los diseños técnicos. La *etapa de negociación y celebración de contratos* es la negociación y celebración de contratos, y se evidencia en todas las etapas de la fase de inversión, con excepción del contrato llave en mano, en el cual se paga un valor determinado entre las partes y el contratista se encarga de celebrar todos los contratos que comprenda el desarrollo del proyecto. En la *etapa de construcción* se desarrolla la construcción de infraestructura requerida por el proyecto bajo programación y calendarios determinados. La *etapa de capacitación* es necesaria en conjunto con la *etapa de construcción* con el fin de lograr una mejor productividad y eficiencia, de la mano de obra de la organización a la puesta de operaciones del proyecto. Finalmente, la *etapa de la iniciación de actividades* es una etapa corta antes del inicio de la fase de operación del proyecto. En esta etapa se evidencia si la planeación y ejecución del proyecto fue certera. Se corrigen las actividades necesarias para empezar la *etapa de operación*, ya que esta constituye una muestra.

La *fase operacional* se debe evaluar desde dos puntos a raíz de la metodología ONUDI: a corto plazo y a largo plazo. Cuando el proyecto está en el periodo inicial, en el cual está empezando a operar y se deben determinar las técnicas de producción, la productividad de la mano de obra y la óptima selección de personal administrativo, técnico y operarios, es la fase operacional en el corto plazo y se aplican las medidas de corrección requeridas. En el largo plazo se evalúan los flujos de caja proyectados en la *fase de preinversión*, costos, gastos e ingresos, todo lo que afecte la viabilidad del proyecto y su retorno a los inversionistas.

Las actividades de promoción se inician cuando se identifica la necesidad de fuentes de financiación o ingresos, por lo cual se requiere la promoción del producto o servicio para la comercialización de este. Es importante iniciar esta actividad en el momento que el estudio de preinversión arroje resultados positivos y el promotor decida ejecutar el proyecto.

La *fase de preinversión* identifica el nivel de inversión, se realiza la formulación, evaluación y selección de la opción más rentable desde el punto de vista económico, social y organizacional. En este estudio se evidencian los elementos necesarios para la toma de decisiones.

Los estudios de apoyo o funcionales forman parte de la etapa de formulación del proyecto; por lo general se realizan separadamente debido principalmente a que el organismo que lleva a cabo el estudio de viabilidad puede no tener personal o expertos calificados para

realizar estudios en las esferas pertinentes. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020. p.20)

Los estudios de preinversión se componen de tres fases: perfil, prefactibilidad y factibilidad. A mayor cantidad y calidad de la información, más se acerca al estudio de factibilidad, y en cuanto menor sea la información, se acerca al estudio de perfil. A continuación, se explica con más profundidad cada uno de ellos:

El perfil es el primer nivel entre estos estudios, el cual está basado generalmente en información secundaria, de tipo cualitativo, cifras estimadas u opiniones de expertos. Su principal objetivo es una evaluación preliminar de abandonar el proyecto sin ejecutar mayores gastos en futuros estudios. Por otro lado, también busca seleccionar soluciones convenientes para la ejecución en este primer nivel de análisis.

Esta proviene de fuentes de información secundaria, como la elaborada por terceros: promedios de precios de insumos, estándares de costos de construcción, tasa de crecimiento de la población revelada por el instituto nacional de estadísticas, registros de importación del banco central y otras que pueden ser consideradas como representativas de la situación que se evalúa en el proyecto. (Nassir Sapag Chain, 2011, p. 44)

El estudio de factibilidad se utiliza para tomar la decisión de continuar con un proyecto y es desarrollado en una fase preoperativa del ciclo del proyecto. Según Enrique Núñez Jiménez, en su libro *Guía para la preparación de proyectos de servicios públicos municipales*, los estudios que comprenden la factibilidad de un proyecto son: el estudio de mercado, aspectos técnicos, administrativos, institucionales, financieros, evaluación socioeconómica y el resumen del estudio. Con los resultados obtenidos, se podrá determinar si abandonar o ejecutar el proyecto, si es viable, se pueden mejorar las variables y, finalmente, pasar a la operación.

El estudio de prefactibilidad es un análisis preliminar para determinar su viabilidad. Este nivel de estudio “Suele ofrecer una descripción general de la logística, los requerimientos de capital, los retos claves y cualquier otra información que se considere importante para el proceso de toma de decisiones de un proyecto” (Sy Corvo, 2019).

En este estudio se define cuál es el mejor escenario empresarial, tanto financieramente como técnicamente, seleccionando la mejor entre varias ideas. Las empresas utilizan estos estudios para la recopilación de información antes de invertir, si en el estudio el proyecto es

factible, se continúa con estudios a mayor profundidad, ya que actúa como una exploración de una posible inversión.

Según el Ing. Leonardo Solarte, en el curso Gerencia de Proyecto de la Universidad del Valle, en el nivel de prefactibilidad se busca responder las siguientes preguntas: ¿Es factible avanzar en el desarrollo del proyecto o se descarta la idea?, ¿qué aspectos se deben tener en cuenta para la puesta en marcha del proyecto? y ¿qué aspectos deben ser estudiados con más detalle para tomar una decisión definitiva?

El estudio de prefactibilidad bajo la metodología ONUDI comprende tres etapas fundamentales, que serán explicadas a continuación:

1. El *estudio de viabilidad* se explica mediante la siguiente cita:

Debe dar por resultado un proyecto con capacidad de producción definida en un emplazamiento seleccionado, utilizando una o varias tecnologías determinadas en relación con materiales e insumos específicos, con costos de inversión y producción identificados, e ingresos por concepto de ventas que produzcan un rendimiento determinado respecto de la inversión. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020. p.26)

2. Los *estudios de apoyo funcionales* están incluidos en el estudio de la formulación del proyecto. Estos se clasifican en estudios de mercado, técnico, financiero, social, organizacional, ambiental, legal, entre otros estudios que sean requeridos según la investigación.

El contenido de los estudios de apoyo varía según la naturaleza del estudio y los proyectos que se prevé realizar. Sin embargo, dado que estos estudios se relacionan con un aspecto vital del proyecto, las conclusiones a que se llegue en ellos deben ser lo bastante claras como para poder fijar un rumbo a la etapa subsiguiente de la preparación del proyecto. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020.p.25)

3. La *etapa de la evaluación y adaptación de las decisiones (informe de evaluación)* donde se define la decisión de invertir o no en el proyecto evaluado.

Para este ejercicio académico se va a hacer un estudio de prefactibilidad, debido a que la factibilidad es un estudio que requiere más calidad y profundidad en la información, lo que a su vez demanda un mayor costo económico para la investigación. El estudio de prefactibilidad comprende unos niveles de investigación y de desarrollo suficientes para lo requerido en este trabajo de grado.

Los estudios de prefactibilidad tienen diversos métodos de gestión y ejecución, en este desarrollo del marco teórico se buscó definir los más comunes, así como la determinación de la información de interés en cada uno de los estudios. Cada una de las áreas de estudio pueden arrojar resultados de factibilidad diferentes, sea para una factibilidad positiva o negativa, es por esta razón que generalmente los proyectos llevan ajustes en la fase de estudios de prefactibilidad, siempre y cuando se logre el objetivo que se debe cumplir según lo establecido en la organización y sus directrices.

### **2.3. Método de solución**

Para el desarrollo de un proyecto, según Cesar A. Bernal en su libro *Metodología de la investigación*, tenemos los siguientes aspectos metodológicos a considerar:

El *método deductivo* va de lo general a lo particular, en otras palabras, todo lo que ha sido comprobado para un grupo será comprobado para los individuos. Es necesario aclarar que para que la conclusión particular sea verdadera, la general debe serlo primero.

El *método inductivo* es lo contrario al deductivo, se parte de una premisa particular y se concluye una general. Para que la conclusión sea verdadera, los intereses particulares deben presentar una ley común.

El *método inductivo-deductivo* se basa en la lógica y estudia hechos particulares.

El *método analítico* consiste en la descomposición de un todo en sus partes. Se estudian cada una de las partes de forma individual.

El *método sintético* integra las partes para estudiarlas como un todo. Tanto el sintético como el analítico corresponden al inductivo y al deductivo.

El *método analítico-sintético* hace el análisis separando los objetivos para estudiarlos como partes individuales y, para la síntesis, se unen los objetivos para estudiarlos de una manera integral.

El *método histórico-comparativo* es una investigación que consiste en estudiar fenómenos culturales para establecer semejanzas entre ellos, de tal manera que se pueda sacar una conclusión de su origen común.

El *método de investigación cualitativa* está orientado a profundizar en casos específicos y no generalizar. Su objetivo es cualificar y describir rasgos sociales a partir de rasgos determinantes, analizados desde la perspectiva del estudio.

El *método de investigación cuantitativa* tiende a generalizar los resultados del estudio. Mide los fenómenos sociales desde sus características mediante un marco conceptual donde se realizan supuestos y se relacionan las variables de forma deductiva.

A partir de lo anterior, se empleará para el presente trabajo el método deductivo, cualitativo y cuantitativo. Esto se debe a que se va a iniciar la investigación desde lo más general a lo particular, en algunos casos la información será tratada de forma cualitativa, donde se describirán rasgos de una forma más específica, y de forma cuantitativa cuando la información generaliza los resultados midiendo características desde unos supuestos que se relacionan con variables. Los métodos de investigación serán aplicados según lo vayan requiriendo los diferentes estudios de prefactibilidad.

Cesar A. Bernal también describe algunos instrumentos de investigación, de los cuales se aplicará el análisis de documentos e internet. Ambos considerados instrumentos para la recolección de información para la elaboración del marco teórico del trabajo. El autor también considera que la información tiene fuentes primarias y secundarias. Una fuente primaria es la fuente de donde se origina la información y una fuente secundaria son aquellas que ofrecen información sobre el tema a investigar, pero no son la fuente original. Ambas fuentes de información son válidas y aplicables para esta investigación. (2010)

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La Metodología de la investigación es el mapa de ruta para realizar el trabajo de investigación, dando así respuesta a los objetivos del proyecto.

A continuación, se describen en la siguiente tabla los estudios de prefactibilidad de la metodología ONUDI, los cuales van de la mano con los objetivos del proyecto y sus respectivas fuentes de información:

**Tabla 1.** *Mapa de la Metodología de la Investigación*

| OBJETIVOS          |                       | FUENTES DE INFORMACIÓN   |
|--------------------|-----------------------|--|
| Análisis sectorial | <b>Político</b>       | Descripción de la Alcaldía de Arjona, Concejo Municipal de Arjona, Curaduría, Cardique, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Secretaría Departamental de Ministerio de Minas del Distrito de Bolívar, UPME, CREG. |
|                    | <b>Económico</b>      | Descripción del entorno macroeconómico de Colombia enfatizando en: política fiscal, monetaria, cambiaria, PIB, inflación, tasa de desempleo, balanza comercial, TRM, DTF, sector energético y la bolsa de energía.                 |
|                    | <b>Social</b>         | Pros y contras de los proyectos de energías renovables en Colombia a nivel social.   |
|                    | <b>Tecnológico</b>    | Descripción de las tecnologías que están liderando los avances en la construcción de sistemas de energía con paneles solares en Colombia y el mundo.   |
|                    | <b>Medioambiental</b> | Descripción de las medidas medioambientales a nivel mundial, regional y nacional en la transición a las energías limpias para la reducción de los GEI y frenar el calentamiento global.  |
|                    | <b>Legal</b>          | Descripción de la normatividad creada para regir las iniciativas de las energías renovables.   |

|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| <b>Estudio de mercado</b>             | <b>Demanda, precio, oferta y canales de distribución</b>                | Describir el consumo de energía en Colombia. Determinar los ingresos del proyecto con la producción de energía y el precio. Examinar las posibles formas de vender energía en Colombia. Identificar las principales empresas generadoras de energía y la cantidad de energía que producen al año. Definir La participación en el mercado energético del proyecto. |
| <b>Estudio técnico</b>                | <b>Localización</b>   | Descripción de la locación del proyecto, específicamente el municipio de Arjona, ubicación del terreno donde se va a desarrollar el proyecto y los pros y los contras geográficos y técnicos para el montaje del proyecto.  |
|                                       | <b>Tamaño</b>   | Tamaño en cuanto a extensión de territorio y capacidad de producción de energía.  |
|                                       | <b>Recurso humano</b>   | Determinar el personal que se requiere para que opere la planta solar con sus respectivas funciones y los costos de la mano de obra.  |
|                                       | <b>Recursos técnicos</b>  | Determinar lo que se requiere para construir, operar y mantener la planta solar.  |
|                                       | <b>Recursos económicos</b>  | Determinar el costo de la obra de infraestructura, la operación y el mantenimiento de la planta solar.  |
| <b>Estudio medioambiental</b>         | <b>Compromisos internacionales y legislación medioambiental vigente</b> | Descripción de los acuerdos internacionales y su impacto medio ambiental en los que Colombia tiene compromisos actualmente: Acuerdo de París 2015 y COP26.  |
|                                       |   | Determinar la normatividad vigente a nivel medioambiental que aplicará para el desarrollo del proyecto.   |
| <b>Estudio legal y administrativo</b> | <b>Legislación vigente</b>  | Determinar la normatividad vigente para el desarrollo del proyecto.   |
|                                       | <b>Acciones y normatividad administrativa</b>                           | Determinar procesos administrativos que incluyen la constitución de la sociedad, los impuestos por los que debe pagar la sociedad por ser generadores de energía, inscripciones en las diferentes entidades oficiales y obligaciones contractuales con el comprador de la energía.  |

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| <b>Estudio financiero</b> | <b>Evaluación financiera del proyecto para su viabilidad</b> | Consta de construir el flujo de caja del inversionista y calcular los siguientes indicadores: Costo Promedio Ponderado del capital (WACC), el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM), el Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado (PRID), la Relación Beneficio Costo (RBC), el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), la Inversión Recuperada y Valor Agregado (IRVA) y el análisis de sensibilidad. |
| <b>Estudio de riesgos</b> | <b>Determinar y evaluar riesgos</b>                          | Identificar los riesgos del proyecto mediante un análisis semicuantitativo. Desarrollar estrategias que mitiguen los riesgos identificados.  |

Fuente: elaboración propia.

## **4. DESARROLLO**

A continuación, se desarrollan y exponen los siete estudios seleccionados para esta investigación basados en la metodología ONUDI: estudio de entorno y análisis sectorial, estudio de mercado, estudio técnico, estudio medioambiental, estudio legal y administrativo, estudio financiero y estudio de riesgos.

### **4.1. Estudio de entorno y análisis sectorial**

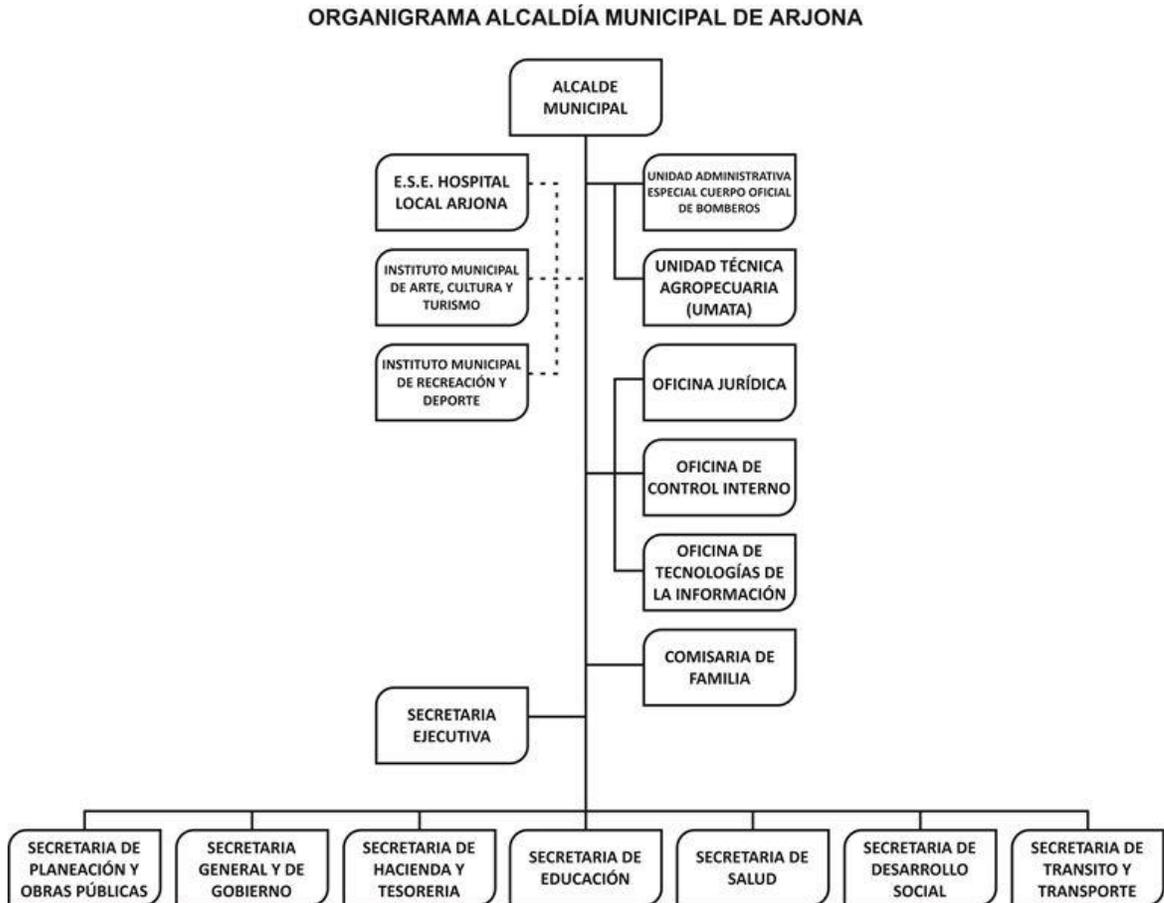
Se basará en el análisis del macroentorno con PESTEL, herramienta que describe el proyecto desde el entorno político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal.

#### **4.1.1. Entorno político**

El análisis político comprende nueve (9) entidades indispensables para este proyecto: la Alcaldía de Arjona, el Concejo Municipal de Arjona, Curaduría, Cardique, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Minas y Energía, que comprende la CREG y la UPME, y la Secretaría Departamental del Ministerio de Minas del Distrito de Bolívar.

La Alcaldía de Arjona se encuentra ubicada en la Plaza Principal de Arjona. Actualmente el alcalde es Isaías Rafael Simancas Castro, del Partido de la Unidad, elegido en el año 2020. Según el manual de funciones publicado en el sitio web oficial en el año 2019, la Alcaldía de Arjona comprende en su administración a más de 100 personas organizadas como se muestra en la Figura 1:

**Figura 1. Organigrama de la Alcaldía Municipal de Arjona**



*Nota:* Estructura organizacional de la Alcaldía de Arjona. Fuente: Alcaldía Municipal de Arjona, 2021.

A la Alcaldía de Arjona se le presenta el plan de desarrollo productivo para la zona de incidencia del proyecto y su impacto socioeconómico.

El Concejo Municipal de Arjona, como todos los concejos del país, se regula por reglamentos internos del artículo 313 de la Constitución y la Ley 136 de 1994. Una de sus funciones es aprobar proyectos que proponen los alcaldes. Al Concejo se le presenta el plan de desarrollo que se le entrega a la Alcaldía para el aval social y de emprendimiento económico, además certifica que el proyecto tiene una estabilidad jurídica en el municipio y que va a generar ingresos.

La curaduría se define como:

La institución que vigila el cumplimiento de las normas que reglamentan la construcción y se rigen por lo planteado en el plan de organización territorial (POT) de cada ciudad. Este lo determina el alcalde, pues él es el que define las políticas de desarrollo urbano y la capacidad de crecimiento de su jurisdicción. (Ingearq, 2019)

En la curaduría se tramita la licencia de construcción acorde al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) o, dado el caso, si se requiere la actualización del POT.

La Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique) se creó con la expedición de la Ley 99 de diciembre de 1993.

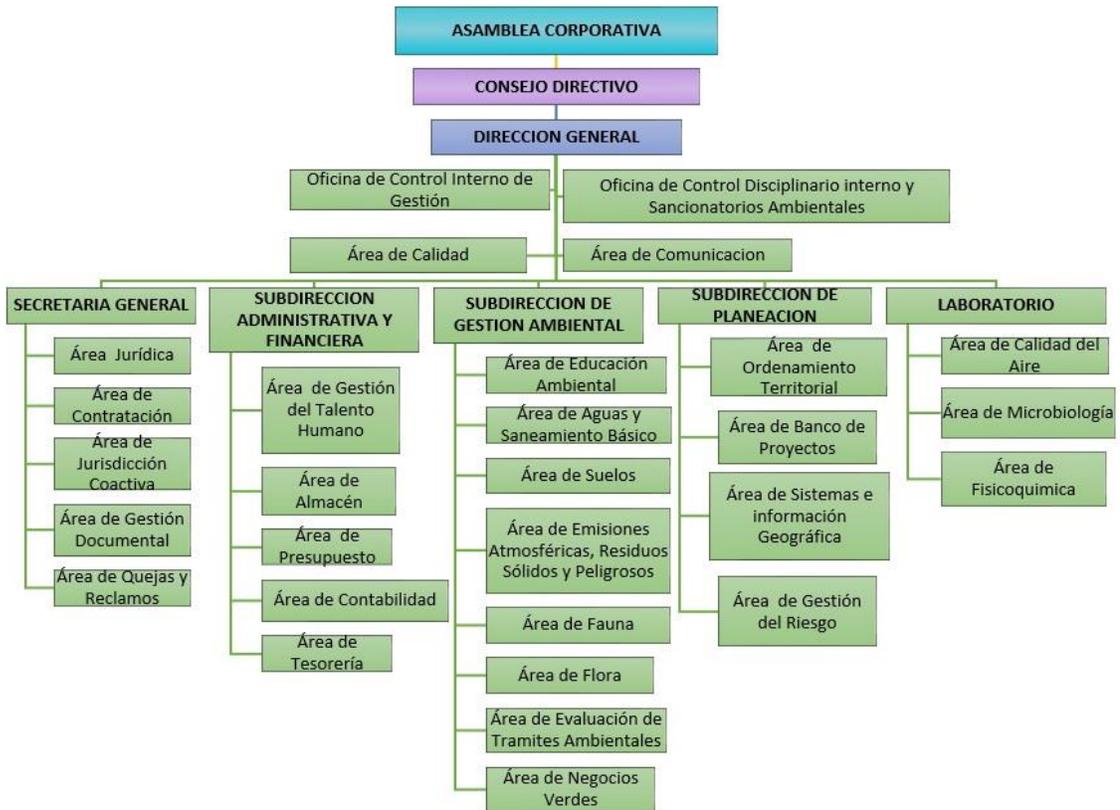
Es un ente público integrado por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidro geográfica. Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, siendo la máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción. (Cardique, 2022b)

La oficina central de Cardique se encuentra en Cartagena de Indias, en el barrio Manzanillo, pero dividió su jurisdicción en 3 Ecorregiones: Ecorregión Zona Costera y Ciénaga de la Virgen, Ecorregión Canal del Dique y Ecorregión Montes de María.

Para este proyecto nos debemos dirigir a Cardique Ecorregión Canal del Dique, ya que tiene la jurisdicción en el municipio de Arjona.

La entidad se organiza administrativamente como se muestra en la Figura 2:

**Figura 2. Organigrama Cardique**



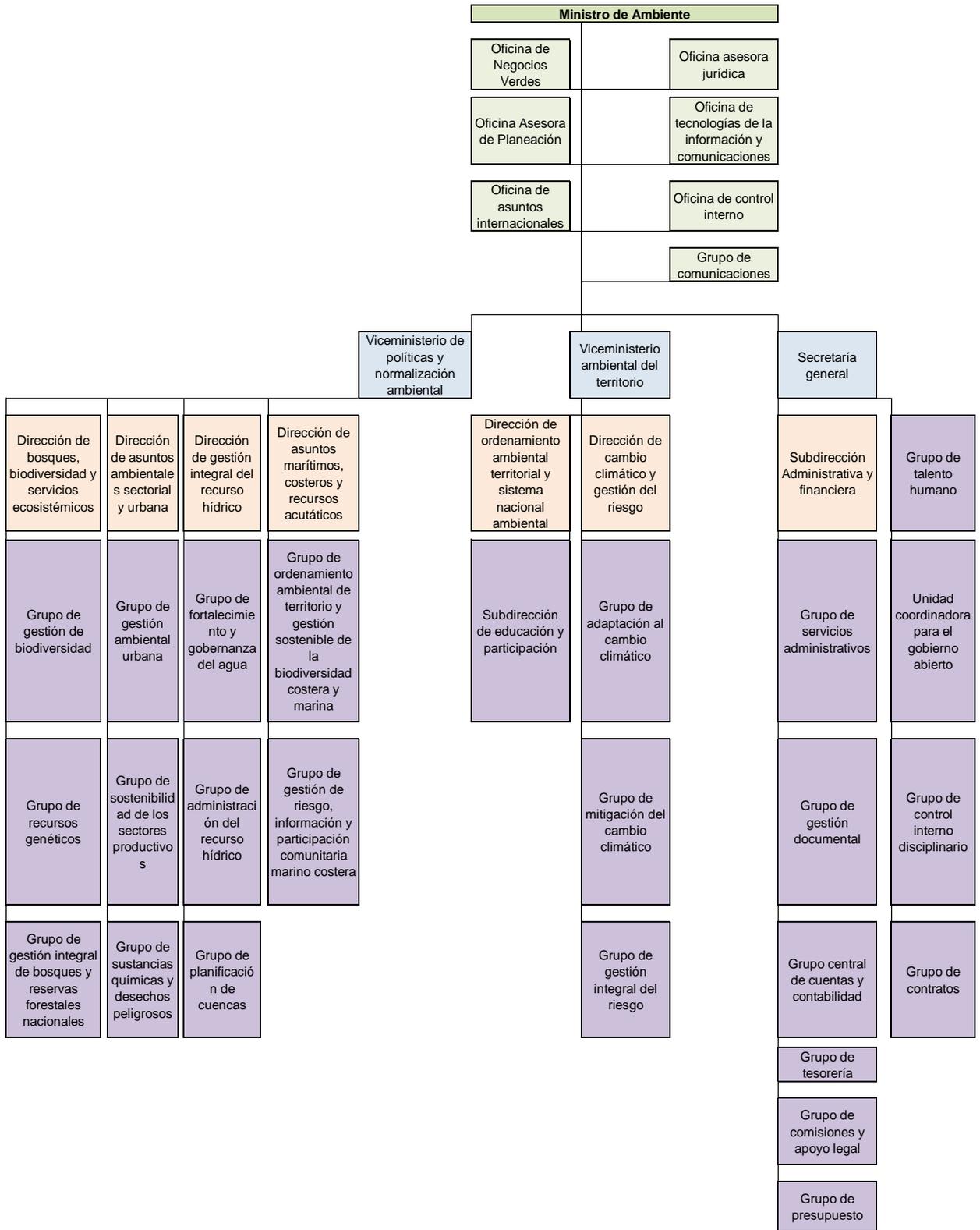
*Nota:* Organigrama de la institución Cardique que se rediseñó debido a que la imagen publicada no era legible. Fuente: Cardique, 2022a.

Para el propósito de este proyecto, Cardique inspecciona que el proyecto sea amigable con el medio ambiente y determina si tiene alguna afectación en la vegetación y, dado el caso, debe realizar un plan de mitigación como lo pide la norma. Una vez la entidad apruebe el proyecto, se expide la aprobación para la licencia ambiental ante el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Según el sitio web oficial la misión de esta institución es:

Definir la política Nacional Ambiental y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el desarrollo sostenible y garantizar el derecho de todos los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano. (MinAmbiente, 2022)

Este ministerio está liderado por el ministro Carlos Eduardo Correa Escaf y se encuentra organizado administrativamente de la siguiente forma:

**Figura 3. Organigrama Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**



*Nota:* Organigrama MinAmbiente rediseñado debido a que la imagen en la fuente no era legible. Fuente: MinAmbiente, 2022.

Esta institución es donde se inscribe el proyecto ya aprobado ante el operador para que otorguen la licencia ambiental y sume a la matriz de proyectos de esta línea industrial de energías limpias.

Por último, protocolariamente se le debe informar acerca del proyecto a la CREG y UPME, que dependen del Ministerio de Minas y Energía, y a la Secretaría Departamental del Ministerio de Minas del Distrito de Bolívar.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) fue creada para "Regular los servicios públicos de energía eléctrica, gas combustible y combustibles líquidos promoviendo la disponibilidad de una oferta suficiente y confiable para atender de manera satisfactoria y eficiente las necesidades de los usuarios, en armonía con la política pública" (CREG, 2022).

La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) es una Unidad Administrativa de MinMinas, regida por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto 1258 de junio 17 de 2013, "Su función es planear el desarrollo minero-energético, apoyar la formulación e implementación de la política pública y generar conocimiento e información para un futuro sostenible" (UPME, 2022b).

La Secretaría Departamental del Ministerio de Minas del Distrito de Bolívar es el ente que regula en el departamento el sector minero energético, depende de la Gobernación de Bolívar que se encuentra en Cartagena de Indias.

MinMinas se encuentra en Bogotá, D.C., su misión según el sitio web oficial es "Formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país" (Ministerio de Minas y Energía, 2022) .

**Figura 4. Organigrama Ministerio de Minas y Energía**



*Nota:* Organigrama MinMinas. Fuente: MinMinas, 2022a.

#### 4.1.2. Entorno económico

En este segmento del análisis sectorial se describe la economía colombiana desde conceptos determinantes como: la política fiscal, la política monetaria, la política cambiaria, el Producto Interno Bruto (PIB), la inflación, la tasa de desempleo y la balanza comercial. Y específicamente, para propósitos del proyecto, se analizará la Tasa Representativa del Mercado

(TRM) y la Tasa de Depósito a Término Fijo (DTF), además de estudiar el sector energético y la bolsa de energía de Colombia.

Según la información brindada por el Banco Mundial, en su sitio web oficial, la pandemia COVID-19, que se declaró en el año 2020, impactó de forma severa la economía colombiana, sin embargo, gracias a las acciones tomadas por el Gobierno al declararse en emergencia sanitaria, la economía del país pudo recuperarse durante el primer semestre del año 2021.

El año 2021 se considera un año de reactivación, “El mundo logró superar una contracción económica del -3,1 %, para situarse en una senda de alto crecimiento (5,9 %), donde el dinamismo ha sido mayor de lo esperado. En Colombia la reactivación se evidenció con uno de los mayores crecimientos de la región” (ANDI, 2022).

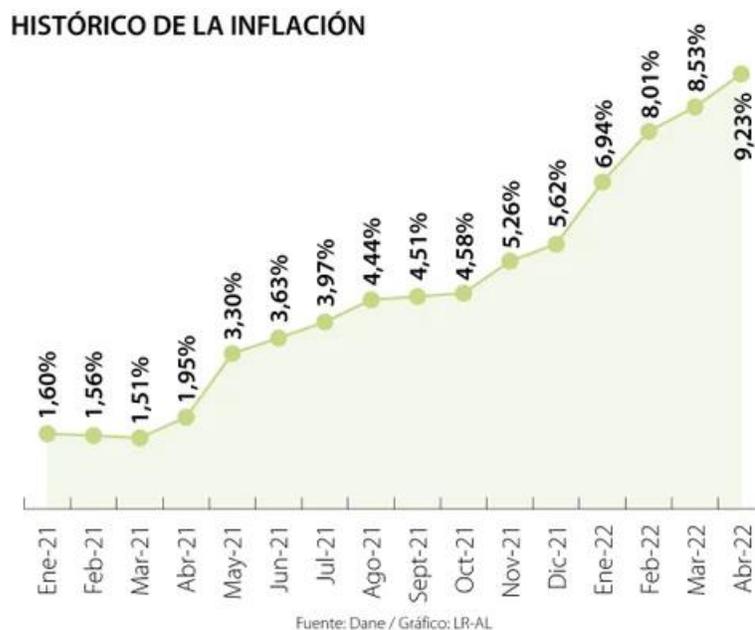
Hay tres factores que hay que considerar en cuanto a la recuperación económica del país: la alta dependencia exportadora de los “*commodities*” energéticos, el elevado nivel de desempleo y las limitadas capacidades para aplicar políticas fiscales y monetarias que vayan en el mismo sentido que el ciclo económico. A estos factores se suma que aún no se define un paquete tributario sólido y al rebrote inflacionario que está requiriendo que el Banco de la República continúe elevando su tasa repo (Clavijo, 2021).

En cuanto al precio del petróleo, según el informe de la política monetaria 2021 del Banco de la República, en los tres últimos meses del año 2021 el precio del petróleo Brent tenía un valor de 79,7 % por barril. Sin embargo, con las perspectivas negativas de crecimiento entre los grandes consumidores de hidrocarburos como China y Estados Unidos, el precio se va a cotizar a nivel internacional en un menor valor, proyectando en 2022 un precio de 75,3 USD por barril y un 2023 con un precio alrededor de 71 USD por barril. Considerando que alrededor del 50 % de las exportaciones de Colombia son los *commodities* energéticos, se puede percibir una reducción de los ingresos en las exportaciones en dólares, impactando a futuro la política fiscal y cambiaria para el 2023.

Según la información publicada en el sitio web del Banco de la República, la política monetaria en Colombia tiene como objetivo principal mantener una tasa inflacionaria baja y estable. La inflación como meta establecida por la junta del Banco debe fluctuar entre el 2 % y el 4 %, lo que desafortunadamente no se ha podido lograr como consecuencia de la pandemia COVID-19 y las protestas sociales a nivel nacional. Lo anterior, agravado por un panorama mundial en el que hay un aumento histórico de las tasas de interés en Estados Unidos, un latente riesgo de recesión y una guerra en movimiento entre Rusia y Ucrania que hace presión sobre el comportamiento de los precios de algunas materias primas para la producción de alimentos a nivel mundial.

Para el primer semestre del 2022 la inflación anual marcó un máximo histórico de 9,67 %, el más alto desde el año 2000. Por otro lado, la inflación del primer semestre del 2022 es del 7,09 %, mientras que en el mismo periodo del 2021 era del 3,13 %. Hay que tener en cuenta que las proyecciones de los analistas para el cierre del año 2022 presupuestan una inflación en Colombia del 8,5 %, incluso del 9 % (Valora Analitik, 2022b).

**Figura 5. Histórico Inflación en Colombia**



*Nota:* Histórico de la inflación en Colombia. Fuente: Diaz Gamboa, 2022.

Para el primer trimestre del año 2022, el Banco de la República informó que la deuda externa alcanzó los USD175.106 millones, presentando un incremento del 2,1 % frente a diciembre del 2021. Este monto equivale al 49,4 % del PIB del país (Valora Analitik, 2022a).

Debido a que la deuda externa se encuentra en cifras muy elevadas desde la crisis del COVID-19 y el paro Nacional presentado en el 2021, el Gobierno deberá seguir trabajando en recuperar el grado de inversión de Colombia, ya que las calificadoras de riesgo Fitch Ratings y Standard & Poor's desde el 2021 tienen una calificación BBB- sin grado de inversión. Moody's, por otro lado, mantuvo la calificación del país en Baa2 en grado medio-bajo de inversión (Coguenza Riaño, 2022).

La política fiscal actual se centra en una reforma tributaria robusta y alcanzable, esto con el fin de reducir el déficit fiscal del país, estimular la reactivación económica, disminuir la deuda

externa y retomar un grado de inversión mínimo medio-bajo ya que actualmente en Fitch Ratings y Standard & Poor's Colombia no tiene grado de inversión, lo que en consecuencia hizo que los intereses que paga el país por los dineros que presta aumentaran de 2 a 3 puntos en los últimos dos años. El informe del Banco de la República del 2021 dice que los analistas proyectan que para el año 2022 la tasa de interés de la política monetaria será del 5,25 % y para el 2023 del 5 %.

Con respecto a la tasa de desempleo, se estima que continúe a la baja gradualmente, ubicándose para el año 2022 entre el 10,5 % y el 13 %.

**Figura 6. Desempleo Nacional**

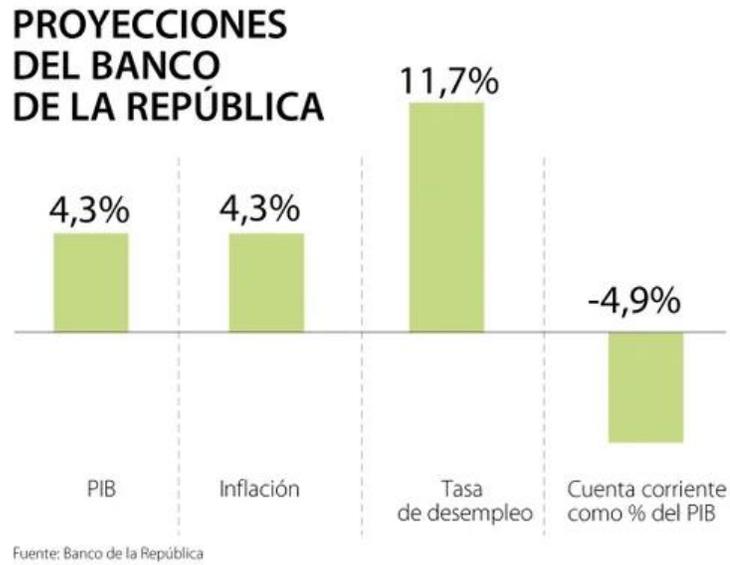


*Nota:* Histórico de desempleo en Colombia. Fuente: Salazar Sierra, 2022.

El PIB de enero a marzo del 2022, según el DANE, tuvo un crecimiento del 8,5 % con respecto al mismo periodo del año anterior.

Las proyecciones económicas, según el informe anual de perspectivas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), presentan un crecimiento del PIB cerrando en el 2022 con 6,1 % y 2,3 % para el 2023.

**Figura 7. Proyecciones del Banco de la República**



*Nota:* Proyecciones indicadores económicos en Colombia: PIB, inflación, tasa de desempleo, cuenta corriente. Fuente: Salazar Sierra, 2022.

En cuanto a la balanza comercial, se define como el resultado de restar las exportaciones con las importaciones, esto se expresa en déficit si las importaciones son mayores a las exportaciones o en superávit si las exportaciones son mayores que las importaciones. En abril del 2022 la balanza comercial registró un déficit de USD485,4 millones, considerablemente menor que el déficit de USD1.532,5 millones registrados en marzo de 2021.

**Figura 8. Balanza Comercial Anual 2013-2022**



| <b>Balanza Comercial</b>  |                         |                      |                |
|---|-------------------------|----------------------|----------------|
| <b>Colombia, balanza comercial anual<br/>1980 - 2022<sup>P*</sup></b> |                         |                      |                |
| <b>Años</b>   | Millones de dólares FOB |                      |                |
|   | <b>Exportaciones</b>    | <b>Importaciones</b> | <b>Balanza</b> |
| 2013  | 58.826                  | 56.620               | 2.206          |
| 2014  | 54.857                  | 61.088               | -6.231         |
| 2015  | 36.018                  | 51.598               | -15.581        |
| 2016  | 31.768                  | 42.849               | -11.081        |
| 2017  | 38.022                  | 43.972               | -5.950         |
| 2018  | 41.905                  | 48.945               | -7.040         |
| 2019  | 39.489                  | 50.271               | -10.782        |
| 2020  | 31.056                  | 41.185               | -10.130        |
| 2021  | 41.390                  | 56.649               | -15.259        |
| 2022*   | 18.385                  | 23.187               | -4.802         |

**Fuente:** DIAN- DANE (IMPO)  
<sup>P</sup> provisional  
 \* Corresponde hasta el mes de abril  
**Actualizado el 17 de junio de 2022**

*Nota:* El año 2022 está calculado hasta el mes de junio. Fuente: DANE, 2022.

Otro punto fundamental para el análisis económico es la política cambiaria. Esta política se encarga de regular el valor de cambio de la moneda nacional con respecto a otras divisas por medio de un conjunto de instrumentos y medidas que aplica el Banco de la República y el Gobierno nacional. Sin embargo, pese a los esfuerzos del Gobierno y el Banco de la República, para julio del 2022 el peso colombiano experimentó una fuerte devaluación frente al dólar estadounidense llegando a perder más de un 18 % de su valor en menos de un año.

Las causas de esta fuerte devaluación en su mayoría son externas: la guerra de Ucrania con Rusia, la volatilidad de precio del petróleo, el incremento de los costos en las materias primas, inflación global y aumento de tasas de interés por parte de los bancos centrales. Sin embargo, en Chile y Colombia hubo un fenómeno político y social relacionado con el cambio de gobierno a un modelo económico de izquierda, tanto el presidente Boric de Chile, como el presidente Petro de Colombia tienen ideologías socialistas, prometiendo en sus gobiernos subsidios y nuevas estructuras tributarias. La elección de estos mandatarios como presidentes tuvo como consecuencia la migración de capitales fuera de sus territorios, impactando la

devaluación de las monedas de Chile y Colombia, incluso por encima del promedio de la región (Editorial, 2022).

Para este proyecto es importante analizar parcialmente la Tasa Representativa del Mercado (TRM), La Tasa de Depósito a Término Fijo (DTF), el sector energético y la bolsa de energía de Colombia. Durante el desarrollo del presente trabajo se profundizarán estos conceptos, sin embargo, es indispensable considerarlos en este fragmento de la investigación.

La Tasa Representativa del Mercado (TRM) es la cantidad de pesos colombianos que obtienes por dólar estadounidense y “Se calcula con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano, con cumplimiento el mismo día cuando se realiza la negociación de las divisas” (Banco de la República, 2022b).

La TRM es precisa para determinar los costos de los equipos importados en el estudio financiero y el estudio de riesgos, ya que estos costos fluctuaran al ritmo del valor del dólar que indica la TRM.

A continuación, en la Figura 9, se muestra el histórico de la TRM desde el año 2020 al 2022:

**Figura 9.** *Histórico de la TRM*



*Nota:* Evidencia la fluctuación de la TRM desde octubre del 2020 hasta julio del 2022. Fuente: La República, 2022.

Por otro lado, la DTF “Es el promedio ponderado de las tasas efectivas de captación de los CDT a 90 días que reconoce el sistema financiero a sus clientes y sirve como indicador de referencia relacionado con el costo del dinero en el tiempo” (Banco de la República, 2022a).

La DTF es una tasa muy importante para definir el costo del dinero en caso de existir financiación del proyecto. Esto se debe a que en Colombia varias instituciones financieras consideran la DTF a 90 días la tasa base a la cual le aplican un incremento para lograr obtener la utilidad por prestar el dinero al proyecto.

El sector energético en Colombia corresponde a una de las actividades más importantes de la economía y se basa en el aprovechamiento de la energía y recursos naturales. El sector comprende tres subsectores: la energía eléctrica, la minería y los hidrocarburos. El subsector de la energía eléctrica es liderado por la generación hidráulica en un 66 % de la producción a nivel nacional y 33 % por la generación térmica (Findeter, 2021).

Colombia tiene un gran potencial en nuevas tecnologías de energía renovable como la generación de energía eólica, solar y biomasa, sin embargo, las energías renovables aún no son significativas en mercado energético. En la Tabla 2. se evidencia la participación de los diferentes tipos de generación de energía en la generación total:

**Tabla 2.** *Capacidad Instalada de Generación de Energía*

|  | <b>GW</b>   | <b>Porcentaje total</b> |
|--|-------------|-------------------------|
| <b>Capacidad instalada de generación eléctrica total</b> | <b>17,4</b> | <b>100 %</b>            |
| <b>Renovable</b>   | <b>12</b>   | <b>69 %</b>             |
| Hidráulica   | 11,9        | 68,30 %                 |
| Eólica   | 0,02        | 0,10 %                  |
| Solar  | 0,02        | 0,10 %                  |
| Biogas   | 0,01        | 0,00 %                  |
| Bagazo   | 0,14        | 0,80 %                  |
| <b>No renovable</b>                                      | <b>5,3</b>  | <b>31 %</b>             |
| Carbón   | 1,7         | 9,60 %                  |
| Gas  | 2,6         | 14,90 %                 |
| Otros  | 1,1         | 6,20 %                  |

Fuente: Findeter, 2021.

El sector, desde la reforma de 1994, se desagrupó en generación, transmisión, red de distribución y comercialización. Alrededor de la mitad de la capacidad de generación es privada.

El suministro eléctrico en Colombia depende del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y varios sistemas locales aislados en las Zonas No Interconectadas (ZNI). El SIN comprende la tercera parte del territorio y brinda cobertura al 96 por ciento de la población. El sistema ZNI, que cubre las dos terceras partes restantes del territorio nacional, solamente provee servicio al 4 por ciento de la población. Treinta y dos grandes plantas hidroeléctricas y treinta estaciones de energía térmica proveen electricidad al SIN. Por otra parte, el SIN es servido principalmente por pequeños generadores diésel, muchos de los cuales no están en buenas condiciones de funcionamiento. (Findeter, 2021)

El consumo de energía continua en tendencia de crecimiento a pesar de que en el año 2020 hubo una desaceleración del consumo, pero durante el 2021 a la fecha se ha venido recuperando satisfactoriamente, hasta llegar a alrededor de 75.000 GWh a marzo del 2022.

La bolsa de energía corresponde al sitio donde se transa la energía spot entre generadores y comercializadores. Existen dos agentes: generadores y los generadores-comercializadores (De la Rotta, 2022).

Todas las compañías aspirantes en la Bolsa deben estar inscritas en la empresa XM, que es operador del mercado en Colombia. Entonces, siguiendo la dinámica de la bolsa, los generadores de energía envían sus ofertas el día anterior, las cuales se componen de la cantidad de energía y el precio por KWh. El operador ordena las ofertas desde la más económica a la más costosa, hasta que cubre la demanda diaria (De la Rotta, 2022).

#### **4.1.3. Entorno social**

El uso de energías limpias ha venido creciendo desde la crisis energética petrolera que ocurrió entre 1973 y 1979. Varios países están comprometidos con el medio ambiente, por lo que están promoviendo los sistemas de energías renovables en sus políticas internas, en el caso de Colombia, el país hace parte de los tres acuerdos internacionales más significativos para la reducción de los GEI y el cambio climático, que son: El protocolo de Tokio, el Acuerdo de París y el último que se firmó en el 2015 que es el COP26.

La principal ventaja es que es prácticamente anulan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Las energías renovables son fuentes inagotables porque no dependen de las reservas en el largo plazo ni tampoco dependen de las fluctuaciones de precios, como por ejemplo el petróleo. No es necesaria la exploración, como en el caso de los combustibles fósiles o las fuentes hídricas, por lo que las energías renovables disminuyen gastos y riesgos en su generación.

Las fuentes de energías renovables buscan generar energía a partir de los ciclos naturales. Esto las convierte en una fuente sostenible, puesto que, a diferencia de las fuentes convencionales, como las que dependen del petróleo, no están sujetas a coyunturas políticas.

A nivel político este tipo de sistemas limpios de energía se impactan menos por conflictos geopolíticos, dado que hay constantes choques por recursos como el petróleo, tienen mejor acogida social y estimulan el autoconsumo. Estos sistemas pueden llegar a lugares remotos en los territorios, lo cual aumenta la calidad de vida de las personas y ayuda con el desarrollo de esas comunidades lejanas. Por otro lado, construir sistemas de energías renovables genera empleos directos.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), duplicar la cuota de energías renovables a nivel mundial hasta alcanzar el 36 % en 2030 supondría el aumento del empleo por más de 24 millones de personas en el sector frente a los 9,2 millones actuales. Asimismo, la economía global crecería en 1,1 % (el equivalente a 1,3 billones de dólares). (Enel, 2022)

Los costos de la producción de energía por medio de sistemas de energía renovables vienen disminuyendo gracias a que emergen nuevas tecnologías que facilitan su instalación y mejoran su eficiencia. Lo anterior se debe al compromiso de las naciones de frenar el calentamiento global y las energías de fuentes no convencionales son una oportunidad para ello.

Los sistemas de generación de energías renovables dependen del clima, por ejemplo, la energía fotovoltaica depende del sol y entre menos nubosidad exista más energía se va a producir por los paneles. Esta inestabilidad en los sistemas de energía de fuentes renovables hace que los países dependan de otros sistemas de generación de energía. Por otra parte, estos sistemas demandan una mayor inversión y mucho espacio para su construcción, condiciones climáticas y geográficas de los países, además de que el almacenamiento es de alto costo por lo que en muchos casos se debe consumir inmediatamente una vez se produce. Todo lo anterior

hace que los países aún no estén dispuestos a migrar a otro tipo de energía que no sea la convencional.

Específicamente, tratándose de la energía solar, la siguiente tabla especifica las principales ventajas y desventajas del sistema.

**Tabla 3.** *Ventas y Desventajas de la Energía Solar Fotovoltaica*

| <b>Energía solar</b>          | <b>Ventajas</b>                         | <b>Desventajas</b>   |
|-------------------------------|---|--|
| <b>Para la sociedad</b>       | Aprovechamiento de espacio urbano.      | Alto costo de inversión inicial.   |
|                               | Bajo costo de mantenimiento.            | Requiere sistemas de almacenamiento (baterías).                            |
|                               | Diversidad de aplicaciones.             | Baja eficiencia de producción energética.                                  |
|                               | Desarrollo tecnológico.                 | Falta de información y soporte técnico.                                    |
| <b>Para el medio ambiente</b> | Energía alternativa.                    | Depende del clima.   |
|                               | Energía renovable.                      | Variabilidad de la luz solar.  |
|                               | Baja emisión de gases invernadero.      | Afectada por la contaminación del aire.                                    |
| <b>Para el planeta</b>        | Aprovechamiento de regiones desérticas. | Grandes extensiones de tierra para producción a gran escala.               |
|                               | Disponibilidad a nivel mundial.         | Disposición y reciclaje de los materiales tóxicos.                         |
|                               | Acceso en sitios apartados.             | Sitios ideales de producción (desiertos) alejados de los centros poblados. |

Fuente: De Gunther, 2009.

#### 4.1.4. Entorno tecnológico

La energía solar ha venido avanzando en la tecnología para la potencia y generación, y disminuyendo el costo. Los expertos trabajan para generar paneles del mismo tamaño pero que tengan la capacidad de producir más energía.

La reducción de costes en el sistema solar avanza para dejar de depender de los combustibles fósiles como plantas de carbón o gas, ya que la granja solar es más económica en su montaje, pero incurre en altos costos a la hora de almacenar energía.

Según el artículo *Los últimos avances en paneles solares* de Univergy Solar 2021, algunas nuevas tecnologías que están revolucionando la industria de la energía fotovoltaica son las siguientes:

1. **Paneles producidos con Perovskita:** la Perovskita es un material transparente y con mejor calidad que la polisilicona, que es el material tradicionalmente utilizado. Este mineral aumenta la eficiencia del panel ya que podría ser utilizado recubriendo los paneles que están en funcionamiento y mejorar así su rendimiento, además de que puede ser usado en ventanas transparentes que serían capaces de producir energía solar.
2. **Paneles solares bifaciales:** se popularizaron en el año 2019 y son capaces de recoger los rayos solares de la parte posterior y superior. Este mecanismo hace que los paneles tengan una mayor productividad sin aumentar mucho los costos de producción e instalación. China ha flexibilizado la regulación de la producción de los cristales que sirven para fabricar estos paneles, esto podría impulsar mayores avances tecnológicos en los sistemas con paneles bifaciales y su instalación alrededor del mundo.
3. **Paneles polisilicona invertida:** estos paneles son cargados negativamente por lo que podrían tener una mejor eficiencia que los paneles tradicionales. “El truco es cargar los paneles con algún elemento que aporte una cantidad extra de electrones, como el fósforo. De esta forma, los paneles, aunque más caros, podrán ser hasta un 3,5 % más potentes. Se espera que esta tecnología sea predominante en año 2024” (Univergy Solar, 2021).
4. **Paneles solares tradicionales con células fotovoltaicas más grandes:** los paneles solares tradicionales se producen con un material de polisilicona ultrarrefinada laminado en células muy finas que a su vez forman los paneles. La medida estándar de estas células es de 156 milímetros, pero si se hacen más grandes se podría incrementar el rendimiento y disminuir sus costes de producción (Univergy Solar, 2021).

Siguiendo la temática de las nuevas tecnologías de la energía solar fotovoltaica, por otro lado, el BBVA Open Mind habla en su publicación *Cuatro tecnologías que prometen revolucionar*

la *energía solar fotovoltaica* de nuevas creaciones de paneles solares que están funcionando en algunos países:

1. **Células solares en tándem:** estas células funcionan en cascada, “Colocadas una sobre la otra, cada una convierte una banda específica de la luz solar en energía eléctrica, evitando así que se desaproveche la energía, pues la restante pasa siempre a la célula siguiente” (Gascueña, 2020).
2. **Paneles solares flotantes:** son sistemas solares fotovoltaicos ubicados en la superficie del mar.
3. **Árboles solares:** se inspiran en los árboles, ya que los paneles solares están en forma de hojas conectadas a ramas metálicas.

Los avances tecnológicos en la producción de energía mediante fuentes renovables cada vez fortalece más este tipo de sistemas en los países, con el objetivo de frenar el cambio climático y el calentamiento global.

#### 4.1.5. Entorno medioambiental

A finales del 2021 la ONU advirtió que los esfuerzos en contra del calentamiento global deben triplicarse, ya que se debe lograr frenar el aumento de las temperaturas al menos en 2 grados Celsius anuales (Naciones Unidas, 2020).

Según la ONU, se espera que para 2040 la participación de las energías renovables pase de un 25 % a un 40 %. La energía solar fotovoltaica es la de mayor potencial productivo, según las estimaciones de un estudio publicado en la revista *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, el potencial anual técnico de la energía solar es de 613.000 billones de vatios.

La Agencia Internacional de la Energía Renovable, en un informe publicado en el 2019, prevé que el potencial de la energía solar fotovoltaica será del 25 % de la demanda total global de electricidad para el 2050.

Actualmente los países han incluido en sus planes de gobierno políticas para beneficiar el cambio climático dados los compromisos internacionales del COP26, sin embargo, las acciones tomadas aún no son suficientes y están lejos de generar el impacto que se requiere. Según el artículo *Con Trump ya sabemos, pero ¿qué hacen otros países para reducir sus emisiones?* de Eduardo Robaina, algunos de los países que más impacto han generado hasta la fecha son:

- El Gobierno de España declaró emergencia climática y ambiental, y remitió al Parlamento Europeo la Ley de Cambio Climático y Transición Energética buscando garantizar emisiones netas cero para el 2050.
- El Parlamento Europeo presentó el Pacto Verde Europeo, este plan político tiene como meta reducir las emisiones al menos en un 50 % y para ello se presupuestaron 260.000 millones de euros anuales de inversión.
- Alemania se comprometió desde el año 2019 a reducir las emisiones en un 55 %, con un presupuesto de 54.000 millones de euros para ejecutar del 2019 al 2023.
- En el Reino Unido redujeron las emisiones de gases efecto invernadero desde el año 1990 hasta 2018 en un 44 %.
- Francia aprobó el Proyecto de Ley de Energía y Clima con el objetivo de emisiones cero para el 2050 y reducir el consumo de los combustibles fósiles en un 60 % para el 2030. Por otro lado, se comprometió a cerrar 14 plantas nucleares de las 58 que operan actualmente.

Según el Informe del Progreso de China sobre la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en 2018 las emisiones de China disminuyeron en un 45 % comparando las cifras del 2005.

América Latina tampoco se queda atrás y aunque los esfuerzos son menores, en comparación a Norte América y la Unión Europea, es verdad que cada vez más personas, activistas y políticos toman medidas urgentes y decisivas para poner fin a los combustibles fósiles, incluido el gas, y dan paso a las energías renovables para garantizar un futuro sostenible para todos.

Algunos países del Caribe y América Latina destacan en este aspecto por sus recursos naturales, pero también por su marco regulatorio, ideal para incentivar la creación de proyectos de energía solar y eólica.

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo: Chile, México, Brasil y Argentina son los países más preocupados y que mayores esfuerzos han sumado para transitar a las energías limpias y renovables.

El mayor productor de energía renovables es Brasil con el 40 % de la potencia instalada de la región. México participa con el 28 % y Chile con el 16 % (The Climate Reality Project, 2022).

Brasil se encuentra inmerso en una etapa de transición energética y lo está haciendo de forma acelerada, pues si bien la generación eólica y fotovoltaica incrementaron su participación

en la matriz eléctrica, la energía solar ayudó al país de la samba y el fútbol a reducir sus emisiones GEI.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Argentina, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Paraguay están en proceso de desarrollar planes de movilidad sostenible, con el fin de mejorar la calidad de vida y alcanzar sus metas en reducción de emisiones.

Por otro lado, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Uruguay fueron los pioneros en políticas nacionales en años previos, lo que les dio gran ventaja en comparación a otros países del Caribe y Latinoamérica.

De acuerdo con un informe de la WWF, Costa Rica siempre ha tenido la matriz eléctrica más verde de Centroamérica, ya que está compuesta por un 99,9 % de energías renovables: con el 80 % proveniente de hidroeléctricas y el 19,9 % en eólica y geotérmica.

En Uruguay, según un reporte de la UTE, las energías renovables comenzaron a tener un papel sumamente relevante a partir de 2019, con el 98 % de la matriz energética: el 55% correspondió a energía hidráulica, el 33 % a eólica, el 6 % a biomasa, el 2 % a energía fotovoltaica y el 2 % a térmica.

Colombia, para el 2022, va a ingresar 3.000 MW al sistema interconectado nacional según los reportes de la empresa XM, de los cuales el 50 % proviene de energía solar fotovoltaica y el 9 % de eólica. Recientemente, se expidió la Ley 2099 de 2021 de transición energética, que promueve los incentivos a las empresas que generen energías limpias. Según MinMinas, en el año 2019 se produjeron 33 millones de toneladas de emisiones y para el 2030 se planea reducir a 11 millones de toneladas de emisiones.

La transición energética es la principal política pública para el sector. Son las empresas del sector energético las llamadas a liderar todo este proceso y las invitamos a seguir en ese camino para que este cambio se acelere y sea una realidad que sea imposible de detener. Hoy tenemos más de 15 granjas solares de gran escala, más de 1.500 proyectos de autogeneración y nuestro objetivo es que en 2022 exista una capacidad instalada de 2.200 MW de energía provenientes de fuentes renovables. (Aliados W, 2021b)

La planta solar fotovoltaica El Paso de Enel Green Power es la más grande de Colombia y se encuentra en el departamento Cesar. Esta planta significa el 80 % de la generación de energía solar del país y reduce la emisión de 100.000 toneladas de carbono.

Trabajamos para ser jugadores claves en las metas de descarbonización con planes de inversión verde en proyectos de energías renovables tanto solares como eólicos que están orientados a hacer crecer nuestra capacidad renovable en 5.000 MW al 2023. También contamos con proyectos empresariales de generación de energía con paneles solares para lograr una economía con menor huella de carbono. (Aliados W, 2021a)

#### **4.1.6. Entorno legal**

En el año 2014 fue aprobada por el Congreso de la República de Colombia la Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se expidió el marco normativo colombiano para la promoción y desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia.

Las principales leyes que rigen las fuentes no convencionales de energía, según la publicación del Estudio Legal Hernández en su sitio web *Marco jurídico de las energías renovables en Colombia* son: Decreto 2492 de 2014, Decreto 2469 de 2014, Decreto 2143 de 2015, Resolución UPME 0281 de 2015, Resolución CREG 024 de 2015, Decreto 1623 de 2015, Resolución Ministerio de Ambiente 1312 del 11 agosto de 2016, Resolución Ministerio de Ambiente 1283 del 8 agosto de 2016, Decreto 348 de 2017, Resolución Ministerio de Ambiente 1988 de 2017, PAI 2017 – PROURE (Programas para Exclusión IVA), Resolución UPME 585 de 2017 (Procedimiento ante UPME Exclusión de IVA), Resolución Ministerio de Ambiente 2000 de 2017 (Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA), Resolución CREG 201 de 2017, Decreto 570 de 2018, Resolución CREG 015 de 2018, Resolución CREG 030 de 2018, Resolución CREG 038 de 2018, Ley 1955 del 25 de mayo de 2019, Decreto 829 de 2020 y Resolución UPME 203 de 2020.

#### **4.2. Estudio de mercado**

El estudio de mercado del proyecto abarca factores como la oferta y la demanda, estudio del precio y los canales de comercialización.

##### **4.2.1. Demanda**

El análisis de la demanda tiene como objetivo determinar la cantidad de energía que se puede producir y el precio de venta de la energía para calcular los ingresos del proyecto. Por otro lado, para un mejor entendimiento se procede a hacer un análisis del sector energético en Colombia, los tipos de usuario y los tipos de sistemas de transmisión de energía.

Para el desarrollo del análisis de la demanda, es necesario profundizar en conceptos básicos del mercado energético como lo son: el Mercado Regulado (MR), el Mercado No

regulado (MNR) y Agentes. Por otro lado, identificar los sistemas de transmisión de energía con los que cuenta el país, los cuales serían las Redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN), Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR).

Según la información publicada por la empresa XM, el mercado se compone de usuarios clasificados en regulados, no regulados y agentes, los cuales se explican a continuación:

- Los usuarios Regulados son una persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad están sujetas a tarifas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas. Aquí están la mayoría de los usuarios comerciales, oficiales y los residenciales clasificados por estratos socioeconómicos, y algunos industriales.
- Los usuarios No Regulados son una persona natural o jurídica que realiza una demanda de energía superior a 2 Megavatios. Pueden negociar libremente los costos de las actividades relacionadas con la generación y comercialización de energía. En este nivel de consumo están industriales y comerciales que son grandes consumidores.
- Los Agentes son los que transportan la energía al usuario final. La definición se refiere a generadores, transportadores, distribuidores, comercializadores y administradores.

La empresa XM define los sistemas de transmisión de energía en Colombia y la principal red de transmisión de energía es la red del Sistema Interconectado Nacional (SIN): “El SIN es un conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final” (XM, 2022c).

El SIN está confirmado por el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR):

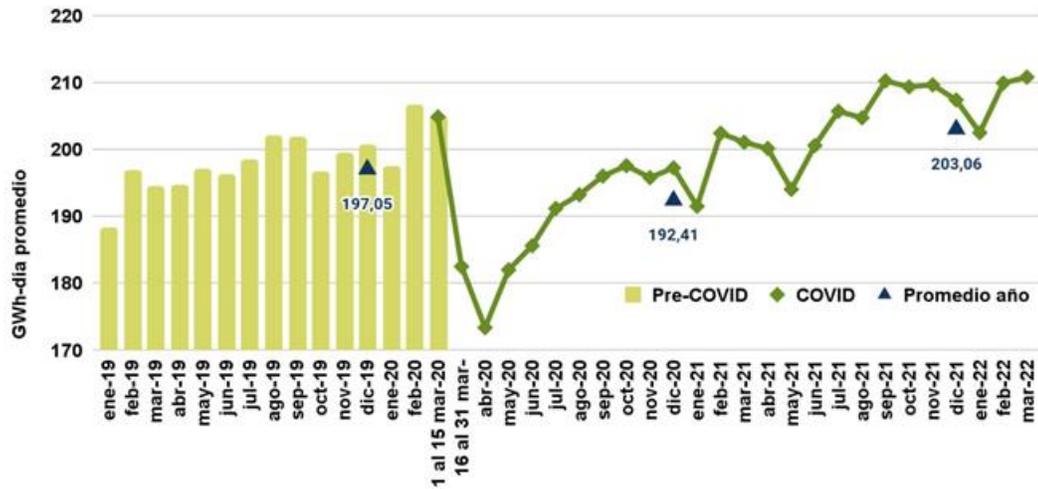
El STN son líneas que operan en tensiones iguales o superiores a 220 kW. El STR se compone de redes regionales o interregionales de transmisión que operan en tensiones menores a 220 kW y no son del sistema de distribución local.

Para el caso específico del proyecto en desarrollo, nuestro mercado objetivo incluye el usuario regulado, no regulado y los agentes, así como se determina que la energía se va a transmitir por medio del Sistema de Transmisión Nacional (STN) con un nivel de tensión igual o superior a 220 kW.

Durante 2021, la demanda de energía eléctrica se recuperó tras la reducción observada en 2020 como resultado de la pandemia. El crecimiento promedio mes pasó del -2,01 % para 2020 a 5,4 % en 2021, lo que representa un repunte de 7,41 % porcentaje promedio

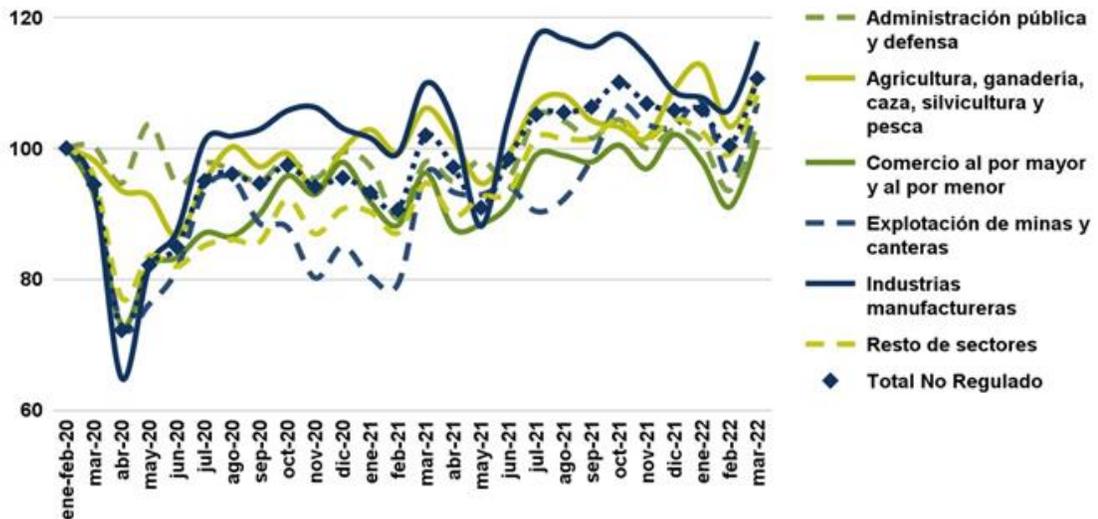
en promedio mes para 2021. Durante el primer trimestre de 2021, el consumo de energía eléctrica estuvo en niveles cercanos a los observados antes de la pandemia (2019). A partir del mes de junio, la demanda empieza a crecer a niveles superiores de 2020 y 2019. (UPME, 2022a)

**Figura 10. Demanda de Energía Eléctrica**



*Nota:* Demanda de energía eléctrica desde enero del año 2019 hasta marzo del año 2022. Fuente: UPME, 2020a.

**Figura 11. Crecimiento de la Demanda No Regulada y Contribuciones Sectoriales**

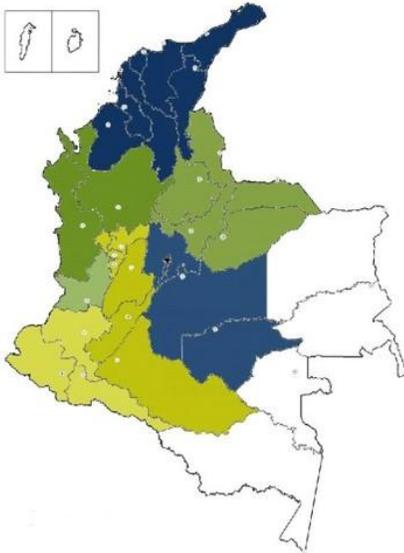


*Nota:* Demanda del mercado no regulado por sectores. Fuente: UPME, 2020.

En el año 2021 casi todas las regiones aumentaron el consumo de energía con respecto al 2020. Por otra parte, se evidencia que Costa-Caribe, Noroeste, Oriente y Tolima Grande aumentaron su participación en la demanda.

**Figura 12. Demanda Comercial por Región**

Demanda comercial por región (GWh-año) – 2019-2021



| Región         | Demanda año (GWh-año) |               |               | Crecimiento de la Demanda año (%) |               |               |
|----------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
|                | 2019                  | 2020          | 2021          | 2019                              | 2020          | 2021          |
| Costa - Caribe | 19.492                | <b>19.170</b> | <b>20.107</b> | 4,00%                             | <b>-1,65%</b> | <b>4,89%</b>  |
| Centro         | 17.998                | <b>17.371</b> | <b>18.142</b> | 3,06%                             | <b>-3,49%</b> | <b>4,44%</b>  |
| Noroeste       | 9.602                 | <b>9.253</b>  | <b>9.827</b>  | 1,56%                             | <b>-3,64%</b> | <b>6,20%</b>  |
| Oriente        | 8.415                 | <b>8.111</b>  | <b>8.788</b>  | 5,68%                             | <b>-3,61%</b> | <b>8,35%</b>  |
| Valle          | 7.121                 | <b>6.869</b>  | <b>6.842</b>  | 2,25%                             | <b>-3,55%</b> | <b>-0,38%</b> |
| Tolima grande  | 3.236                 | <b>3.171</b>  | <b>3.331</b>  | 0,39%                             | <b>-1,99%</b> | <b>5,02%</b>  |
| CQR            | 2.710                 | <b>2.676</b>  | <b>2.852</b>  | 1,41%                             | <b>-1,22%</b> | <b>6,57%</b>  |
| Sur            | 1.901                 | <b>1.911</b>  | <b>1.946</b>  | -1,34%                            | <b>0,52%</b>  | <b>1,82%</b>  |

*Nota:* Histórico de la demanda desde el 2019 al 2021 por regiones. Fuente: UPME, 2020.

Para el primer trimestre del 2022, la demanda promedio mensual registró crecimientos, liderados por la región Centro con un 7 %, en segundo lugar, Oriente con 5,50 % y, en tercer lugar, Costa-Caribe con un 4,39 % (UPME, 2022a).

Para definir el precio se va a analizar el precio por contrato a largo plazo y el precio de negociación en bolsa de energía, para eso se va a considerar un precio de \$245,6 KWh de contrato a largo plazo, según el diario La República en el promedio de marzo de 2022 y un histórico de bolsa de energía (Anexo 1). El precio de bolsa se ajustó con distribución log normal y el precio de contrato a largo plazo se va a calcular a un crecimiento con inflación ajustada a una distribución, ambos a un periodo de 25 años.

#### 4.2.2. Oferta

El estudio de la oferta determina lo que la planta puede ofrecer en energía eléctrica, define los competidores y la participación en el mercado de cada uno de ellos junto con la participación del proyecto.

En el sector energético se encuentran agentes que se encargan de la producción, transmisión y venta de energía a los usuarios. Según la información publicada en la XM, los agentes se clasifican en generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y administradores. A continuación, se describe cada rol:

**Generador:** es el encargado de producir energía por medio de centrales hidráulicas, térmicas, eólicas y plantas solares.

De acuerdo con la empresa administradora del mercado eléctrico XM, en el país hay un total de 56 generadores de energía registrados. Cada uno cuenta con su propia infraestructura y capacidad de producción instalada. Entre las empresas más importantes se encuentran: EPM, Isagen, Celsia, AES Colombia, Termovalle, entre otras.

En esta categoría se encuentra la planta solar fotovoltaica de Arjona, para la cual se está ejecutando este estudio.

**Transmisor:** “Se encarga de transportar largas distancias la energía desde las centrales eléctricas hasta las subestaciones de transformación a través de redes que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kW” (XM, 2022c).

**Distribuidor:** lleva la energía hasta el consumidor final a través de redes que operan a tensiones inferiores a 220 kW.

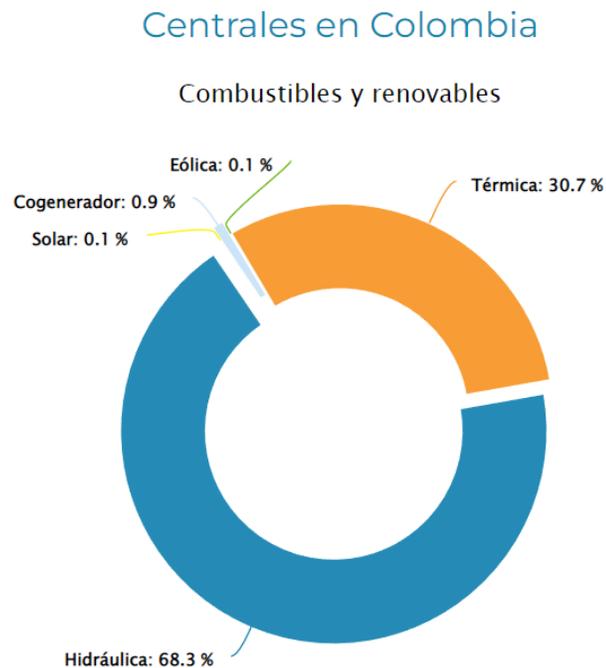
**Comercializador:** compra la energía eléctrica en el mercado mayorista y la vende a usuarios finales.

Según la empresa XM, la comercialización de energía eléctrica es el proceso final en la entrega de electricidad desde la generación hacia el consumidor. Los otros procesos principales son la transmisión (Alta tensión) y la distribución (Baja tensión), y la energía se comercializa de varias maneras: en el mercado libre, indexado y regulado. Es muy importante entender que hay grupos empresariales muy poderosos que tienen empresas en todas las fases del mercado energético: son generadoras y, al mismo tiempo, distribuidoras y comercializadoras; reguladas y libres.

**Administrador:** la empresa XM registra las fronteras, es decir, los sistemas de medida de consumo de energía, su ubicación y su representante. También se encarga de liquidar y facturar los intercambios de energía entre generadores y comercializadores, recauda el dinero producto de las transacciones y lo entrega a los agentes transmisores y distribuidores por el uso de sus redes.

El proyecto de estudio se encuentra en la clasificación como generador. Actualmente, las centrales de generación de energía se encuentran clasificadas por los siguientes sistemas, como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13.** Centrales en Colombia



*Nota:* Centrales de generación de energía eléctrica en Colombia entre combustibles y renovables. Fuente: ACOLGEN, 2022.

Aunque las energías renovables aún no tienen una parte del mercado considerable, los esfuerzos del Gobierno por la transición a los sistemas de generación de energía renovable hacen que grandes empresas líderes en el sector energético tengan sus capitales destinados a la construcción de estos, “Cabe anotar que en el listado de la UPME hay inscritas un total de 425 iniciativas para la generación de electricidad de fuentes limpias, pero de estos, 131 proyectos corresponden a infraestructuras menores a 30 MW, en su mayoría solar” (Jaramillo Herrera et al., 2022).

Las 2Orillas, en su artículo *Los dueños del negocio de la energía en Colombia*, publica las cinco grandes empresas generadoras de energía eléctrica más representativas que equivalen al 67 % de la disponibilidad de energía entre marzo del 2022 y 2023. Las Empresas Públicas de Medellín y EPSA de propiedad del Grupo Argos; las otras tres han pasado a pertenecer en su

mayoría a fondos de inversión norteamericanos de Estados Unidos y Canadá, siendo los principales: Vanguard Energy Fund y BlackRock, las dos administradoras más grandes del mundo en este vital recurso.

**Tabla 4.** Los 5 Generadores de Energía más Grandes de Colombia

| Empresa      | KWH-día            | Porcentaje   | Propietario/Mayoritario                                 |
|--------------|--------------------|--------------|---|
| EPM          | 37.018.608         | 25 %         | Municipio de Medellín                                   |
| EMGESA       | 31.791.800         | 21 %         | Ministerio de economía y finanzas de Italia & Blackrock |
| ISAGEN       | 15.668.131         | 10 %         | Brookfield Assest Management/Bruce Fiatt                |
| AES CHIVOR   | 7.934.884          | 5 %          | Vanguard Group & Blackrock                              |
| EPSA         | 7.908.108          | 5 %          | Grupo Argos   |
| OTROS        | 50.517.922         | 33 %         |   |
| <b>TOTAL</b> | <b>150.839.453</b> | <b>100 %</b> |   |

Fuente: Arcila, 2019.

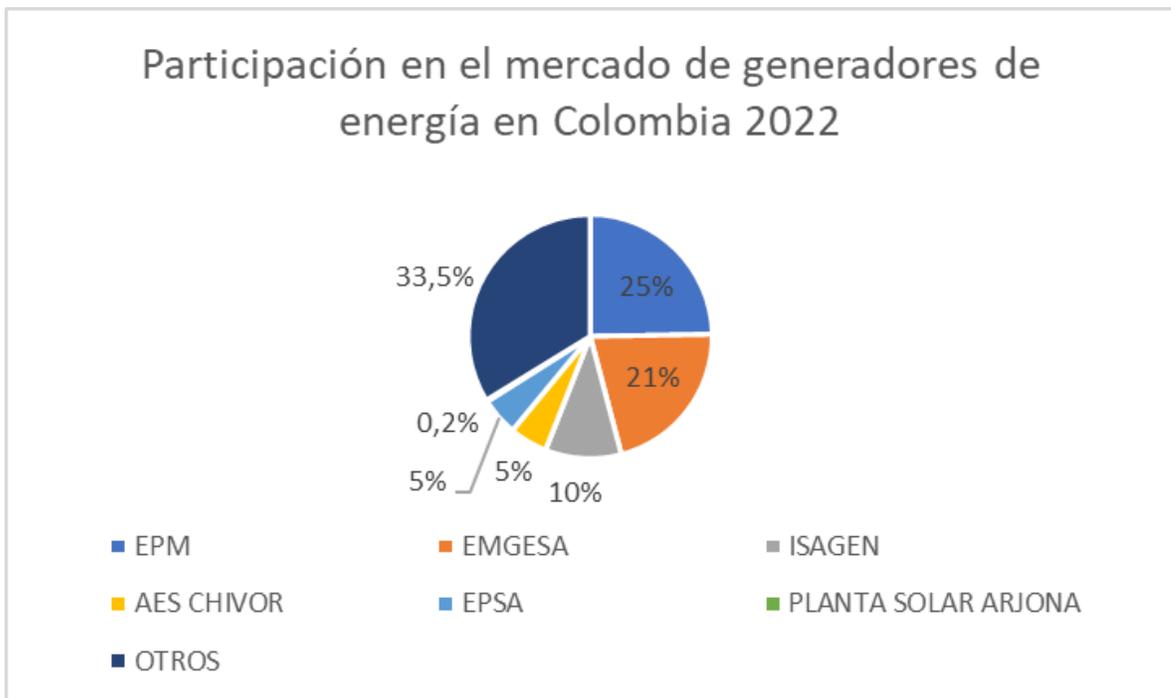
A partir de lo anterior, con una participación de 288.000 KWh/día, la planta solar de Arjona tendría una participación del 0,2 % en el mercado de generadores de energía:

**Tabla 5.** Participación de la Planta Solar de Arjona en el Mercado Energético

|                             | GENERACIÓN DE ENERGÍA 2022 | EPM        | EMGESA     | ISAGEN     | AES CHIVOR | EPSA      | PLANTA SOLAR ARJONA | OTROS      |
|-----------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|---------------------|------------|
| Participación en el mercado | 100 %                      | 25 %       | 21 %       | 10 %       | 5 %        | 5 %       | 0,1 %               | 33,5 %     |
| KWH-día                     | 150.839.453                | 37.018.608 | 31.791.800 | 15.668.131 | 7.934.884  | 7.908.108 | 129.600             | 50.517.922 |

Fuente: elaboración propia.

**Figura 14** Participación en el Mercado de Generadores de Energía en Colombia



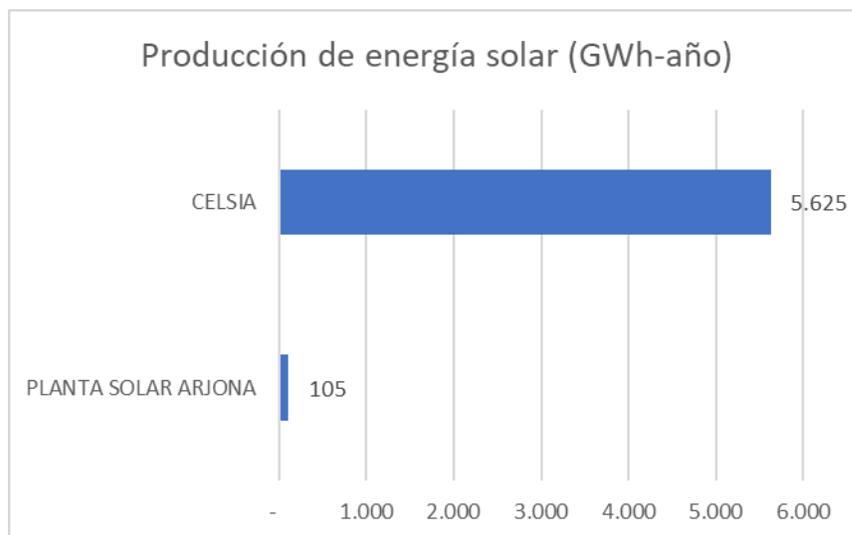
*Nota:* Oferta de las principales empresas generadoras de energía de Colombia junto con la Planta Solar de Arjona. Fuente: elaboración propia.

A pesar de no figurar en los artículos informativos mencionados anteriormente en los primeros lugares de empresas generadoras de energía en Colombia, Celsia es la empresa de energía del Grupo Argos, líder en las energías renovables y la eficiencia energética. Genera y transmite energía eficiente de fuentes renovables con respaldo térmico. Celsia tiene presencia

en Colombia, Panamá, Costa Rica y Honduras con una capacidad de generación de 1.810 MW desde 28 centrales hídricas, térmicas, fotovoltaicas, eólicas y proyectos solares (Celsia, 2022).

Por lo anterior, aunque la energía solar solo produce un 0,1 % de la energía total que se consume en Colombia, la empresa Celsia es la empresa con mayor participación en la generación de energía solar. Es por ello por lo que si se fuera a tomar un referente sería esta empresa, que hasta el 2019 tuvo una producción de 5.625 GWh-año en energía solar.

**Figura 15. Producción de Energía Solar**



*Nota:* Comparativo entre la empresa Celsia, líder en generación de energías con sistemas renovables, y el proyecto de la Planta Solar de Arjona. Fuente: elaboración propia.

Para la proyección de los ingresos del proyecto, se considera un sistema de alta tensión con capacidad de 100 MW y un voltaje de 110 Kilovoltios (kW) con una corriente de 13.200 voltios.

La capacidad de producción de energía que tiene el proyecto es de 105.120.000 KWh-año y esta puede variar dependiendo de las condiciones climáticas.

#### **4.2.3. Precio**

El precio de la energía se forma en un mercado abierto donde interactúan variables, “La energía eléctrica se transa en el mercado mayorista, mediante contratos de compraventa entre

oferentes y demandantes donde se fija su precio, o a través de operaciones de bolsa con un precio spot” (XM, 2022b).

El valor de la factura o costo unitario que recibe el usuario final está compuesto por los siguientes componentes: generación, transmisión, comercialización, pérdidas reconocidas y restricciones. En el mercado no regulado el precio de generación es el promedio de los contratos a largo plazo y en el mercado regulado depende de los contratos a largo plazo y de la bolsa, esto depende del grado de exposición que tengan los comercializadores.

La Bolsa de Energía es el sistema de negociación que existe en el mercado de energía eléctrica, donde los generadores hacen sus ofertas de precio y de cantidades de energía, y se cruza con la demanda, que la representan los comercializadores; de esa forma se determinan, el precio y la cantidad que se va a introducir en el sistema. La Bolsa de Energía de Colombia cuenta con un precio techo de venta de energía llamado precio de escasez, que corresponde al valor máximo que puede pagar la demanda del país por la energía. (XM, 2022a)

El mercado eléctrico colombiano está regulado por la CREG mediante la Resolución 024 de 1995 y la Resolución 025 de 1995. Hay diferentes tipos de transacciones, las dos más significativas son: los contratos a largo plazo, que se venden a un precio fijo, y las transacciones por medio de la bolsa de energía.

Para transacciones en la bolsa de energía los generadores presentan ofertas antes de las 8:00 a.m. para 24 horas expresadas en pesos por megavatio, junto con la disponibilidad esperada. Cuando se reciben las ofertas, el centro nacional de despachos realiza un programa para el día siguiente y satisfacer la demanda esperada.

En Colombia se intercambia la energía entre los sistemas regionales para aprovechar la capacidad energética nacional y está permitida la participación de entidades públicas y privadas.

Para el caso específico de la planta solar fotovoltaica de Arjona, el precio se definirá por contrato a largo plazo buscando que sea con la empresa Afinia EPM-Caribemar, dado que es el operador de la zona Caribe y su subestación es muy cercana al lugar donde se va a construir la planta solar. El precio del contrato, como se mencionó anteriormente en el estudio de la demanda, se va a analizar el precio por contrato a largo plazo y el precio de negociación en bolsa de energía, para eso se va a considerar un precio de \$245,6 KWh de contrato a largo plazo y un histórico de bolsa de energía.

#### **4.2.4. Canales de comercialización**

Como se mencionó en el estudio del precio, en Colombia hay dos maneras de vender y comprar energía: contrato a largo plazo y bolsa de energía. La energía se le puede vender a cualquier comercializador en el territorio nacional, incluso exportarla, sin embargo, por ahorro en los costos de transmisión es mejor opción vender la energía a la empresa que opera en la zona, en este caso, Caribemar de la Costa S.A.S. E.S.P, Afinia filial EPM.

Los contratos a largo plazo son acuerdos comerciales que se suscriben entre generadores y comercializadores para la compra – venta de energía; lo que le permite al generador garantizar su gestión y cubrir el riesgo en los contratos, en tanto al comercializador, le garantiza el cubrimiento total o parcial de la demanda o sus procesos de intermediación comercial. (Termotasajero, 2022)

La empresa Caribemar de la Costa S.A.S. E.S.P. de la marca Afinia filial inició operaciones el 01 de octubre del 2020 en los departamentos de Bolívar, Córdoba, Sucre, Cesar y 11 municipios del sur de Magdalena.

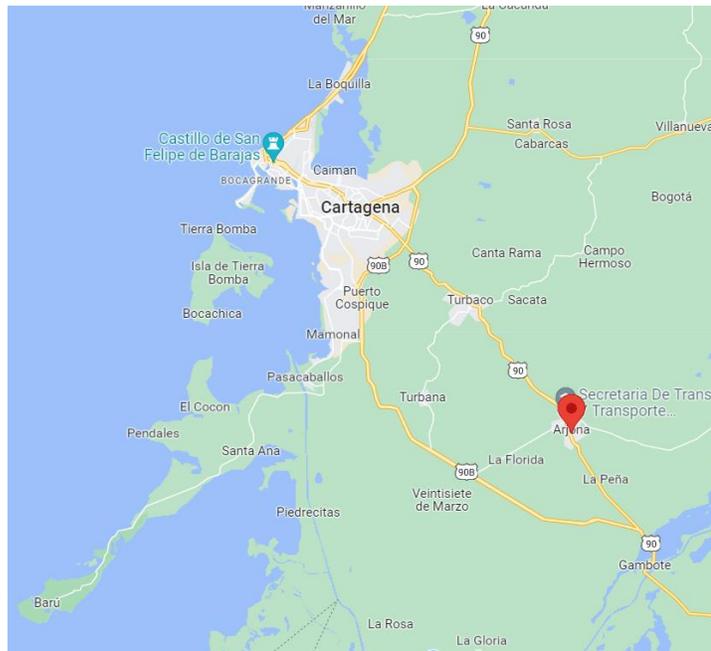
El proyecto de la planta solar de Arjona suple las necesidades de Afinia filial EPM en cuanto a las exigencias del Gobierno colombiano a las grandes empresas comercializadoras de vender energía que provenga de fuentes renovables al usuario final, para reducir los gases efecto invernadero.

#### **4.3. Estudio técnico**

El estudio técnico verifica la viabilidad técnica de la elaboración de la energía solar como producto final, las inversiones necesarias en tecnología, infraestructura y capital humano. Este estudio nos permite evaluar la factibilidad de cada componente.

**Localización:** Arjona es un municipio del departamento de Bolívar, ubicado a 25 kilómetros de la capital departamental Cartagena de Indias.

**Figura 16. Ubicación Arjona**

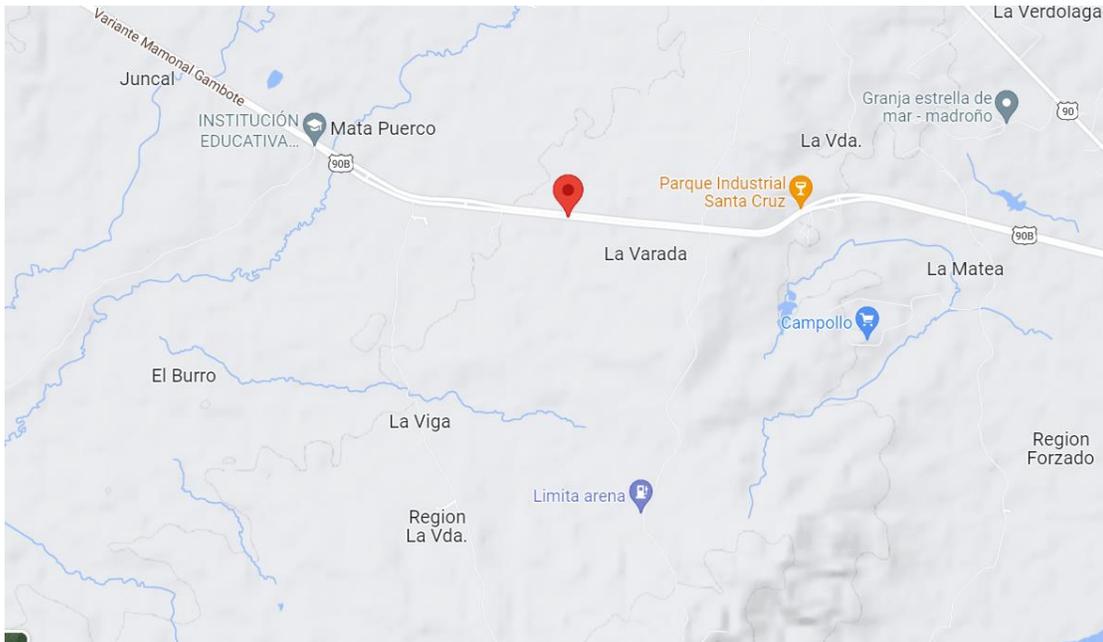


*Nota:* Ubicación del Municipio de Arjona en el departamento de Bolívar. Fuente: Google Maps, 2022.

Arjona tiene una altura a nivel del mar de 63 metros y un relieve ligeramente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 200 metros sobre el nivel del mar.

El proyecto se va a desarrollar en las coordenadas 5JVW+RW4 Arjona, Bolívar. Cerca de la Variante Mamonal – Gambote, en la vereda La Varada.

**Figura 17. Ubicación del Lote para el Desarrollo del Proyecto Planta Solar Arjona**



*Nota:* Ubicación del lote de 100 hectáreas para el desarrollo del proyecto. Fuente: Google Maps, 2022.

Esta ubicación es óptima porque el terreno facilita la gestión de los permisos ambientales. Solamente requiere licencia ambiental para realizar la planta solar.

**Figura 18. Esquema de la Planta Solar Sobrepuesta al Plano Satelital**



*Nota:* Imagen satelital del lote con el plano de la planta solar. Fuente: elaboración propia.

Según el software Retscreen de la NASA, el territorio está en una latitud que tiene una exposición de 1.900 a 2.500 radianes, lo que hace optima la producción de energía a partir de la radiación del sol.

Con el aumento de la capacidad de transformación de Afinia EPM de la subestación Gambote, donde se instaló un segundo transformador de potencia, las empresas e industrias ubicadas en la zona urbana y rural de Mahates, Turbaco, Arjona y San Juan Nepomuceno, tendrán una mejor atención de la demanda (Caracol Cartagena, 2022).

**Figura 19** *Subestación Gambote Afinia EPM*



*Nota:* Subestación Gambote Afinia EPM de la cual se conectará la Planta Solar de Arjona.

Fuente: Afinia grupo EPM, 2022.

Los proyectos de expansión de Afinia filial EPM benefician en gran parte la viabilidad dado que, gracias a la ubicación de la subestación, el rublo de la transmisión de la energía producida por la planta sería muy bajo.

#### **4.3.1. Tamaño:**

El tamaño del proyecto en territorio es de 100 hectáreas, con una producción esperada de energía de 105 Gigavatios al año.

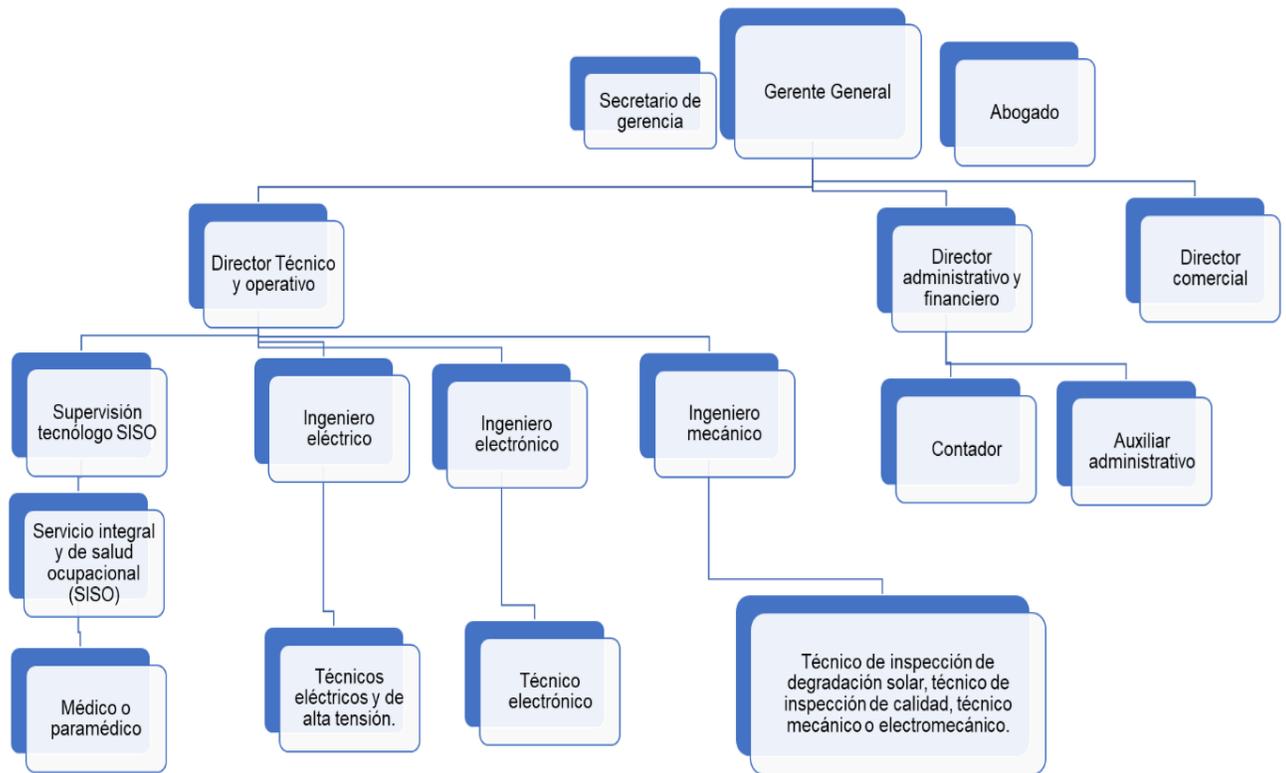
#### **4.3.2. Recurso humano**

El recurso humano del proyecto es la mano de obra que se va a requerir para la operación y mantenimiento, debido a que la etapa de la construcción de la planta solar va a contratar con una empresa, que por confidencialidad no se permite ser mencionada en este trabajo de investigación. En total se requieren 47 personas:

- Gerente General
- Secretario de gerencia
- Ingeniero eléctrico: dos
- Ingeniero electrónico: dos
- Ingeniero mecánico: dos
- Director del técnico y operativo
- Abogado
- Director administrativo y financiero
- Contador
- Auxiliar administrativo
- Médico o paramédico
- Técnicos electricistas o electrónicos: seis
- Técnicos mecánicos o electromecánicos: seis
- Técnicos de servicios de aseo industrial: seis
- Técnicos electricista de alta tensión: tres
- Supervisores técnicos: tres
- Supervisores tecnólogos SISO: tres
- Técnicos de inspección de degradación solar: tres
- Técnicos de inspección de calidad: tres

A continuación, se relaciona el organigrama de la empresa con la descripción de los cargos:

**Figura 20. Organigrama**



*Nota:* Organigrama de la Planta Solar Arjona. Fuente: elaboración propia.

**Gerente General:** supervisa al personal, los presupuestos y operaciones de la planta. Entre sus responsabilidades está la supervisión de las actividades de toda la empresa, administrar los recursos de forma óptima y eficiente, coordinar todas las áreas, conducir estratégicamente la empresa con liderazgo y orden, toma de decisiones críticas y mantener motivados los equipos de trabajo.

**Director comercial:** es el encargado de las ventas de la energía y de que se cumplan las condiciones comerciales. Debe cumplir con presupuestos de venta, presentar proyecciones de ventas y hacerles seguimiento, diseñar estrategias de ventas y gestionar clientes, cuentas por pagar y cuentas por cobrar en coordinación con el área contable.

**Secretario de gerencia:** este cargo se encuentra a la disposición del Gerente general y se encarga de diferentes funciones: revisar y reportar la correspondencia, llevar registros de las reuniones que el gerente convoque y manejar la agenda del gerente.

**Ingeniero eléctrico:** el ingeniero eléctrico se encarga de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad de la planta. Sus funciones pueden variar según el lugar específico de trabajo y los equipos a intervenir. Principalmente, se requiere que estudie las posibles modificaciones desde el punto de vista económico y técnico, mantener los equipos funcionando de forma óptima, diseñar las redes de distribución y mantenerlas operando, diseñar pruebas para los equipos que mejoren su capacidad y hacer mantenimiento de los equipos que lo requieran (González, 2022).

**Ingeniero electrónico:** diseña, desarrolla, prueba y supervisa la fabricación de equipos. Sus funciones comprenden la mejora de los equipos, realizar las instalaciones, asegurarse de que los productos cumplan las especificaciones normativas y técnicas del sistema, evaluar equipos para evitar problemas técnicos o de haber un daño encontrar la solución y asegurar la instalación de los equipos de forma satisfactoria (Equipo de redactores de Arkiplus.com, 2022).

**Ingeniero mecánico:** debe aplicar las ciencias exactas en el sistema, especialmente en los principios físicos de la termodinámica, la mecánica, la mecánica de fluidos y el análisis estructural. Las funciones requeridas son: diseñar equipos, seleccionar los componentes requeridos para el funcionamiento de los equipos, planear el mantenimiento de los equipos del sistema, identificar problemas con los equipos y prevenir daños de estos, además de proponer tecnologías que optimicen el sistema (González, 2021).

**Director técnico y operativo:** debe mejorar la productividad y competitividad de la empresa. Es la persona que se encarga de la planificación, ejecución y seguimiento del proceso operativo con la finalidad de alcanzar los objetivos de los accionistas. Debe elaborar los objetivos y capacidades técnicas del sistema, planes de operación y mantenimiento, seguimiento de su equipo de trabajo, asignar tareas, control de los recursos financieros del área, negociar con proveedores, verificar que se cumplan todas las normas y requerimientos técnicos del sistema, elaboración de informes a la gerencia general de avances y resultados de las actividades (UNIR, 2021).

**Abogado:** profesional en Derecho que se encarga de defender jurídicamente a la empresa en caso de un juicio. También es requerido para que asesore los procesos

administrativos y técnicos de la empresa para evitar sanciones o efectivamente procesos judiciales.

**Director administrativo y financiero:** garantiza el correcto desarrollo de la gestión contable, financiera y administrativa. Entre sus funciones está motivar al equipo y que haya colaboración entre los departamentos, participar en la elaboración de presupuestos y seguimiento de ellos, supervisar el área contable y financiera, supervisar que se cumplan las normas laborales, supervisar las estrategias fiscales, preparar informes para la gerencia general y participar en la implementación de desarrollos y mejoras que se presenten (SMTM, 2022).

**Contador:** según una de sus definiciones “Es el encargado de registrar los diversos estados económicos de una empresa” (gerencie.com, 2021).

**Auxiliar administrativo:** se requiere que desempeñe las tareas principales relacionadas con el trabajo de oficina, como recibir y archivar documentos, atender llamadas telefónicas, atender visitas de clientes y proveedores, estar al día de la tramitación de formatos requeridos por las diferentes áreas de naturaleza administrativa, tener actualizada la agenda telefónica, de direcciones y de reuniones; manejo de implementos de oficina como fotocopiadoras, escáner, computadores, entre otros (Formación Carpe diem, 2017).

**Médico o paramédico:** atender emergencias médicas y trauma en el ambiente prehospitalario, es decir, antes de llegar al hospital o sala de urgencias (Centro de Estudios Santa Gema, 2020).

**Técnicos electricistas o electrónicos:** son responsables de la planificación y la instalación de cualquier sistema eléctrico. El técnico electricista se encargará, además, del mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas. Siendo el responsable de verificar la seguridad y funcionalidad de los sistemas eléctricos. Pudiendo ocuparse del mantenimiento y reparación de equipos, máquinas, dispositivos y sistemas eléctricos, corrigiendo defectos y averías si es necesario (Sinergita95, 2021).

**Técnicos mecánicos o electromecánicos:** el enfoque principal es el mantenimiento, servicio y reparación de las instalaciones y equipos de la planta solar.

**Técnicos de servicios de aseo industrial:** el técnico de aseo industrial determina si el ambiente de la empresa está totalmente libre de suciedad y ordenado. Tratándose de equipos tan delicados que están constantemente expuestos, es necesario este cargo.

**Técnicos electricista de alta tensión:** el cargo se refiere al técnico que maneja sistemas de alta tensión, como lo es la planta solar. Debe apoyar las pruebas de los equipos, calibrar equipos, describir sus especificaciones, control técnico, poner en marcha los equipos, garantizar su funcionamiento y proyectar planos de instalación (Sinergita95, 2021).

**Supervisores técnicos:** supervisa el desempeño de los empleados. Las tareas técnicas que realiza este cargo pueden incluir investigar, diseñar y crear nuevos procesos de fabricación. También garantiza que todo el equipo funcione sin problemas y que la maquinaria cumpla con los códigos industriales. Realiza el mantenimiento de los equipos y asegura el rendimiento de la maquinaria. Debe controlar y aplicar los procedimientos de seguridad, las evaluaciones y la capacitación, y debe asegurarse de que los empleados estén familiarizados con las precauciones necesarias para mantener el lugar de trabajo seguro (Spiegato, 2022).

**Supervisores tecnológicos SISO:** observar los trabajadores, instalaciones, procesos y equipos para identificar peligros y evaluar los riesgos de trabajo.

**Técnicos de inspección de degradación solar:** conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, “Para los sistemas fotovoltaicos de generación de energía eléctrica, incluidos los circuitos eléctricos, unidad o unidades de regulación y controladores de dichos sistemas” (RIG, 2022).

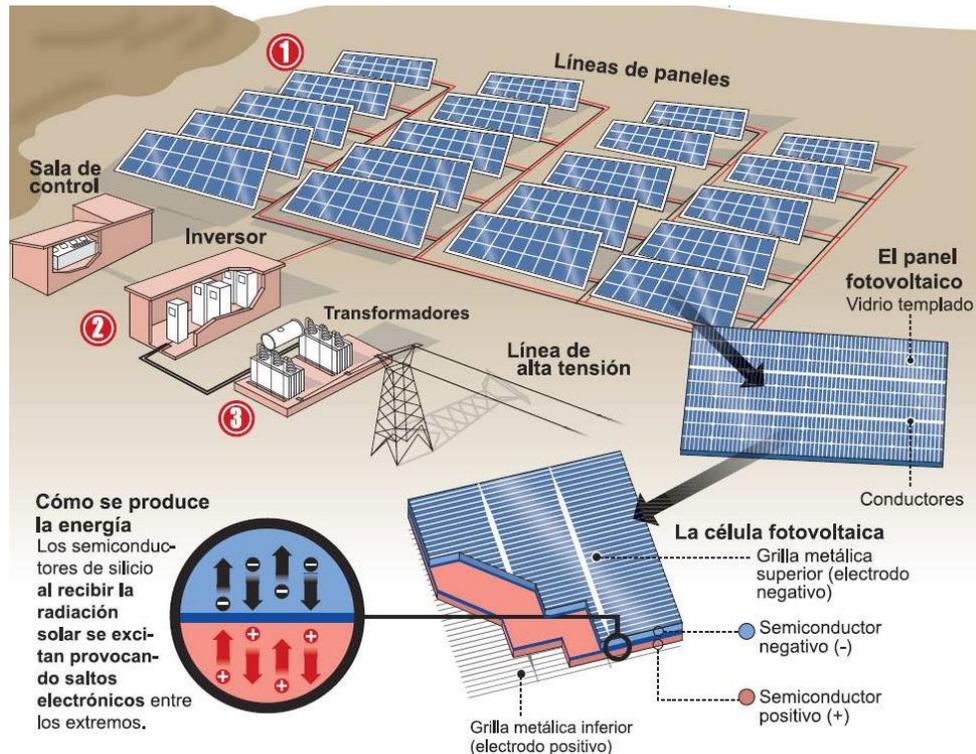
**Técnicos de inspección de calidad:** monitorear las actividades operativas para encontrar y corregir fallas en el sistema con el fin de certificar la calidad del producto terminado que se está realizando.

#### **4.3.3. Recurso técnico**

Según Cirion Technologies en su publicación *Planta fotovoltaica: Funcionamiento y componentes*, las instalaciones fotovoltaicas están compuestas por paneles solares que reciben los rayos del sol y que a través de sus celdas los convierten en energía eléctrica de corriente alterna, utilizando elementos como el inversor y el transformador. La energía se vierte en la red

eléctrica mediante las líneas de alta tensión, que llegarán posteriormente a las zonas de abastecimiento, como se puede ver en la Figura 21:

**Figura 21.** Funcionamiento de una Planta Fotovoltaica



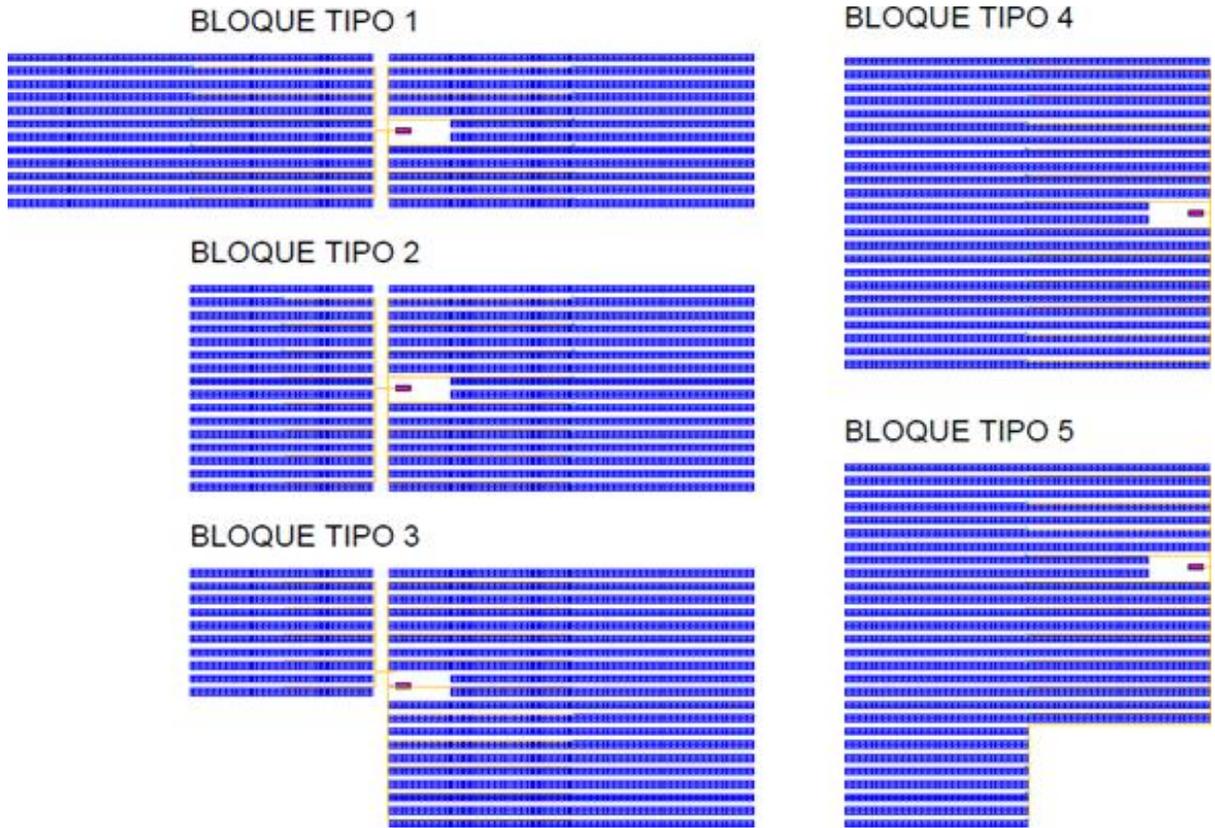
*Nota:* Funcionamiento de una planta solar fotovoltaica. Fuente: Rimolo, 2010.

#### 4.3.3.1. Componentes

Una planta solar está conformada por una serie de componentes que transforman la energía en electricidad.

- **Diseño modular:** “La distancia entre filas de módulos es de 6,37 metros con un pasillo de 2,75 metros para permitir suficiente espacio para vehículos de operación y mantenimiento” (Díaz, 2022.p.10).

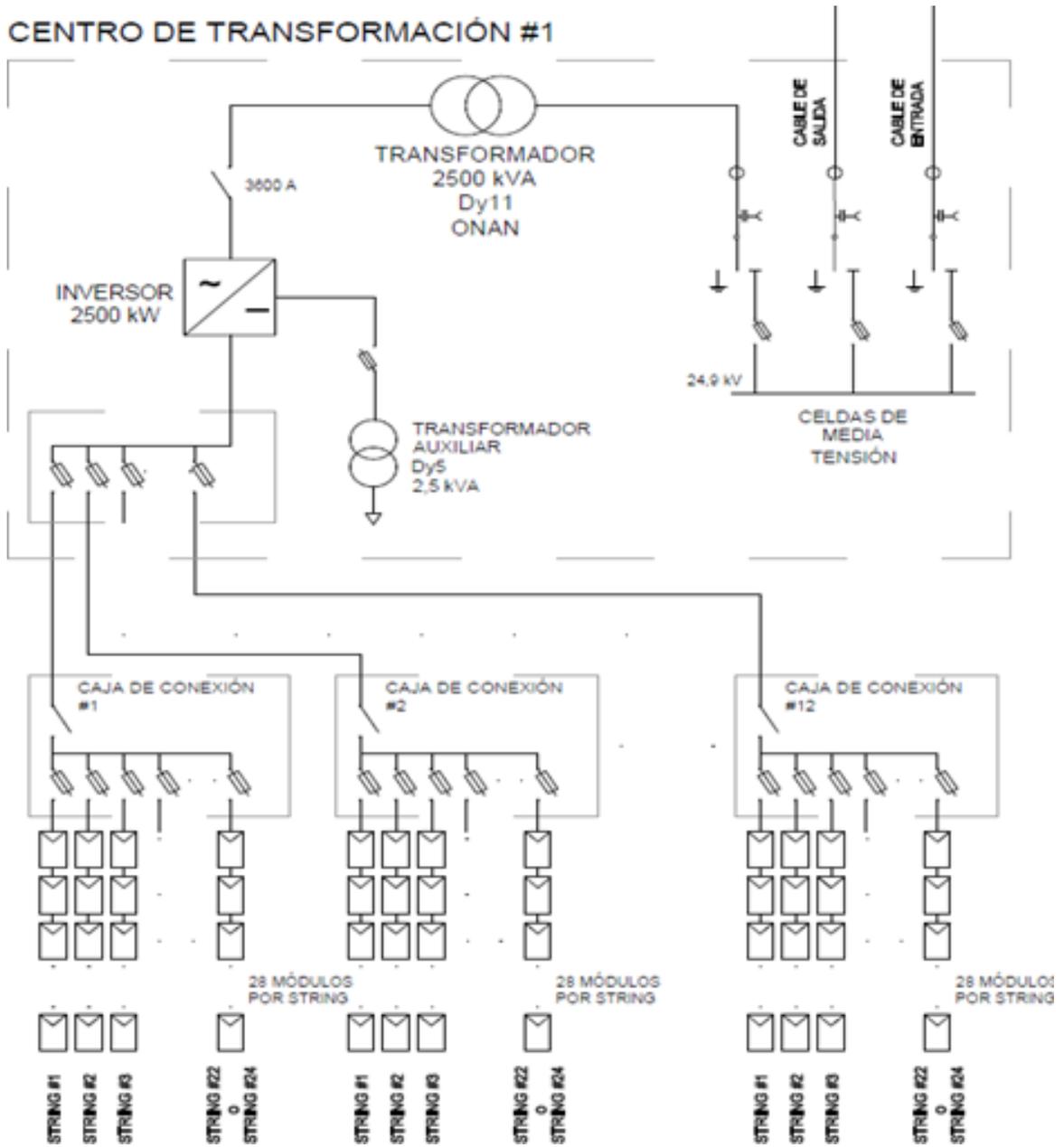
Figura 22. Diseño General del Plano de Disposición



Nota: El plano contiene el orden de los *strings* de los paneles solares fotovoltaicos. Fuente:

Díaz, 2022, p. 10.

**Figura 23. Esquema de los Bloques de Potencia**



Nota: Esquema unifilar del bloque de potencia. Fuente: Díaz, 2022, p. 11.

La planta consta de 37 unidades, denominadas por bloques desde el 1 al 37. La siguiente figura muestra el plano de disposición general del proyecto:

**Figura 24.** *Disposición del Proyecto*



*Nota:* Disposición del proyecto de la Planta Solar Arjona. Fuente: Díaz, 2022, p. 12.

- **Evacuación de la electricidad:** los niveles de tensión que se muestran en la siguiente tabla se mantendrán a lo largo de toda la planta solar:

**Tabla 6.** *Niveles de Tensión de la Planta Solar.*

| Descripción   | Tipo de corriente  | Nivel de tensión |
|---|--------------------|------------------|
| Transformadores de media tensión.<br>Evacuación de energía entre generadores<br>fotovoltaicos y estaciones de inversores. | Corriente continua | 660 V            |

|   |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| Potencia de media tensión entre la salida de las estaciones inversoras. Transformador media tensión al transformador alta tensión de la subestación de conexión a la red. | Corriente alterna | 20 kV  |
| Conexión a la red de alta tensión para la evacuación de la electricidad generada por la planta solar.   | Corriente alterna | 220 kV |

Fuente: Díaz, 2022, p. 13.

- **Estructuras Soporte:** según evaluaciones previas, para la planta solar el soporte más adecuado es de seguimiento.

Para el diseño conceptual, se ha elegido un sistema de soporte de Sunpower, para huertas solares de acero galvanizado.

**Figura 25.** Estructura de Soporte



*Nota:* La estructura de soporte de la marca Sunpower. Fuente: Sunpower, 2022.

- **Módulos fotovoltaicos:** se encargan de tomar la energía solar con un sistema que sigue la luz solar para mejor captación de energía por ambas caras del panel y transformarlas en electricidad a través del efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se forma cuando un fotón (partícula recibida de la radiación del sol) altera un electrón del material, teniendo el silicio como elemento principal de los dispositivos (Autosolar, 2020).

Para el diseño conceptual de la Planta se ha elegido el módulo fotovoltaico CAT PVC MP PERC (Passivated Emitter Rear Cell, Celda Posterior del Emisor Pasivado).

**Figura 26.** *Módulo Fotovoltaico*



*Nota:* Módulo fotovoltaico Caterpillar. Fuente: Caterpillar, 2022.

- **Inversor:** Es el que se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna. Esta corriente alterna no es otra que la que utilizamos comúnmente en nuestros hogares.

**Cálculo del número de módulos por string:** para los siguientes cálculos se han tenido en cuenta las características técnicas del módulo CAT PVC y el inversor central marca Sunny Central 2200 de SMA. El cálculo de módulos asociados en serie está determinado por la suma de tensiones que se puede lograr en dicha asociación.

Para el proyecto se eligió el inversor Sunny Central 2200, como se muestra en la Figura 27, con una potencia de hasta 3.000 kVA en tensiones de sistema de corriente continua de 1.100 V o 1.500 V y plena potencia hasta los 35 °C.

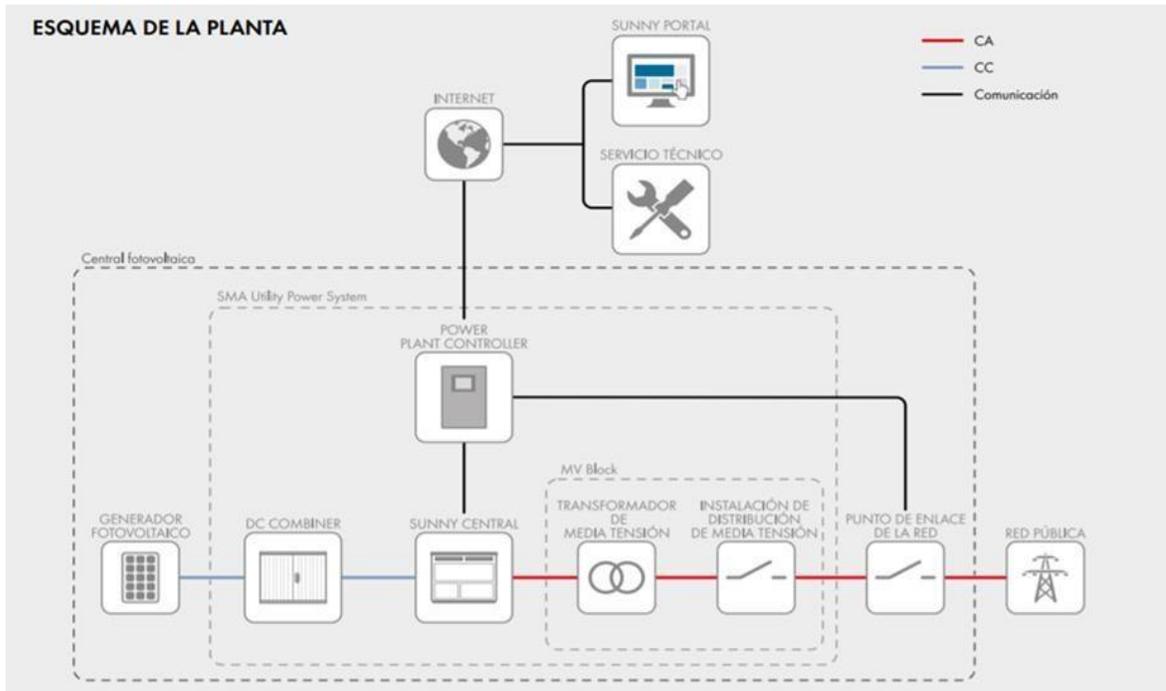
**Figura 27.** *Inversor Sunny Central 2200*



*Nota:* Inversor para el sistema solar fotovoltaico de la planta de Arjona. Fuente: SMA, 2022c.

- **Estaciones meteorológicas:** los equipos se encargan de registrar las condiciones meteorológicas en la planta. Se instalarán dos estaciones integradas al sistema de monitoreo.
- **Sistema de control y monitorización:** el sistema de monitorización “Permite monitorizar de manera remota la planta fotovoltaica, con el fin de conocer los parámetros de funcionamiento de los diferentes equipos instalados y controlar determinados parámetros económicos clave” (Díaz, 2022. p.37). A continuación, en la Figura 28, se muestra el sistema de monitorización y control:

**Figura 28. Sistema de Monitorización**



*Nota:* Esquema y funcionamiento del sistema de monitorización de la planta. Fuente: Díaz, 2022, p. 37.

- **Celdas de media tensión:** “En total se instalarán 10 celdas de media tensión. Cada celda es la agrupación de 4 campos generadores, excepto una de ellas, la celda 7, que recibe la energía producida por 5 campos generadores” (Díaz, 2022. p.25).
- **Seccionadores de puesta a tierra:** son tripolares con accionamiento manual de maniobra brusca y enclavamiento mecánico con el interruptor.
- **Casetas de equipo eléctrico:** alojarán los inversores, transformadores, celdas de media tensión, contadores, entre otros.

**Figura 29.** Casetas de Equipo Eléctrico



*Nota:* Las casetas de la empresa SMA cumplen con los requerimientos técnicos del proyecto.

Fuente: SMA, 2022b.

- **Cableado interno de baja y media tensión:** el modelo elegido es el TopSolar PV ZZ-F/H1Z2Z2-K 0,6/1,8.
- **Cajas de conexión corriente continua:** el diseño de la planta cuenta con cajas de conexión del fabricante SMA, acorde con los inversores. La Figura 30 muestra una caja de conexión de corriente continua. Se escogen las cajas Grid-Combiner de SMA con una tensión máxima de entrada de 1.500 V y 24 entradas. Se escogen las 486 cajas necesarias con 24 entradas, ya que en todos los casos cumplirían con las necesidades (SMA, 2022a).

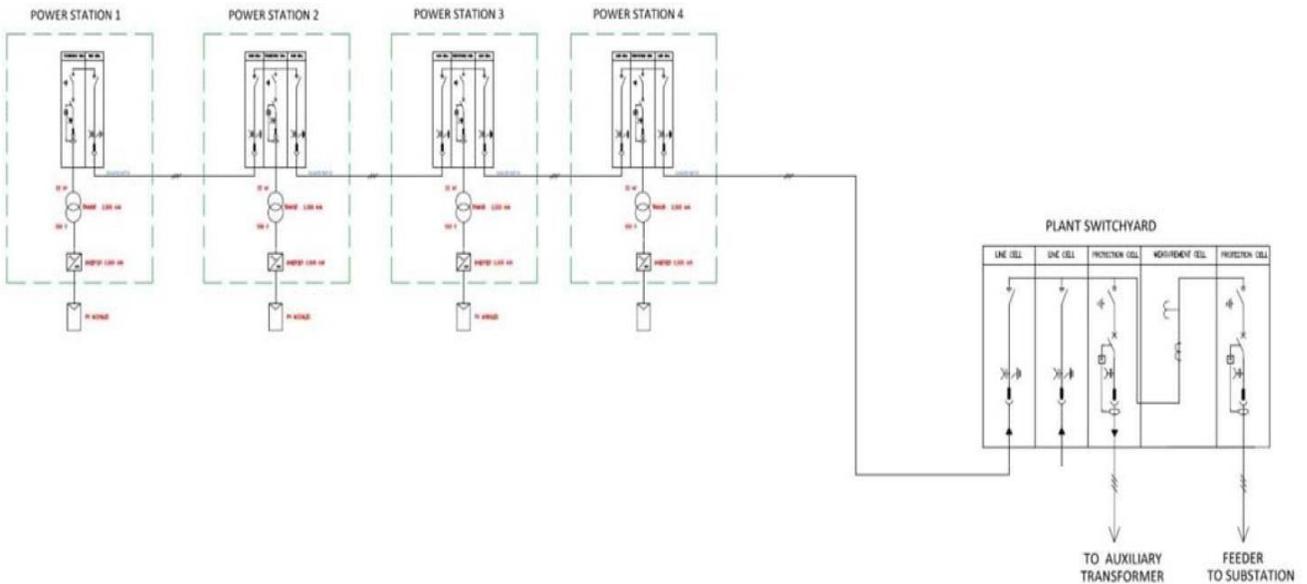
**Figura 30.** *Caja de Conexión*



*Nota:* Caja de conexión CC. Fuente: SMA, 2022a.

- **Cableado media tensión:** la energía que se produce va a ser evacuada por medio de líneas de media tensión subterráneas que van conectadas a la subestación de alta tensión.

**Figura 31. Cableado Media Tensión**



*Nota:* Cableado media tensión. Fuente: Díaz, 2022, p. 33.

- **Sistemas de protección:** las protecciones mínimas para instalar son de sobrecorriente, de mínima tensión instantánea, de sobretensión, de máxima y mínima frecuencia (Díaz, 2022).
- **Puesta a tierra:** toda la puesta a tierra de la instalación deberá cumplir lo detallado en el RD 1663/2000 (art.12) de Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. “La red de tierras se hará a través de picas de cobre. La configuración de éstas debe ser redonda y de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno. Hay que tratar de evitar que la pica se doble a la hora de su colocación” (Díaz, 2022.p.36).
- **Interfaz SCADA:** “La interfaz SCADA es necesaria para conectar el sistema SCADA del operador de la red eléctrica con el centro de control del sistema de energía solar fotovoltaica. Esto permite al operador de la red vigilar y controlar la planta fotovoltaica” (Díaz, 2022. p.27).

- **Contadores:** “El conjunto consta de un contador tarifador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener los equipos” (Díaz, 2022. p.38).
- **Sistema de seguridad y vigilancia:** instalación de cámaras de seguridad y barreras infrarrojo.

**Tabla 7.** *Equipos Sistema de Seguridad y Vigilancia*

| Equipo  | Cantidad |
|---|----------|
| Cámaras de seguridad cubriendo el perímetro de la planta y los accesos, tipo P5534-E PTZ de Axis. | 6        |
| Sistema de vigilancia de la valla, unidades para 1.000 m cada una, tipo Senstar Intellifibre.     | 4        |
| Sistema de control con alarma, grabación y almacenamiento.  | 1        |
| Solución de cableado adecuado a lo largo de la cerca.   | 1        |

Fuente: Díaz, 2022, p. 37.

- **Subestación de conexión:** la subestación es de 220/20kV con una potencia trifásica de transformación de 100 MVA.

**Tabla 8.** *Componentes de la Subestación de Conexión*

|   |                                     |     |      |
|---|-------------------------------------|-----|------|
| 2 | TRANSFORMADOR (220/20 kV)           | 50  | MVA  |
| 1 | TRANSFORMADOR AUX. (20-0,420-0,242) | 250 | kVA  |
| 2 | BATERÍA DE CONDENSADORES            | 3,6 | MVAr |
| 2 | BATERÍA DE CONDENSADORES            | 7,2 | MVAr |

Fuente: Díaz, 2022, p. 40.

**Tabla 9.** Bahía de Alta Tensión

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 220 kV                              | SISTEMA BLINDADO EN SF6                       |
| 2                                   | CELDA DE LÍNEA                                |
| 2                                   | CELDA TRANSFORMADOR                           |
| 2                                   | CELDA DE ACOPLAMIENTO B1-B2                   |
| 2                                   | POSICIÓN DE MEDIA Y PUESTA A TIERRA DE BARRAS |
| 245 kV (tensión máxima de servicio) |   |
| I máxima en barras 3.150 A          |   |

Fuente: Díaz, 2022, p. 40.

**Tabla 10.** Bahía de Media Tensión

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 20 kV                              | SISTEMA BLINDADO EN SF6                       |
| 2                                  | CELDA DE LÍNEA                                |
| 2                                  | CELDA TRANSFORMADOR                           |
| 2                                  | POSICIÓN EN BATERÍA DE CONDENSADORES          |
| 2                                  | POSICIÓN SERVICIOS AUXILIARES                 |
| 10                                 | CELDAS DE MEDIA TENSIÓN                       |
| 2                                  | POSICIÓN DE MEDIA Y PUESTA A TIERRA DE BARRAS |
| 24 kV (tensión máxima de servicio) |   |
| I máxima en barras 400 A           |   |

Fuente: Díaz, 2022, p. 41.

- **Sala de control:** se planea usar contenedores ubicados estratégicamente en la planta solar. Se definirá una vez se realice el montaje del sistema.

#### 4.3.3.2. Obras eléctricas y civiles:

**Preparación del terreno:** consiste en limpiar el terreno y cercar el territorio para evitar el acceso no deseado de personas y equipos.

**Vías de acceso y caminos internos:** permiten el acceso a la planta solar, como su nombre lo indica. Hay dos tipos de vías: las principales permiten el transporte de los equipos de mayor tamaño y las vías de acceso simplemente permiten el acceso (Díaz, 2022).

**Cimentaciones para la estructura de soporte:** se ha optado por estructuras soporte de doble hincado con tornillo a tierra, sin necesidad del uso de cimentaciones (Díaz, 2022).

**Zanjas de cableado:** “El trazado de las zanjas se realizará de manera que se optimicen los recorridos de los cables, con el fin de reducir la caída de tensión, reducir los costes y con el fin de aumentar la productividad” (Díaz, 2022.p.43)

#### 4.3.3.3. Operación y mantenimiento

Para operar y mantener una planta solar durante los 25 años que se estiman de vida útil del sistema, se deben planear acciones de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo puede evitar incrementos desafortunados en los costos y gastos de la planta.

El mantenimiento predictivo anticipa una posible falla en los equipos, por lo que se requiere una serie de registros de cada componente para monitorearlos. Debido al alto coste de este tipo de mantenimiento y de que se trata de una planta nueva, sin datos históricos, se prevé la implantación de este mantenimiento según las recomendaciones de la empresa que va a construir la planta que, para este caso de estudio, es Proeléctrica. El mantenimiento correctivo se trata de corregir un problema que se presenta. Y el mantenimiento preventivo se trata de evitar mediante actividades programadas para evitar una falla.

A continuación, se detallan situaciones que se pueden evitar que bajan en gran escala el rendimiento del sistema:

**Maleza:** se trata de planificar por lo menos cada 6 meses quitar la maleza de los paneles, ya que disminuyen la producción de energía.

**Figura 32.** *Maleza en Paneles Solares Fotovoltaicos*



*Nota:* Si no se hace el adecuado mantenimiento, la maleza puede sobreponerse en el panel solar y disminuir la producción de energía. Fuente: Gosselin, 2011.

**Terreno:** su principal estrategia es la de no perder el acceso a los paneles del sistema, por eso es importante canalizar de forma adecuada el agua y proteger los accesos.

**Figura 33.** *Terreno sin Adecuación*



*Nota:* Terreno sin adecuación para las estructuras de paneles solares. Fuente: Webster, 2022.

**Paneles fotovoltaicos:** se debe programar la limpieza de los paneles, ya que la suciedad disminuye la producción de energía afectando la rentabilidad del sistema.

**Figura 34.** *Daños en los Paneles Solares Fotovoltaicos*



*Nota:* Los daños o suciedad en los paneles solares afectan la producción de energía. Fuente: Cambio energético, 2021.

**Equipos de conexión:** Consiste en proteger las garantías de los equipos, por lo que se programa el mantenimiento de estos de forma organizada, evitando daños que lleven a gastos innecesarios.

**Inversor:** Se deben seguir las indicaciones del fabricante, en el caso del inversor SMA se trata de un mantenimiento de cada 5 años.

**Transformador:** Debe considerarse la recomendación del fabricante, sin embargo, la frecuencia se puede ver afectada por la contaminación ambiental y las condiciones del clima.

**Conexión en medio voltaje:** Ya que este componente se encuentra aislado, no requiere un plan específico de mantenimiento, sin embargo, anualmente se realiza una inspección de rutina.

**Sistema de medición de energía:** El mantenimiento preventivo de este componente se realiza en la mañana de forma anual. Se trata principalmente de limpieza y ajuste de los equipos.

**Sistema de comunicaciones:** El mantenimiento preventivo es anual y es una limpieza, ya que estos equipos no requieren mantenimiento según los proveedores.

**Sistema de monitorización:** Se hace anualmente y se trata de limpieza y ajuste de equipos.

**Sistema de puesta a tierra:** Se realiza cada 4 años y consiste en una calibración completa del sistema.

**Planificación del plan de mantenimiento:** El plan de mantenimiento busca optimizar los equipos, no dejar que se sobrecargue el sistema y cumplir con las regulaciones exigidas. El plan contiene actividades diarias, semanales, mensuales y anuales. A continuación, el plan del proyecto:

**Tabla 11.** *Plan de Mantenimiento Anual.*

| Plan de mantenimiento anual       |       |         |       |       |      |       |       |        |            |         |           |           |
|-----------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| ÍTEM                              | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Terreno                           | MPS   |         |       |       |      |       | MPS   |        |            |         |           |           |
| Panel solar                       |       | MPS     |       |       |      |       |       | MPS    |            |         |           |           |
| Equipo de conexión de panel       |       |         | MPA   |       |      |       |       |        |            |         |           |           |
| Inversor                          |       |         |       | MPA   |      |       |       |        |            |         |           |           |
| Transformador                     |       |         |       |       |      |       |       |        |            |         | MPA       |           |
| Sistema de medición               |       |         |       |       |      |       |       |        |            |         |           | MPA       |
| Sistema de comunicaciones         |       |         |       |       | MPA  |       |       |        |            |         |           |           |
| Sistema de monitoreo              |       |         |       |       |      | MPA   |       |        |            |         |           |           |
| Sistema de puesta a tierra        |       |         |       |       |      |       |       |        |            | MPA     |           |           |
| Sistema meteorológico de medición | MPS   |         |       |       |      |       | MPS   |        |            |         |           |           |
| Estructura de soporte             |       | MPS     |       |       |      |       |       | MPS    |            |         |           |           |
| Cableado general                  |       |         |       |       |      |       |       |        | MPA        |         |           |           |
| Servicios generales               |       |         |       |       |      |       |       |        | MPA        |         |           |           |

|   |
|---|
| <b>MPM:</b> Mantenimiento preventivo mensual    |
| <b>MPT:</b> Mantenimiento preventivo trimestral |
| <b>MPS:</b> Mantenimiento preventivo semestral  |
| <b>MPA:</b> Mantenimiento preventivo anual      |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4. Recurso económico

Los recursos económicos para la construcción, y la operación y mantenimiento de la planta solar están en precios corrientes, todos descontados al periodo 0 con una inflación ajustada a una distribución y una TRM de \$4.610, tomada el 02 de octubre del 2022. La TRM se usó para poner los valores de los precios de la construcción del rubro de los equipos en pesos colombianos, ya que por tener que importar los componentes del sistema, estos se comprarían en dólares americanos.

A continuación se muestran los recursos económicos calculados por medio de junta de expertos y consulta a documentos de proyectos similares, de la construcción, y la operación y mantenimiento de la planta solar por un valor de \$583.695.207.902:

**Tabla 12.** Recursos Económico del Proyecto en Construcción, Operación y Mantenimiento

| Ítem                      | Descripción   | Costo                     |
|---------------------------|---|---------------------------|
| <b>1</b>                  | <b>EPC presupuestal (sin IVA y aranceles)</b>                                     | <b>\$ 411.671.525.791</b> |
| 1.1                       | Paneles solares bifaciales  | \$ 134.256.081.017        |
| 1.2                       | Inversores  | \$ 37.617.600.000         |
| 1.3                       | Estructura  | \$ 51.996.674.510         |
| 1.4                       | Otros suministros (transformador, cable, estación meteorológica, tableros, otros) | \$ 76.200.978.738         |
| 1.5                       | Obra civil (cuarto eléctrico + bancos de ductos + acondicionamiento de terreno)   | \$ 9.272.134.266          |
| 1.6                       | Estudios eléctricos   | \$ 300.000.000            |
| 1.7                       | Monitoreo   | \$ 500.000.000            |
| 1.8                       | Ingeniería, logística, dirección y construcción                                   | \$ 101.448.057.260        |
| 1.9                       | Certificación RETIE (planta y líneas)   | \$ 80.000.000             |
| <b>2</b>                  | <b>Línea (5 Km)</b>   | <b>\$ 4.807.968.035</b>   |
| <b>3</b>                  | <b>Bahías de conexión Subestación</b>   | <b>\$ 9.333.257.659</b>   |
| <b>4</b>                  | <b>Trámite 1715 - UPME y ANLA (renta , IVA)</b>                                   | <b>\$ 116.054.400</b>     |
| <b>5</b>                  | <b>Garantía transporte asignado</b>   | <b>\$ 919.695.000</b>     |
| <b>6</b>                  | <b>Supervisión(Dirección + interventoría técnica)</b>                             | <b>\$ 1.157.568.624</b>   |
| <b>7</b>                  | <b>Pólizas</b>  | <b>\$ -</b>               |
| <b>8</b>                  | <b>Terrenos</b>   | <b>\$ 8.000.000.000</b>   |
| <b>9</b>                  | <b>Permisos y licencia ambiental</b>  | <b>\$ 2.050.000.000</b>   |
| <b>10</b>                 | <b>Imprevistos (3%)</b>   | <b>\$ 12.840.182.085</b>  |
| <b>Total Construcción</b> |   | <b>\$ 450.896.251.595</b> |

| <b>11</b>            | <b>Operación y mantenimiento</b> | <b>Costo (Pesos)</b>      |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 11.1                 | Mano de obra                     | \$ 111.699.689.941        |
| 11.2                 | Seguridad                        | \$ 12.056.723.638         |
| 11.3                 | Varios                           | \$ 9.042.542.728          |
| <b>Total O&amp;M</b> |                                  | <b>\$ 132.798.956.307</b> |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Estudio medioambiental**

Comprende la descripción de los acuerdos internacionales más relevantes de los cuales Colombia hace parte; Acuerdo de París y el COP26. Además de la definición de la normatividad, licencias y permisos en el ámbito ambiental.

El calentamiento global ha llevado a la humanidad a tomar acciones para frenar el cambio climático que viene evidenciándose con desastres naturales cada vez de mayor envergadura, tales como los récords en altas temperaturas registrados en Canadá y en Estados Unidos por encima de los 45 grados centígrados en el mes de junio del 2020 (BBC News Mundo, 2021).

Las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNCC) obligan a los países que firmaron el Acuerdo de París, en el año 2015, a intensificar acciones e inversiones necesarias para lograr bajas emisiones de carbono en el futuro.

Colombia hace parte de los países que firmaron el Acuerdo de París del 2015 comprometiéndose así con la causa global de frenar el cambio climático mediante acciones gubernamentales, específicamente para la reducción del 20 % de las emisiones de gases efecto invernadero, y si recibe apoyo internacional, una reducción del 30 % (WWF, 2018).

El Acuerdo de París es un tratado internacional entre 196 países que tiene como objetivo el calentamiento global, es decir, reducir mínimo 1,5 grados Celsius por año. Este acuerdo de transformación económica y social busca que los países se comprometan y se sometan a evaluación cada 5 años de cumplimiento de objetivos. Cada 5 años revisan las contribuciones y se crean nuevos compromisos. Este acuerdo también contiene en su iniciativa que los países desarrollados ayuden financieramente a los países en desarrollo con la consecución de objetivos. No obstante, no solo incluye ayudas monetarias sino también compartir tecnología.

En el Acuerdo de París, los países establecieron un marco de transparencia mejorado. En virtud de este, a partir de 2024, los países informarán de manera transparente sobre las medidas adoptadas y los progresos realizados en la mitigación del cambio climático,

las medidas de adaptación y el apoyo prestado o recibido. También se prevén procedimientos internacionales para el examen de los informes presentados. (Naciones Unidas, 2016)

Los países cada vez toman más conciencia del cambio climático, por esta razón los sectores de la energía y transporte han tecnificado en pro de los objetivos ambientales persiguiendo para el año 2030, emisiones cero de carbono.

La última convención internacional es la COP26 del año 2021, que se realizó en Glasgow con 120 líderes mundiales y más de 40.000 asistentes. El Pacto de Glasgow reúne 200 países comprometidos con la reducción de la emisión de los GEI, reafirmando los compromisos del Pacto de París de limitar los aumentos de la temperatura mundial anual a no más de 1,5 grados Celsius, las emisiones de carbono se deben reducir al 45 % para mediados del siglo. Por otro lado, al igual que en el acuerdo de París, los países están obligados a presentar informes de cumplimiento de compromisos. Un punto interesante del COP26 es que se llegó a un acuerdo en la reducción de los subsidios a los combustibles fósiles, así como a la reducción del carbón como fuente de energía. A nivel financiero, en el COP26 los países desarrollados se comprometieron a facilitar 100.000 millones de dólares americanos a los países en desarrollo para lograr los compromisos (Naciones Unidas, 2020).

Según el artículo de *The Conversation ¿Qué pasará con las plantas solares cuando termine su vida útil?*, desde el año 2012 todos los productores de paneles solares fotovoltaicos tienen la obligación de reciclarlos al final de su vida útil, esto está regulado en la Directiva europea de reutilización de dispositivos electrónicos y eléctricos 2012/19/EU, la cual exige la recogida del 85 % y el reciclaje del 80 % de los materiales utilizados en los paneles fotovoltaicos, en virtud del contenido de esta sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, que se amplió a los productos solares en 2012.

Los compromisos adquiridos por el Gobierno colombiano se traducen a los sectores productivos del país, motivando y obligando a las empresas a implementar prácticas que ayuden a la disminución de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, esto incluye la posibilidad de utilizar energías renovables como lo es la energía solar producida por paneles solares fotovoltaicos.

La normatividad con respecto a las energías limpias ha evolucionado desde la década de los noventa con la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991, desde ese momento el Gobierno se ha preocupado por generar nuevas estrategias para el abastecimiento óptimo de energía en el país. Actualmente, el Gobierno rige las energías renovables en el marco de la Ley 1715 del

2014, esta Ley impulsa las inversiones en la generación de energías renovables, entre ellas está la energía solar fotovoltaica.

Para el caso de estudio es necesario gestionar la Declaración de Interés Comunitario y la Evaluación de Impacto Ambiental, de competencia de la Consejería de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda; puesto que el actual proyecto supera los 3.500 KW de producción. Asimismo, algunas Comunidades Autónomas están exigiendo la aprobación de un estudio de integración paisajística que incluye la valoración de los impactos paisajísticos y visuales que produce una actuación sobre el paisaje.

El trámite ambiental principal para este proyecto es la licencia ambiental, la cual es otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), después de hacer las visitas de campo, la realización de la evaluación técnica del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), la consideración del análisis de los impactos ambientales por el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, así como las medidas de manejo y de monitoreo establecidas dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA) (MinAmbiente & ANLA, 2017).

De acuerdo al Decreto 1076 de 2015, la licencia ambiental, es la autorización que otorga la ANLA para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de ésta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada. La licencia ambiental debe obtenerse antes de iniciar el proyecto, obra o actividad y se otorgará por la vida útil del proyecto, obra o actividad y cobijará las fases de construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, restauración final, abandono y/o terminación. (MinAmbiente & ANLA, 2017)

El procedimiento para el trámite de la licencia Ambiental se estableció en el artículo 30 del Decreto 1753 de 1994 y en el artículo 4 de la Resolución 655 de 1996. Específicamente para una planta solar fotovoltaica se requiere un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

El EIA debe ser elaborado con información de alto nivel científico y técnico, acorde con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, acogida mediante Resolución 1503 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o aquella

norma que la modifique, sustituya o derogue, y de acuerdo con lo establecido en los presentes términos de referencia. Para la elaboración del EIA deben tenerse en cuenta los aspectos técnicos relacionados con la Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas o aquella norma que la reglamente, sustituya o derogue; de igual manera se recomienda la consulta de las Normas Técnicas Colombianas NTC 1736 de 2005, NTC 2775, NTC 5513 de 2007, relacionadas con Energía Solar y Dispositivos Fotovoltaicos. (MinAmbiente & ANLA, 2017)

El Ministerio de Minas y Energía expidió el 30 de agosto de 2013 la Resolución 90708, por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

RETIE tiene como objetivo establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos. Este permiso es un documento que se emite conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se puede confiar razonablemente que un producto, proceso o servicio es conforme con un reglamento técnico, una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico. (MinMinas, 2022b)

Es relevante mencionar que dentro del EIA se exige un plan de desmantelamiento para las áreas e infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto: desmote del sistema fotovoltaico, desmote del cerramiento, desmantelamiento de las vías de acceso, restablecimiento de la cobertura vegetal y paisajística, estrategia de formación de comunidades y propuesta de indicadores de impacto (MinAmbiente & ANLA, 2017).

El costo de la licencia ambiental de un proyecto de una planta solar de 100 MW es de 750 millones aproximadamente, RETIE se estima en 80 millones y el plan de manejo ambiental en 1.300 millones. Este rubro se plasmó en los recursos técnicos, en el rubro de la construcción, ya que la planta no puede empezar su construcción sin tramitar antes la licencia ambiental y que sea otorgada por la ANLA.

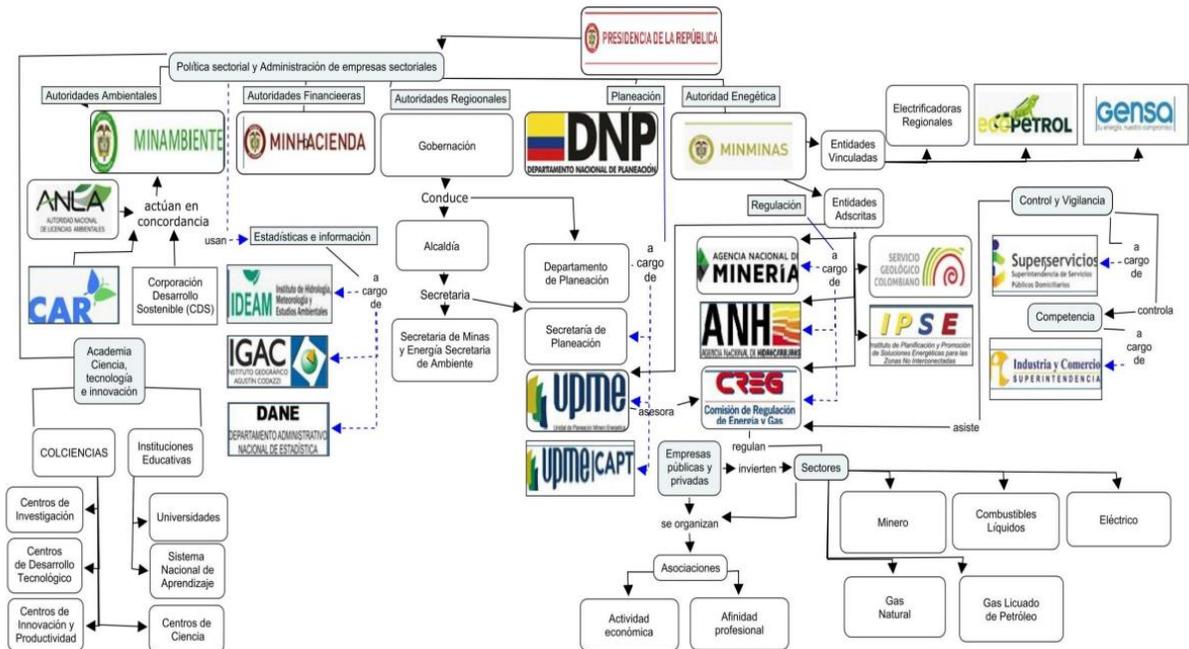
#### 4.5. Estudio legal y administrativo

El estudio legal y administrativo consiste en determinar el marco legal vigente en concordancia con los procesos operativos del proyecto, es decir, la normatividad laboral, tributaria y del sector energético.

Para favorecer la estructura de la regulación del sector energético es necesario entender las relaciones que existen entre las diferentes entidades y reconocer sus funciones. Estas entidades son órganos de poder político sobre los cuales recae la dirección, planeación y control de aspectos como el incremento de infraestructura para soportar el abastecimiento del consumo futuro de la energía. (Región Central, 2020. p.12)

A continuación, la Figura 35 explica la jerarquía y la correlación de las entidades en el sector energético.

**Figura 35. Estructura de la Regulación del Sector Energético**



Nota: Estructura sector de energía. Fuente: Región Central, 2020.

La normatividad principal para considerar para este caso de estudio es la siguiente:

- **Ley 1715 del 14 de mayo de 2014:** fue decretada al 2016 y regulada en 2018. En el contexto legal, es la ley marco y los decretos reglamentarios emitidos por el Ministerio de

Minas y Energía, la CREG -Comisión de Regulación de Energía y Gas- apoyados con los entes territoriales del medio ambiente. En este caso, confiere la institución llamada Cardique. La ley permite, dispone y propone que todos los usuarios consumidores de energía eléctrica del país pueden utilizar el sistema de distribución nacional, regional y local hasta el punto de poder ser microgenerador, generador y cogenerador de energías limpias.

Estos son los beneficios más destacados de implementar sistemas solares fotovoltaicos plasmados en la Ley 1715 del 2014:

Se puede deducir de la base gravable para calcular el impuesto de renta, hasta el 50 % del valor de la inversión realizada, en proyectos de energías renovables no convencionales. Esta deducción se puede aplicar en el primer año, o hasta en 5 años siguientes al año gravable en el que hayan realizado la inversión. Los generadores de energía renovable en pequeña y gran escala podrán vender a la red eléctrica el excedente de energía que ellos no consuman (esquema de créditos de energía), según lo disponga la CREG. Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión, inversión, medición y evaluación de las fuentes no convencionales de energía, estarán excluidos de IVA. Depreciación acelerada de los activos en 5 años, con una tasa anual del 20 %. (UPME, 2020b)

- **Decreto 829 de 2020:** “La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) se constituye en la única entidad para evaluar y certificar los proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía y de eficiencia energética que opten por dichos beneficios” (Función Pública, 2020).
- **Resolución CREG 201 de 2017:** “Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas (Gestor Normativo, 2017).
- **Decreto 570 de 2018:** “Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones” (Función pública, 2018).
- **Resolución CREG 015 de 2018:** “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional” (Gestor Normativo, 2018).

- **Ley 1955 del 25 de mayo de 2019:** “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, pacto por equidad”. El artículo 174 modifica el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014” (Función Pública, 2018).

- **Resolución UPME 203 de 2020:** “Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía - FNCE” (Gestor Normativo, 2020).

Para fines administrativos, es necesario considerar que como generadores la sociedad debe constituirse como agente del Mercado de Energía Mayorista (MEM).

Los MEM previo a entrar a operar, deben hacer el registro ante el SUI (Sistema oficial de información de los prestadores del servicio) y posteriormente inscribirse ante la Comisión de Regulación de Energía (CREG), la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y ante el operador del mercado, la empresa XM S.A. E.S.P. Por otra parte, es pertinente precisar que, en atención a lo dispuesto en el Numeral 11.8 del Artículo 11 de la Ley 142 de 1994, la Comisión consultará el registro de los solicitantes en el Registro Único de Prestadores, RUPS de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (Gestor Normativo, 2018)

En cuanto a impuestos propios del sector energético, para este caso de estudio no se puede cuantificar, ya que el Gobierno hace la estimación de los aportes cuando el proyecto empieza a operar. Sin embargo, a modo informativo, “el artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y reglamentado con el Decreto 1122 de 2008, obliga a las empresas de generación a realizar aportes al Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas y transferencias a las corporaciones regionales y municipios en donde se están ubicados las plantas” (MinEnergía, 2022).

El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas permite que los Entes Territoriales con el apoyo de las Empresas Prestadoras del Servicio de Energía Eléctrica en la zona de influencia, sean los gestores de planes, programas y proyectos de inversión priorizados para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica. El objetivo es ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas, conforme con los planes de

ampliación de cobertura que estructurarán cada uno de los Operadores de Red y que deberá contar con la viabilidad de la UPME. (MinEnergía, 2022)

Para la constitución de un contrato a largo plazo, la sociedad propietaria del proyecto debe registrarse ante el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) y se debe establecer el punto de conexión con Caribemar de la Costa S.A.S. E.S.P.

Los documentos para realizar la Solicitud de Puntos de Conexión de Recursos de Generación al SIN son: formato de alta de datos de petición, Cámara de Comercio con vigencia no mayor a 3 meses, fotocopia de cédula de ciudadanía del representante legal de la empresa solicitante y croquis de ubicación exacta del proyecto (Afinia EPM, 2022).

Para constituir la empresa, se va a crear una Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.). La S.A.S. se reglamenta en la Ley 1258 de 2008. La S.A.S. se puede constituir por una o varias personas naturales o jurídicas, las cuales solo serán responsables hasta el monto del aporte (Cámara de Comercio de Bogotá, 2022).

#### **4.6. Estudio financiero**

El estudio financiero va a determinar la viabilidad del proyecto con la construcción de un flujo de caja del inversionista y el cálculo de los siguientes indicadores: Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC), el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM), el Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado (PRID), la Relación Beneficio Costo (RBC), el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), la Inversión Recuperada y Valor Agregado (IRVA) y el análisis de sensibilidad.

##### **Estructura de capital**

La inversión requerida para realizar el proyecto es de \$450.896.251.595, la cual estará financiada en un 50 % por los inversionistas, exigiendo una tasa de retorno del 12 %; y 50 % por un préstamo de un banco a una tasa del 6,17 % EA, pagado en cuotas uniformes durante la vida del proyecto. Este tipo de proyectos pueden realizarse con Project Finance con un fondo de inversión privado para que la tasa sea menor, en este caso se considera un banco debido a que es la información que se logró verificar en la investigación. Las tasas de los préstamos de los bancos para proyectos de energías renovables con contratos con EPM estiman tasas del 0,5 % mensual hasta el 1 %, dependiendo del riesgo del inversionista que estime el banco.

Después de definida la estructura de capital, se calcula el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC), que básicamente es la suma ponderada del costo de las fuentes de financiación,

descontando los impuestos. A continuación, se muestra el cálculo del Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC):

**Tabla 13. Cálculo del WACC**

| Estructura Financiera | Monto              | Costo antes de impuestos | Costo después de impuestos | Participación | Costo capital |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| Pasivo                | \$ 225.448.125.798 | 6,17%                    | 4,19%                      | 50%           | 2,10%         |
| Patrimonio            | \$ 225.448.125.798 | 12,00%                   | 12,00%                     | 50%           | 6,00%         |
| Total                 | \$ 450.896.251.595 |                          |                            | <b>WACC</b>   | <b>8,10%</b>  |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 14. Plan de pago del préstamo**

| Periodo | Cuota             | Intereses         | Amortización      | Saldo              |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0       |                   |                   |                   | \$ 225.448.125.798 |
| 1       | \$ 17.918.211.514 | \$ 13.905.147.088 | \$ 4.013.064.425  | \$ 221.435.061.372 |
| 2       | \$ 17.918.211.514 | \$ 13.657.630.056 | \$ 4.260.581.458  | \$ 217.174.479.914 |
| 3       | \$ 17.918.211.514 | \$ 13.394.846.714 | \$ 4.523.364.800  | \$ 212.651.115.115 |
| 4       | \$ 17.918.211.514 | \$ 13.115.855.471 | \$ 4.802.356.043  | \$ 207.848.759.072 |
| 5       | \$ 17.918.211.514 | \$ 12.819.656.658 | \$ 5.098.554.855  | \$ 202.750.204.217 |
| 6       | \$ 17.918.211.514 | \$ 12.505.188.951 | \$ 5.413.022.562  | \$ 197.337.181.654 |
| 7       | \$ 17.918.211.514 | \$ 12.171.325.564 | \$ 5.746.885.950  | \$ 191.590.295.705 |
| 8       | \$ 17.918.211.514 | \$ 11.816.870.214 | \$ 6.101.341.300  | \$ 185.488.954.405 |
| 9       | \$ 17.918.211.514 | \$ 11.440.552.833 | \$ 6.477.658.681  | \$ 179.011.295.724 |
| 10      | \$ 17.918.211.514 | \$ 11.041.025.019 | \$ 6.877.186.494  | \$ 172.134.109.230 |
| 11      | \$ 17.918.211.514 | \$ 10.616.855.205 | \$ 7.301.356.309  | \$ 164.832.752.921 |
| 12      | \$ 17.918.211.514 | \$ 10.166.523.524 | \$ 7.751.687.990  | \$ 157.081.064.931 |
| 13      | \$ 17.918.211.514 | \$ 9.688.416.370  | \$ 8.229.795.143  | \$ 148.851.269.788 |
| 14      | \$ 17.918.211.514 | \$ 9.180.820.614  | \$ 8.737.390.900  | \$ 140.113.878.888 |
| 15      | \$ 17.918.211.514 | \$ 8.641.917.462  | \$ 9.276.294.052  | \$ 130.837.584.836 |
| 16      | \$ 17.918.211.514 | \$ 8.069.775.942  | \$ 9.848.435.571  | \$ 120.989.149.265 |
| 17      | \$ 17.918.211.514 | \$ 7.462.345.986  | \$ 10.455.865.527 | \$ 110.533.283.738 |
| 18      | \$ 17.918.211.514 | \$ 6.817.451.079  | \$ 11.100.760.434 | \$ 99.432.523.303  |
| 19      | \$ 17.918.211.514 | \$ 6.132.780.466  | \$ 11.785.431.048 | \$ 87.647.092.255  |
| 20      | \$ 17.918.211.514 | \$ 5.405.880.867  | \$ 12.512.330.647 | \$ 75.134.761.608  |
| 21      | \$ 17.918.211.514 | \$ 4.634.147.691  | \$ 13.284.063.823 | \$ 61.850.697.786  |
| 22      | \$ 17.918.211.514 | \$ 3.814.815.702  | \$ 14.103.395.812 | \$ 47.747.301.974  |
| 23      | \$ 17.918.211.514 | \$ 2.944.949.108  | \$ 14.973.262.405 | \$ 32.774.039.569  |
| 24      | \$ 17.918.211.514 | \$ 2.021.431.047  | \$ 15.896.780.467 | \$ 16.877.259.102  |
| 25      | \$ 17.918.211.514 | \$ 1.040.952.412  | \$ 16.877.259.102 | -\$ 0              |

Fuente: elaboración propia.

### Flujo de caja del inversionista

Para la evaluación del proyecto se realiza la proyección del flujo de caja corriente a 25 años, basándose en los datos anteriormente mencionados, los cuales permiten tener claridad de todos los ingresos y egresos del proyecto para cada período, generando el flujo de caja neto. Al realizar el flujo de caja corriente, se debe de tener en cuenta la inflación, la cual es el aumento

generalizado de los precios. Por lo tanto, es indispensable calcular la tasa de interés corriente, utilizando la siguiente fórmula:

$$ic = (1 + \pi) * (1 + ir)$$

$\pi$ = Inflación

$ir$ = Tasa de rentabilidad real o constante

$ic$ = Tasa de rentabilidad nominal o corriente

(Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015a, pp. 165-166)

Para el cálculo de la inflación, se trabajó con información del Banco de la República del IPC año corrido desde enero de 2010 hasta septiembre de 2022 (ver anexo 2). La anterior información se utilizó para realizar un ajuste de distribución y poder simular así todos los escenarios que puede tomar la inflación en el tiempo.

Los datos tienen un comportamiento de una distribución log logística, la cual es una distribución similar a la lognormal, solo que con colas más pesadas. La distribución quedó definida de la siguiente manera: RiskLoglogistic(1,1761;2,1938;2,4414;RiskName("Inflación"))

Para el análisis del proyecto, se modelaron 4 flujos de caja con el fin de observar el comportamiento de los indicadores de evaluación financiera, los escenarios son los siguientes:

- Escenario 1: flujo de caja con ingresos con contrato a largo plazo y depreciación 25 años.
- Escenario 2: flujo de caja con ingresos con contrato a largo plazo y depreciación 5 años.
- Escenario 3: flujo de caja con ingresos ajustados a una distribución del histórico del precio de la energía y depreciación 25 años.
- Escenario 4: flujo de caja con ingresos ajustados a una distribución del histórico del precio de la energía y depreciación 5 años.

Al igual que la inflación, los ingresos históricos del precio de energía en bolsa se ajustaron a una distribución de probabilidad (para realizar la modelación de los escenarios 3 y 4), la información utilizada fue desde el 01 de enero de 2021 hasta el 13 de agosto de 2022 de la base de datos de XM. El resultado de este ajuste de distribución fue que los datos históricos tienden a comportarse como una distribución lognormal, arrojando la siguiente distribución:

RiskLognorm(133,1;353,51;RiskShift(86,569);RiskName("Precio máximo de Bolsa (\$/kWh)))

Para la producción de energía se modeló una distribución normal con una media de 1,6 kWh y una desviación estándar de 0,2 por estudios técnicos que han realizados compañías que

ya cuentan con proyectos similares, partiendo de que un panel solar puede producir 1,3 kWh y 1,8 kWh según especificaciones técnicas del producto.

Para la construcción de los flujos de caja, se realizaron proyecciones probabilísticas en el software @Risk, con simulaciones Montecarlo con 10.000 iteraciones, para lograr tener altos niveles de precisión. Luego de tener las proyecciones mencionadas, se realiza el cálculo de los principales indicadores de evaluación financiera para tomar la decisión de aceptación o rechazo del proyecto.

Es importante recalcar que, de acuerdo con las características del proyecto, existen riesgos que se encuentran modelados dentro del flujo de caja, mediante funciones de distribución continuas definidas por datos históricos o por juicio de expertos.

Precio de la bolsa: función definida con datos históricos.

Inflación: función definida con datos históricos.

Generación kWh por día: definida con juicio de expertos.

Para la comparación de los 4 escenarios, se desarrolló y comparó el valor esperado del Valor Presente Neto (VPN), el cual es “el metodo más comúnmente usado para la evaluación de proyectos, mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión” (Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015b, p. 77).

A continuación se presenta la comparación del VPN de los 4 escenarios:

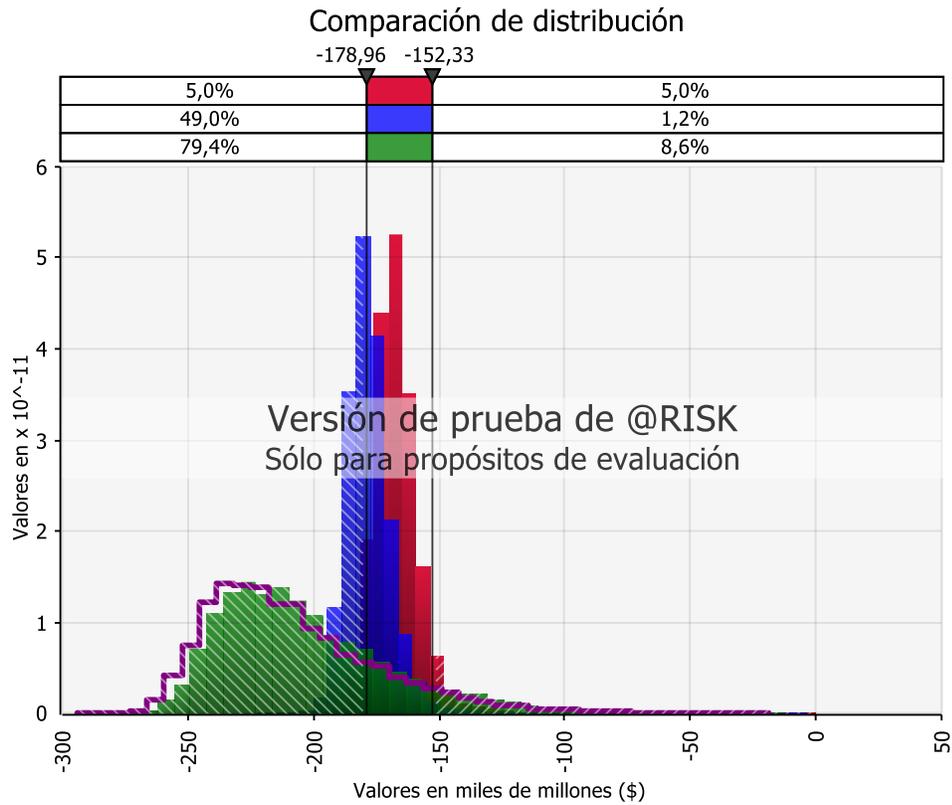
Escenario 1: Color rojo

Escenario 2: Color azul

Escenario 3: Color verde

Escenario 4: Línea morada

**Figura 36. Comparativo de Escenarios**



| VPN            | Escenario 1         | Escenario 2         | Escenario 3         | Escenario 4         |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Valor esperado | -\$ 166.540.662.878 | -\$ 177.831.694.728 | -\$ 203.470.427.980 | -\$ 208.556.602.184 |

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica y tabla anterior, observamos el comportamiento del VPN de las distribuciones de los 4 escenarios. Observamos que la distribución con mejor valor esperado y menor volatilidad es el escenario 1, seguido del escenario 2, 3, y por último el 4.

Partiendo de la comparación mencionada anteriormente, se describen los indicadores de evaluación financiera del escenario 1, ya que es el escenario que presenta los mejores resultados.

**Tabla 15. Indicadores Financieros Escenario 1**

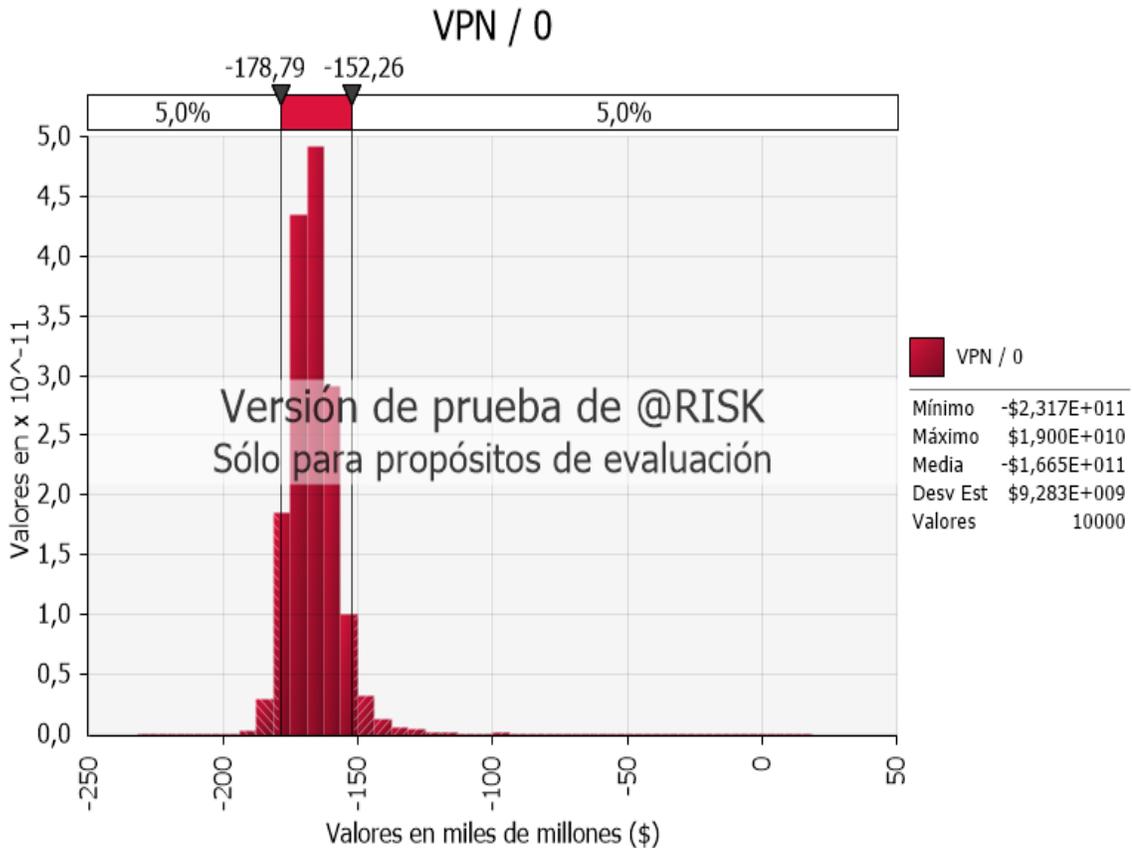
| <b>Criterio</b> | <b>Valor esperado</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Probabilidad de que el criterio no cumpla expectativas</b> | <b>Probabilidad de que el criterio cumpla expectativas</b> | <b>Máximo</b>  | <b>Mínimo</b>    |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|---|--|----------------|------------------|
| VPN             | -166.540.662.878      | 9.283.389.784              | 100 %   | 0 %  | 18.997.428.815 | -231.719.155.456 |
| TIRM            | 9,92 %                | 0,83 %                     | 0 %   | 100 %  | 17,09 %        | 7,03 %           |
| IR              | 0,2613                | 0,0412                     | 100 %   | 0 %  | 1,08           | 0,03             |
| Pri Des         | 0                     | 0                          | 99,99 %   | 0,01 %   | 20             | 0                |
| CAUE            | - 27.335.212.224      | 1.464.745.418              | 100 %   | 0 %  | 3.243.031.755  | - 39.457.005.732 |

Fuente: elaboración propia.

### **Valor Presente Neto (VPN)**

EL Valor Presente Neto (VPN) “Es la ganancia del inversionista por encima de lo esperado en el momento cero de la evaluación del proyecto”(Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015b, p. 77). Es decir, el valor presente de los flujos de caja proyectados, descontado una Tasa Interna de Oportunidad (TIO). Para su aceptación el VPN debe de ser mayor o igual a 0 para que cumpla con las expectativas del inversionista. A continuación, se muestra la gráfica de la distribución del VPN:

**Figura 37. Gráfica de Distribución VPN.**



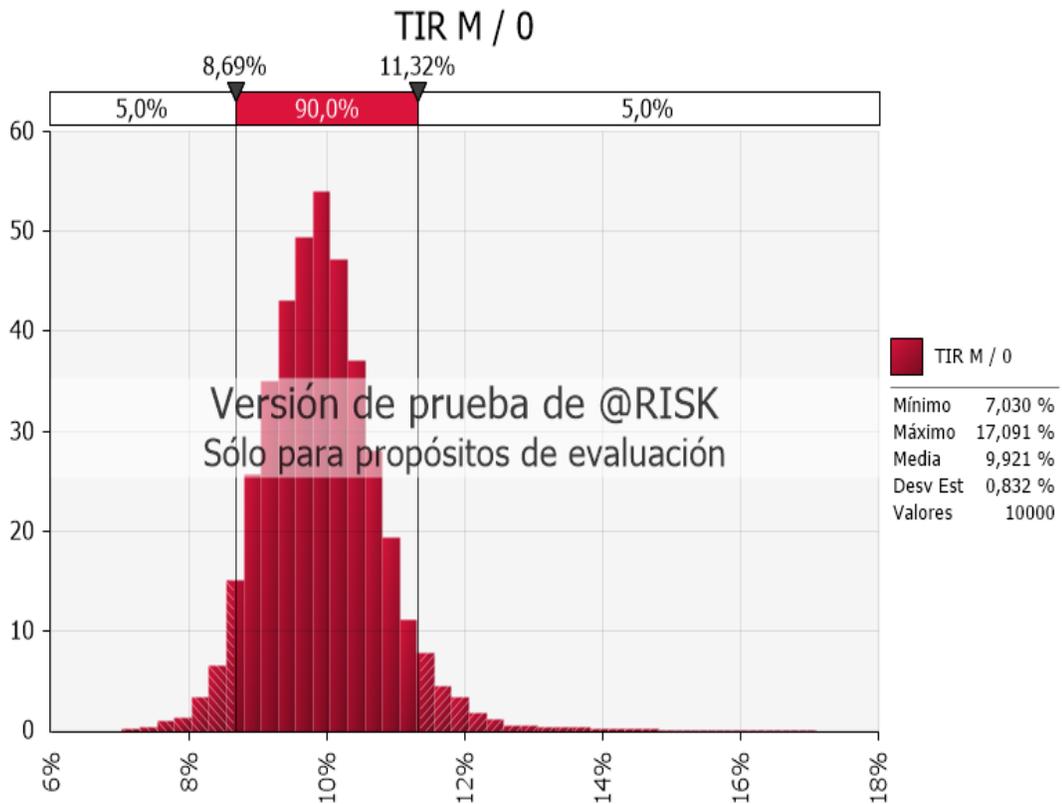
Fuente: elaboración propia.

En la gráfica anterior, observamos que la simulación obtuvo un valor mínimo posible del VPN de -\$ 231.719.155.456 y el valor máximo \$ 18.997.428.815, con un valor esperado de -\$ 166.540.662.878. El valor presente neto del flujo de caja del inversionista no tiene probabilidades de cumplir con lo requerido, por lo anterior, el proyecto bajo este criterio no es viable.

### **Tasa interna de Retorno Modificada (TIRM)**

La TIRM mide la rentabilidad del proyecto “Cuando el flujo de caja es convencional, el cálculo de la TIR permite conocer la verdadera rentabilidad del proyecto”(Gómez Salazar; Elkin A. & Díez Benjumea, 2015, p. 86), pero cuando son flujos de cajas no convencionales como los del proyecto en estudio, se debe de obtener la TIRM. Es importante mencionar que cuando la TIRM es mayor que 0, el proyecto está generando rentabilidad, sin embargo, no significa que vaya a satisfacer las necesidades del inversionista, para ello la TIRM debe de ser mayor que la TIO. A continuación, se muestra la gráfica de la TIRM:

**Figura 38. Gráfica TIRM.**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica anterior observamos que la simulación obtuvo un valor mínimo de la TIRM de 7,03 % y el valor máximo de 17,09 %, con un valor esperado de 9,92 %. La probabilidad de que el proyecto genere rentabilidades es del 100 %. En este punto es importante mencionar que, si bien el proyecto tiene altas probabilidades de generar rentabilidades, este no está satisfaciendo las rentabilidades deseadas por el inversionista. Esto se evidencia porque la TIRM es menor que la TIO. Al igual que en el criterio anterior, el proyecto no es viable bajo este criterio.

### **Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado (PRID)**

Para el cálculo del PRID “Se trae a valor presente cada uno de los flujos periodo a periodo y cuando la sumatoria iguale la inversión inicial, éste resulta ser el PRI descontado”(Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015c, p. 104). El PRID es una forma de ver en qué periodo se recupera la inversión, para la aceptación del proyecto bajo este criterio el PRID debe de ser menor que el último periodo del proyecto.

Basándose en la simulación, en los 25 años del proyecto, no es suficiente para recuperar la inversión. No se cumple con el criterio del PRID, ya que no se recupera la inversión.

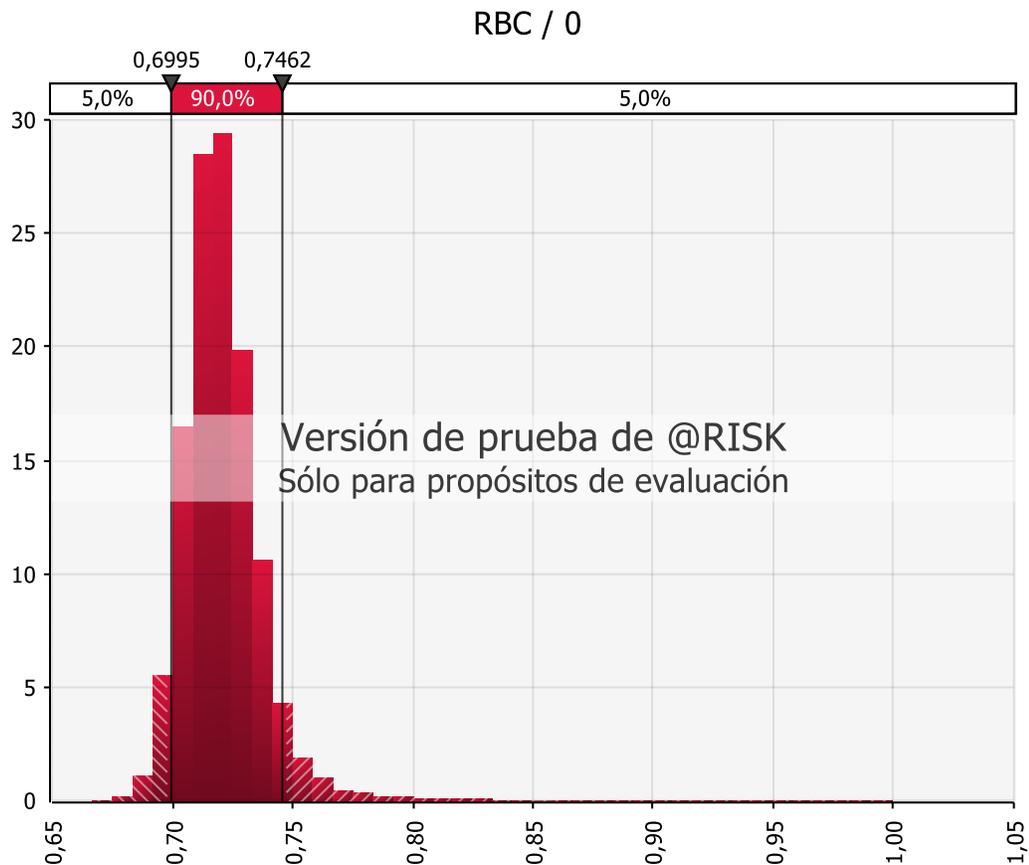
### Relación Beneficio Costo (RBC)

La Relación Beneficio-Costo resulta de traer a valor presente los ingresos y los egresos, descontando la TIO y dividirlos entre sí. Se expresa en la siguiente formula:

$$\frac{VP \text{ Ingresos}}{VP \text{ egresos}}$$

Para la aceptación de este criterio se debe de tener en cuenta lo siguiente “Si  $RBC > 1$  quiere decir que, en valor presente, los ingresos son mayores que los egresos, en consecuencia, el proyecto resulta atractivo para el inversionista”(Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015d, p. 99). A continuación, se presenta la RBC en la Figura 39:

**Figura 39.** Gráfica RBC.



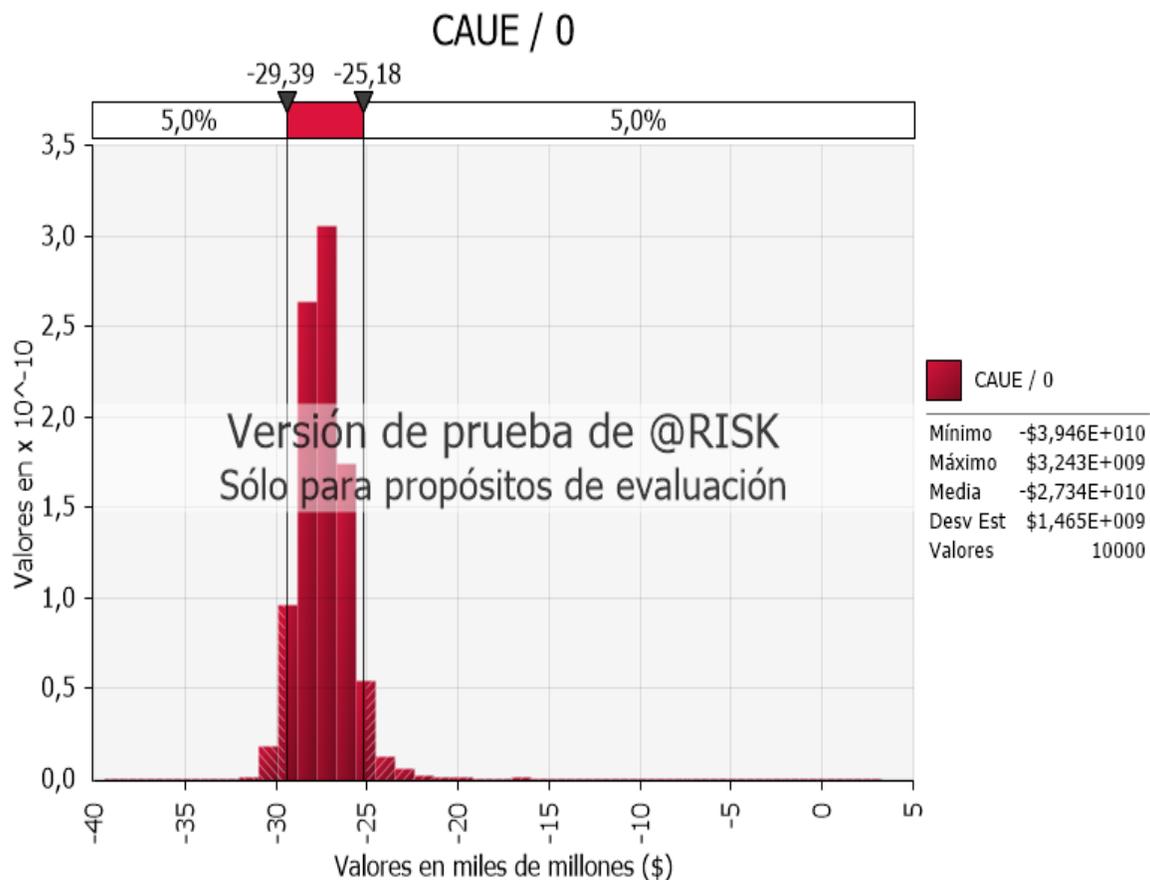
Fuente: elaboración propia.

En la gráfica anterior, observamos que la simulación obtuvo un valor mínimo posible del RBC de 0,66 y el valor máximo es 1,02, con un valor esperado de 0,72. La probabilidad de que el RBC cumpla el criterio de evaluación financiera es 0%. Siendo consecuente con el resultado de los indicadores anteriores, se espera que, por cada peso gastado en el proyecto, sólo se estén generando 0,72 pesos. Es decir que el proyecto no está generando beneficios al comparar los ingresos con los egresos en valor presente. La relación beneficio costos refleja probabilidades nulas de que los ingresos cubran los egresos del proyecto.

### Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)

El CAUE “Consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos”(Gómez Salazar & Díez Benjumea, 2015e) p.96. Si es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y el criterio es favorable para el proyecto. A continuación, se muestra la gráfica del CAUE:

**Figura 40.** Gráfica CAUE.



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica anterior observamos que la simulación obtuvo un valor mínimo posible de CAUE de -\$ 39.457.005.732 y el valor máximo es \$ 3.243.031.755, con un valor esperado de -\$ 27.335.212.224. La probabilidad de que el RBC cumpla el criterio de evaluación financiera es 0 %. El CAUE refleja probabilidades nulas de que los ingresos sean mayores que los egresos descontados en los 25 periodos del horizonte del proyecto.

## IRVA

**Tabla 16. IRVA**

| Periodo | Inversión por recuperar al inicio | Costo del capital invertido | Amortización de la inversión y valor agregado | FCN               | Inversión por recuperar al final del periodo | Tasa de descuento | VPN acum En t      |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------|---|-------------------|--|-------------------|--------------------|
| 0       |                                   |                             |   |                   | 225.448.125.798                              |                   | -\$225.448.125.798 |
| 1       | -\$ 225.448.125.798               | -\$ 37.448.973.042          | -\$ 32.474.666.368                            | \$ 4.974.306.674  | -\$ 257.922.792.166                          | 16,61%            | -\$221.182.395.511 |
| 2       | -\$ 257.922.792.166               | -\$ 42.843.308.883          | -\$ 36.926.544.916                            | \$ 5.916.763.967  | -\$ 294.849.337.082                          | 16,61%            | -\$216.831.226.868 |
| 3       | -\$ 294.849.337.082               | -\$ 48.977.142.022          | -\$ 42.079.120.935                            | \$ 6.898.021.087  | -\$ 336.928.458.017                          | 16,61%            | -\$212.481.048.897 |
| 4       | -\$ 336.928.458.017               | -\$ 55.966.864.646          | -\$ 48.047.189.270                            | \$ 7.919.675.377  | -\$ 384.975.647.286                          | 16,61%            | -\$208.198.022.773 |
| 5       | -\$ 384.975.647.286               | -\$ 63.947.937.407          | -\$ 54.964.547.469                            | \$ 8.983.389.938  | -\$ 439.940.194.755                          | 16,61%            | -\$204.031.781.375 |
| 6       | -\$ 439.940.194.755               | -\$ 73.078.045.937          | -\$ 63.988.807.247                            | \$ 9.089.238.690  | -\$ 503.929.002.002                          | 16,61%            | -\$200.416.912.713 |
| 7       | -\$ 503.929.002.002               | -\$ 83.707.165.647          | -\$ 73.940.654.491                            | \$ 9.766.511.156  | -\$ 577.869.656.494                          | 16,61%            | -\$197.085.984.289 |
| 8       | -\$ 577.869.656.494               | -\$ 95.989.377.207          | -\$ 85.519.902.204                            | \$ 10.469.475.003 | -\$ 663.389.558.698                          | 16,61%            | -\$194.023.939.139 |
| 9       | -\$ 663.389.558.698               | -\$ 110.195.006.554         | -\$ 98.995.953.783                            | \$ 11.199.052.771 | -\$ 762.385.512.481                          | 16,61%            | -\$191.215.087.424 |
| 10      | -\$ 762.385.512.481               | -\$ 126.639.129.970         | -\$ 114.682.933.324                           | \$ 11.956.196.646 | -\$ 877.068.445.805                          | 16,61%            | -\$188.643.499.328 |
| 11      | -\$ 877.068.445.805               | -\$ 145.689.002.588         | -\$ 132.947.113.426                           | \$ 12.741.889.162 | -\$ 1.010.015.559.230                        | 16,61%            | -\$186.293.309.101 |
| 12      | -\$ 1.010.015.559.230             | -\$ 167.772.720.734         | -\$ 154.215.576.823                           | \$ 13.557.143.911 | -\$ 1.164.231.136.053                        | 16,61%            | -\$184.148.946.448 |
| 13      | -\$ 1.164.231.136.053             | -\$ 193.389.323.039         | -\$ 178.986.316.803                           | \$ 14.403.006.237 | -\$ 1.343.217.452.855                        | 16,61%            | -\$182.195.308.812 |
| 14      | -\$ 1.343.217.452.855             | -\$ 223.120.569.325         | -\$ 207.840.015.397                           | \$ 15.280.553.929 | -\$ 1.551.057.468.252                        | 16,61%            | -\$180.417.885.802 |
| 15      | -\$ 1.551.057.468.252             | -\$ 257.644.675.951         | -\$ 241.453.778.047                           | \$ 16.190.897.904 | -\$ 1.792.511.246.300                        | 16,61%            | -\$178.802.845.107 |
| 16      | -\$ 1.792.511.246.300             | -\$ 297.752.332.615         | -\$ 280.617.149.735                           | \$ 17.135.182.880 | -\$ 2.073.128.396.034                        | 16,61%            | -\$177.337.087.639 |
| 17      | -\$ 2.073.128.396.034             | -\$ 344.365.379.578         | -\$ 326.250.791.551                           | \$ 18.114.588.026 | -\$ 2.399.379.187.586                        | 16,61%            | -\$176.008.278.309 |
| 18      | -\$ 2.399.379.187.586             | -\$ 398.558.587.237         | -\$ 379.428.259.632                           | \$ 19.130.327.605 | -\$ 2.778.807.447.218                        | 16,61%            | -\$174.804.857.684 |
| 19      | -\$ 2.778.807.447.218             | -\$ 461.585.053.374         | -\$ 441.401.401.793                           | \$ 20.183.651.581 | -\$ 3.220.208.849.011                        | 16,61%            | -\$173.716.038.863 |
| 20      | -\$ 3.220.208.849.011             | -\$ 534.905.819.017         | -\$ 513.629.972.802                           | \$ 21.275.846.216 | -\$ 3.733.838.821.812                        | 16,61%            | -\$172.731.793.093 |
| 21      | -\$ 3.733.838.821.812             | -\$ 620.224.403.667         | -\$ 597.816.169.043                           | \$ 22.408.234.624 | -\$ 4.331.654.990.855                        | 16,61%            | -\$171.842.827.006 |
| 22      | -\$ 4.331.654.990.855             | -\$ 719.527.077.039         | -\$ 695.944.899.744                           | \$ 23.582.177.295 | -\$ 5.027.599.890.599                        | 16,61%            | -\$171.040.553.804 |
| 23      | -\$ 5.027.599.890.599             | -\$ 835.129.820.229         | -\$ 810.330.747.644                           | \$ 24.799.072.585 | -\$ 5.837.930.638.243                        | 16,61%            | -\$170.317.060.258 |
| 24      | -\$ 5.837.930.638.243             | -\$ 969.733.087.460         | -\$ 943.672.730.314                           | \$ 26.060.357.146 | -\$ 6.781.603.368.557                        | 16,61%            | -\$169.665.071.030 |
| 25      | -\$ 6.781.603.368.557             | -\$ 1.126.485.664.190       | -\$ 1.099.118.157.868                         | \$ 27.367.506.322 | -\$ 7.880.721.526.425                        | 16,61%            | -\$169.077.911.491 |

Fuente: elaboración propia.

Es una medida de creación de valor cuando en el flujo acumulado en el tiempo tiende a ser positivo, pero es una medida de destrucción de valor cuando el flujo acumulado tiende a ser negativo. En el proyecto analizado está destruyendo valor, partiendo de que el VPN acumulado es negativo, es decir, que no se recupera la inversión. Es importante mencionar que la inversión por recuperar al final del periodo, año a año va aumentando considerablemente (negativamente). Lo anterior significa que el proyecto no está generando valor y no cumple con el criterio de evaluación financiera.

## Análisis de sensibilidad

Tabla 17. Análisis de sensibilidad

| Análisis de sensibilidad |                     |       |     |       |     |                 |
|--------------------------|---------------------|-------|-----|-------|-----|-----------------|
| Precio                   | VPN                 | TIR M | RBC | CAUE  |     |                 |
|                          | -\$ 169.077.911.491 |       | 10% | 0,714 | -\$ | 28.701.142.740  |
| \$ 250                   | -\$ 168.783.190.242 |       | 10% | 0,715 | -\$ | 28.651.113.516  |
| \$ 300                   | -\$ 136.036.384.799 |       | 12% | 0,773 | -\$ | 23.092.310.897  |
| \$ 350                   | -\$ 103.289.579.355 |       | 14% | 0,830 | -\$ | 17.533.508.277  |
| \$ 400                   | -\$ 70.542.773.911  |       | 15% | 0,885 | -\$ | 11.974.705.658  |
| \$ 450                   | -\$ 37.795.968.468  |       | 16% | 0,939 | -\$ | 6.415.903.038   |
| \$ 500                   | -\$ 5.049.163.024   |       | 17% | 0,992 | -\$ | 857.100.418     |
| \$ 550                   | \$ 27.697.642.420   |       | 17% | 1,044 | \$  | 4.701.702.201   |
| \$ 600                   | \$ 60.444.447.864   |       | 18% | 1,094 | \$  | 10.260.504.821  |
| \$ 650                   | \$ 93.191.253.307   |       | 18% | 1,144 | \$  | 15.819.307.441  |
| \$ 700                   | \$ 125.938.058.751  |       | 19% | 1,193 | \$  | 21.378.110.060  |
| \$ 750                   | \$ 158.684.864.195  |       | 19% | 1,240 | \$  | 26.936.912.680  |
| \$ 800                   | \$ 191.431.669.638  |       | 20% | 1,287 | \$  | 32.495.715.299  |
| \$ 850                   | \$ 224.178.475.082  |       | 20% | 1,332 | \$  | 38.054.517.919  |
| \$ 900                   | \$ 256.925.280.526  |       | 20% | 1,377 | \$  | 43.613.320.539  |
| \$ 950                   | \$ 289.672.085.969  |       | 21% | 1,421 | \$  | 49.172.123.158  |
| \$ 1.000                 | \$ 322.418.891.413  |       | 21% | 1,464 | \$  | 54.730.925.778  |
| \$ 1.050                 | \$ 355.165.696.857  |       | 21% | 1,506 | \$  | 60.289.728.397  |
| \$ 1.100                 | \$ 387.912.502.301  |       | 21% | 1,547 | \$  | 65.848.531.017  |
| \$ 1.150                 | \$ 420.659.307.744  |       | 22% | 1,588 | \$  | 71.407.333.637  |
| \$ 1.200                 | \$ 453.406.113.188  |       | 22% | 1,628 | \$  | 76.966.136.256  |
| \$ 1.250                 | \$ 486.152.918.632  |       | 22% | 1,667 | \$  | 82.524.938.876  |
| \$ 1.300                 | \$ 518.899.724.075  |       | 22% | 1,705 | \$  | 88.083.741.495  |
| \$ 1.350                 | \$ 551.646.529.519  |       | 23% | 1,743 | \$  | 93.642.544.115  |
| \$ 1.400                 | \$ 584.393.334.963  |       | 23% | 1,780 | \$  | 99.201.346.735  |
| \$ 1.450                 | \$ 617.140.140.407  |       | 23% | 1,816 | \$  | 104.760.149.354 |
| \$ 1.500                 | \$ 649.886.945.850  |       | 23% | 1,851 | \$  | 110.318.951.974 |

Fuente: elaboración propia.

El análisis de sensibilidad muestra el comportamiento de los criterios del flujo de caja con respecto al cambio de los precios, en este caso corrobora lo que se expresaba anteriormente. El proyecto no es viable siempre y cuando el precio sea inferior que 550 \$/kWh.

En conclusión, el proyecto no es viable porque el valor esperado de todos los criterios de evaluación financiera es negativo. Sin embargo, es importante recalcar que la alta devaluación del peso colombiano está causando impactos significativos en la viabilidad del proyecto. Por lo tanto, para que el proyecto sea viable se requiere elevar el precio de la energía a 550\$/kWh para cumplir con las expectativas de los inversionistas.

### 4.7. Análisis de riesgo

El análisis de riesgos consiste en identificar los diferentes tipos de riesgos del proyecto, su probabilidad de ocurrencia y, en caso de que ocurra, el impacto. Para este caso de estudio se va a usar una metodología semicuantitativa construida mediante el juicio de expertos. A partir de

la identificación de los riesgos que más podrían perjudicar el proyecto, se va a realizar una estrategia de control de riesgos como plan de contingencia.

Algunas definiciones necesarias para la matriz de riesgos y el mapa de calor son:

- **Probabilidad de ocurrencia (P):** posibilidad de que un evento se presente.
- **Impacto (I):** conjunto de consecuencias por la materialización de un riesgo.
- **Calificación del riesgo (C):** resultado de la medición conjunta de la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los riesgos a evaluar. Para este estudio se va a usar la fórmula  $C = (P+I) / 2$ .

Se establecen los parámetros de medida de 1 a 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto. En la probabilidad se asignan los niveles de riesgos en rangos de porcentajes y en el impacto se dan rangos en pesos colombianos, por lo que se mide según se estima monetariamente la materialización del riesgo.

Una vez se otorgue la calificación de probabilidad y del impacto a cada riesgo, se calcula el riesgo con la siguiente fórmula:  $(P+I) / 2$ . Con estos resultados se van a definir los riesgos más significativos en la matriz de calor para, posteriormente, hacer la estrategia de control del riesgo o plan de contingencia.

**Tabla 18.** Calificación de la Probabilidad

| PROBABILIDAD        |            |          |
|---------------------|------------|----------|
| <b>CASI CERTEZA</b> | 81% - 100% | <b>5</b> |
| <b>MUY PROBABLE</b> | 61% - 80%  | <b>4</b> |
| <b>POSIBLE</b>      | 41% - 60%  | <b>3</b> |
| <b>IMPROBABLE</b>   | 21% - 40%  | <b>2</b> |
| <b>RARA</b>         | 0% - 20%   | <b>1</b> |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 19. Calificación del Impacto**

**IMPACTO**

|                       |                                       |          |
|-----------------------|---------------------------------------|----------|
| <b>CATASTRÓFICO</b>   | Mas de \$200.000.000.001              | <b>5</b> |
| <b>MAYOR</b>          | \$ 80.000.000.001 - \$200.000.000.000 | <b>4</b> |
| <b>MODERADO</b>       | \$30.000.000.001 - \$80.000.000.000   | <b>3</b> |
| <b>MENOR</b>          | \$500.000.001 - \$30.000.000.000      | <b>2</b> |
| <b>INSIGNIFICANTE</b> | \$0 - \$500.000.000                   | <b>1</b> |

Fuente: elaboración propia.

El análisis consta de 10 tipos de riesgo y 25 riesgos identificados por medio de un juicio de expertos en la construcción y operación de sistemas de energía solar fotovoltaica.

Considerando que el estudio financiero arrojó que el proyecto es inviable, no es necesario hacer una cuantificación monetaria de cada riesgo para ponerlo en los flujos de caja. Por esta razón se implementa en la matriz de riesgos un método semicuantitativo, considerando puntajes y cifras que vienen de un grupo de expertos. A continuación, se muestra la matriz de riesgos y el mapa de calor del proyecto:

Tabla 20. Matriz de Riesgos

| ÍTEM | IDENTIFICADOR | TIPO DE RIESGO          | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO   | CAUSA   | CONSECUENCIAS   | P            | I              | C |
|------|---------------|-------------------------|--|---|---|--------------|----------------|---|
| 1    | R1            | Climático               | Huracán o tornado  | Cambios drásticos en el clima   | Daños en el sistema   | RARA         | MODERADO       | 2 |
|      | R2            |                         | Fuertes lluvias que dañan el panel fotovoltaico  | Fuertes lluvias   | Sobrecostos por reemplazo de equipos  | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R3            |                         | Fuertes lluvias que afectan la generación de energía   |   | La baja radiación solar disminuye la producción de energía  | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R4            |                         | Fuertes olas de calor que causan daños en el sistema   | Olas de calor   | Daño físico y funcional del sistema.  | IMPROBABLE   | MODERADO       | 3 |
| 2    | R5            | Construcción            | Mala gestión del transporte de los equipos   | Equipos mal empacados   | Daño de los equipos   | IMPROBABLE   | MENOR          | 2 |
|      | R6            |                         | Descuido con los equipos por parte del equipo técnico en la instalación  | Mala manipulación de los equipos  | Daño de los equipos   | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R7            |                         | Preparación inadecuada del terreno   | No limpiaron el terreno   | Correcciones en el acondicionamiento del terreno  | RARA         | INSIGNIFICANTE | 1 |
|      | R8            |                         | Hurto de los equipos   | Almacenamiento inadecuado de los equipos  | Retraso en el cronograma de obra  | IMPROBABLE   | MENOR          | 2 |
|      | R9            |                         | Fallas en la puesta en marcha del sistema  | No conectaron de forma correcta los componentes   | El sistema no funciona  | RARA         | INSIGNIFICANTE | 1 |
| 3    | R10           | De mercado              | Aumento de competencia del mercado de energías renovables en la región   | Volatilidad de un mercado en crecimiento  | Disminución en el precio por Kw hora  | IMPROBABLE   | MODERADO       | 4 |
|      | R11           |                         | Volatilidad en la oferta y demanda   |   | Disminución en el consumo de energía  | RARA         | INSIGNIFICANTE | 1 |
|      | R12           |                         | Aumento del precio de la energía   | Desastre natural  | Disminución en el consumo de energía  | RARA         | INSIGNIFICANTE | 1 |
| 4    | R13           | De calidad              | Equipos que no cumplen la normativa  | Mala gestión de compra por parte de los técnicos  | Pérdidas económicas   | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R14           |                         | Equipos que no producen la energía que se espera   | incumplimiento de contrato: Disminución en el ingreso porque no se produce la energía suficiente. Multas. |   | RARA         | MODERADO       | 2 |
|      | R15           |                         | Daños en los equipos por engaño de las características del producto por parte del proveedor  | Falta de control de calidad de terceros   | Retraso en el cronograma de obra  | RARA         | MENOR          | 2 |
| 5    | R16           | Legal y tributario      | No pasar auditorias de control   | Falencias en conocimiento normativo y cumplimiento de calidad interno                                     | Cierre de la empresa, altas multas y quiebra  | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R17           |                         | Nuevas normativas  | Deficiencias en asesoramiento legal   | Sobrecostos en el proyecto  | RARA         | MENOR          | 2 |
|      | R18           |                         | Reformas tributarias   | Reformas políticas  | Aumento de impuestos, quitan los beneficios de los sistemas de energías renovables. Afectación del flujo de caja del proyecto y el retorno del inversionista. | MUY PROBABLE | MAYOR          | 4 |
| 6    | R19           | Riesgo macroeconómico   | El decrecimiento económico   | Mal manejo político de las condiciones socioeconómicas del país   | Incumplimiento de las obligaciones financieras y quiebra del proyecto   | MUY PROBABLE | CATASTRÓFICO   | 5 |
|      | R20           |                         | Deficit fiscal   | Aumento de impuestos, pérdida de beneficios tributarios de las energías renovables                        |   | MUY PROBABLE | CATASTRÓFICO   | 5 |
| 7    | R21           | AMIT                    | Terremoto, temblor, maremoto y erupción volcánica, asonada, motín, conmoción civil o popular, huelga y actos mal intencionados de terceros y terrorismo, inundación, huracán, tempestad, vientos, desbordamiento y alzada del nivel. | Factores climáticos o actos de terceros   | Perdida total o parcial de los bienes   | RARA         | CATASTRÓFICO   | 3 |
| 8    | R22           | Fraude y corrupción     | Solicitud de sobornos para la realización de algún trámite   | Personas sin ética dentro de los procesos legales   | Retrazos y sobrecostos en los procesos legales  | POSIBLE      | MENOR          | 3 |
|      | R23           |                         | Inconsistencias en los procesos legales  |   |   | POSIBLE      | MENOR          | 3 |
| 9    | R24           | De incendio             | Incendio de la granja solar por combustión   | Errores en la conexión del sistema  | Perdida de la maquinaria y equipo   | RARA         | MODERADO       | 2 |
| 10   | R25           | De accidentes laborales | Potenciales riesgos no contemplados por el área de salud y seguridad en el trabajo   | Sobreconfianza de situaciones cotidianas potencialmente dañadas   | Baja de personal, lesiones, incapacidades y pensiones   | RARA         | MODERADO       | 2 |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 21. Mapa de calor**

| MAPA DE CALOR |              |                |       |          |       |              |
|---------------|--------------|----------------|-------|----------|-------|--------------|
| PROBABILIDAD  | CASI CERTEZA | 0              | 0     | 0        | 0     | 0            |
|               | MUY PROBABLE | 0              | 0     | 0        | 1     | 2            |
|               | POSIBLE      | 0              | 2     | 0        | 0     | 0            |
|               | IMPROBABLE   | 0              | 2     | 2        | 0     | 0            |
|               | RARA         | 4              | 7     | 4        | 0     | 1            |
|               |              | INSIGNIFICANTE | MENOR | MODERADO | MAYOR | CATASTRÓFICO |
| IMPACTO       |              |                |       |          |       |              |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 22. Resultados**

| RESULTADOS |    |
|------------|----|
| BAJO       | 0  |
| MEDIO-BAJO | 13 |
| MEDIO      | 8  |
| MEDIO-ALTO | 1  |
| ALTO       | 3  |

Fuente: elaboración propia.

Los resultados se traducen en que solo hay tres riesgos suficientemente peligrosos como para quebrar el proyecto si se materializan y uno de impacto medio-alto que se van a considerar para el análisis de control de los riesgos, porque de igual forma significan grandes pérdidas para el proyecto y lo pondrían en un estado crítico.

En general, este tipo de sistemas no tienen aún un seguro que abarque toda la planta solar, simplemente se ha llegado a negociar con aseguradoras que cubran los paneles y los inversores. Cualquier otro daño al sistema debe mitigarse con los planes de operación y mantenimiento mencionados anteriormente en el estudio técnico, además de que se tiene un 3 % de imprevistos presupuestado en la construcción del sistema. Y en la operación también se considera un rubro llamado “Varios” que está destinado para prevenir y cubrir daños en el sistema.

Se procede a realizar la estrategia de control de riesgos en los 4 riesgos más significativos:

**Tabla 23. Análisis de Control de Riesgos**

|     | TIPO DE RIESGO               | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO   | CAUSA  | CONSECUENCIAS   |
|-----|------------------------------|--|--|---|
| R19 | <b>Riesgo macroeconómico</b> | El decrecimiento económico   | Mal manejo político de las condiciones socioeconómicas del país                    | Incumplimiento de las obligaciones financieras y quiebra del proyecto   |
| R20 |                              | Deficit fiscal   | Aumento de impuestos, pérdida de beneficios tributarios de las energías renovables |   |
| R18 | <b>Legal y tributario</b>    | Reformas tributarias   | Reformas políticas   | Aumento de impuestos, quitan los beneficios de los sistemas de energías renovables. Afectación del flujo de caja del proyecto y el retorno del inversionista. |
| R21 | <b>AMIT</b>                  | Terremoto, temblor, maremoto y erupción volcánica, asonada, motín, conmoción civil o popular, huelga y actos mal intencionados de terceros y terrorismo, inundación, huracán, tempestad, vientos, desbordamiento y alzada del nivel. | Factores climáticos o actos de terceros  | Perdida total o parcial de los bienes   |

Fuente: elaboración propia.

**Riesgo Macroeconómico:** las condiciones macroeconómicas de Colombia actualmente se encuentran muy afectadas tanto por causas internacionales como nacionales. A nivel global, las afectaciones económicas en la inflación es el resultado de la pandemia del COVID-19 y la guerra entre Rusia y Ucrania. Estos hechos han complicado la cadena de suministro y el comercio internacional, aumentando los precios del gas y del petróleo, afectando la importación de los insumos, tanto a nivel económico como operacional. Los tiempos de llegada de los contenedores y el costo del transporte se han incrementado por lo que una afectación mayor, como una guerra nuclear, podría hacer que se cancelará el proyecto definitivamente.

Así mismo, los conflictos internacionales afectaron la devaluación del peso colombiano contra el dólar, sin embargo, durante el 2022 el dólar ha subido \$655, tras abrir el año en \$3.981,16. En agosto del 2022 se posesiona como presidente Gustavo Petro, que entre septiembre y octubre hizo dos anuncios que han hecho que el dólar tenga dos máximos históricos en menos de un mes: una es que va a gravar los capitales golondrina y el otro es que va a suspender las exploraciones de petróleo. Estos dos anuncios han hecho que el peso colombiano se mantenga por encima de los \$4.600, tocando un máximo histórico el 14 de octubre de \$4.707, con perspectiva de cerrar el año en \$5.000. La tasa de cambio en este proyecto es vital, ya que todos los componentes de la planta solar suben en la misma proporción del dólar vs. peso porque estos equipos se importan (Portafolio, 2022).

A nivel nacional, se vive un cambio de Gobierno que planea cambiar los beneficios de la Ley 1715 del 2014 en cuanto a los beneficios de los sistemas de energía renovable. Si a estos equipos se les vuelve a cargar el IVA y los aranceles de importación los proyectos de energías no renovables de paneles solares fotovoltaicos se volverían inviables y se dejarían de construir. Con lo que Colombia incumpliría con sus compromisos internacionales y puede incurrir en sanciones por parte de la ONU.

La solución que se plantea es comprar la totalidad de los equipos anticipadamente con contratos que tengan una cláusula de cumplimiento con penalización, de tal forma que, si se incumple la entrega de los equipos por causas como volver a cargar el IVA a los equipos, una guerra nuclear, un incremento acelerado del combustible o el dólar, no afecte el flujo de caja con pérdidas tan pronunciadas y se pueda aplazar el cronograma del proyecto sin tener que cerrarlo.

**Riesgo legal y tributario:** con el actual Gobierno se plantea una reforma tributaria muy agresiva debido al déficit fiscal que enfrenta el país. La reforma tributaria propuesta cuesta 23 billones de pesos y está en aprobación del Congreso. En este punto, si derogan los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014 con respecto al descuento del impuesto de renta los primeros 5 años hasta por el total del valor del proyecto, volvería los proyectos de energías renovables inviables. Por esta razón, es importante asegurar la compra del sistema con anticipación y acogerse a la Ley 1715 con la formulación del proyecto y la constitución de la sociedad con celeridad, así el Gobierno no podrá cambiar las condiciones de los proyectos ya en estado de construcción y generación.

**AMIT:** estos riesgos son factores completamente alternos a la construcción y operación de la planta solar. En caso de un desastre natural, robo o sabotaje, se debe implementar una

estrategia de negociación con la aseguradora, aunque actualmente solo cubre daños a paneles solares y a inversores, es una mitigación del riesgo en cuanto a una pérdida más grande que pueda hacer que cierren el proyecto.

Es importante, a nivel administrativo, saber los niveles de responsabilidad de los análisis de los riesgos al interior de la empresa una vez oficialmente empieza el proyecto, así que se realiza la designación de la gestión del riesgo de la siguiente manera:

**Tabla 24. Designación de la Gestión del Riesgo**

| DESIGNACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ORGANIZACIÓN  |            |             |
|--|------------|-------------|
| ACTIVIDAD  | FRECUENCIA | RESPONSABLE |
| Determinar la forma de planificar la gestión de riesgos.                                       | Anual      | Directivos  |
| Determinar roles y responsabilidades.  | Anual      | Gerencia    |
| Desarrollar el plan de la gestión de riesgos y la línea base para la medición del rendimiento. | Anual      | Directivos  |
| Definir el detalle de la ejecución y control de los planes de gestión de riesgo.               | Anual      | Directivos  |
| Realizar análisis cualitativo y cualitativo de riesgos.  | Anual      | Directivos  |
| Realizar plan de monitoreo   | Anual      | Directivos  |
| Realizar el plan de respuesta  | Anual      | Directivos  |

Fuente: elaboración propia.

Con planeación trimestral de revisión de los riesgos establecidos anteriormente así:

**Tabla 25. Planeación Trimestral**

| TRIMESTRE                      | AÑO 0 |    |    | AÑO 1 |    |    | AÑO 2 |    |    | AÑO 3 |     |     | AÑO 4 |     |     | AÑO 5 |     |     | AÑO 6 |     |     | AÑO 7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
|--------------------------------|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
|                                | T1    | T2 | T3 | T4    | T5 | T6 | T7    | T8 | T9 | T10   | T11 | T12 | T13   | T14 | T15 | T16   | T17 | T18 | T19   | T20 | T21 | T22   | T23 | T24 | T25 | T26 | T27 | T28 | T29 | T30 | T31 | T32 |   |   |
| Riesgo climático               | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X |   |
| Riesgo técnico- Construcción   | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X |   |
| Riesgo de mercado              | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X |   |
| Riesgo de calidad              | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |
| Riesgo legal y tributario      | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |
| Riesgo macroeconómico          | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |
| Riesgo AMIT                    | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X | X |
| Riesgo de fraude y corrupción  | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |
| Riesgo de incendio             | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X | X |
| Riesgo de accidentes laborales | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X  | X  | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X | X |
| Riesgo político                | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |
| Riesgo de inflación            | X     |    | X  |       | X  |    | X     |    | X  |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X     |     | X   |       | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X   |     | X |   |

| AÑO 8 |     |     |     | AÑO 9 |     |     |     | AÑO 10 |     |     |     | AÑO 11 |     |     |     | AÑO 12 |     |     |     | AÑO 13 |     |     |     | AÑO 14 |     |     |     | AÑO 15 |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
| T33   | T34 | T35 | T36 | T37   | T38 | T39 | T40 | T41    | T42 | T43 | T44 | T45    | T46 | T47 | T48 | T49    | T50 | T51 | T52 | T53    | T54 | T55 | T56 | T57    | T58 | T59 | T60 | T61    | T62 | T63 | T64 |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
|       |     | X   |     |       | X   |     |     |        |     |     |     |        | X   |     |     |        |     |     |     |        | X   |     |     |        | X   |     |     |        | X   |     |     |
|       |     | X   |     |       | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     |        | X   |     |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
| X     | X   | X   | X   | X     | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   |     |
|       |     | X   |     |       | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     |        | X   |     |     |
|       |     | X   |     |       | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     |        | X   |     |     |

| AÑO 16 |     |     |     | AÑO 17 |     |     |     | AÑO 18 |     |     |     | AÑO 19 |     |     |     | AÑO 20 |     |     |     | AÑO 21 |     |     |     | AÑO 22 |     |     |     | AÑO 23 |     |     |     | AÑO 24 |     |     |      | AÑO 25 |      |      |      |
|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|------|--------|------|------|------|
| T65    | T66 | T67 | T68 | T69    | T70 | T71 | T72 | T73    | T74 | T75 | T76 | T77    | T78 | T79 | T80 | T81    | T82 | T83 | T84 | T85    | T86 | T87 | T88 | T89    | T90 | T91 | T92 | T93    | T94 | T95 | T96 | T97    | T98 | T99 | T100 | T101   | T102 | T103 | T104 |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    |      |      |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    | X    |      |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    | X    |      |
|        |     | X   |     |        | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     | X      |     |     | X   |        |     | X   |      |        | X    |      |      |
|        |     | X   |     |        | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     | X      |     |     | X   |        |     | X   |      |        | X    |      |      |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    | X    |      |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    | X    |      |
| X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X   | X      | X   | X   | X    | X      | X    | X    |      |
|        |     | X   |     |        | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     | X      |     |     | X   |        |     | X   |      |        | X    |      |      |
|        |     | X   |     |        | X   |     |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        |     | X   |     |        | X   |     |     | X      |     |     | X   |        |     | X   |      |        | X    |      |      |

Fuente: elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los objetivos planteados al inicio de este proyecto, a continuación, se describen las conclusiones y recomendaciones más relevantes obtenidas en la investigación:

El proyecto con las condiciones evaluadas es inviable.

El proyecto sería viable con una Tasa de Retorno del Inversor del 12 % si el precio de la energía fuera igual o mayor de \$550/kWh.

El Flujo de Caja con las condiciones más favorables sería con una depreciación lineal durante los 25 años y con un contrato de venta de energía a largo plazo.

El Flujo de Caja menos favorable es el Flujo de Caja con ingresos ajustados a una distribución del histórico del precio de la energía y depreciación 5 años.

Los sistemas fotovoltaicos tienen una conexión directa con la devaluación del peso colombiano, principalmente al dólar americano, ya que los equipos son importados. Con la pérdida de alrededor de 20 % del peso colombiano vs. dólar americano, ese valor se transmite directamente al costo de los equipos impactando considerablemente los flujos de caja y, por ende, la utilidad para el inversionista.

Aunque la tecnología de los equipos para generar energía solar fotovoltaica ha evolucionado junto con la disminución de los costos de estos equipos, sigue siendo una tecnología costosa y, en Colombia, considerar producir este tipo de energía no es viable. Se requieren mayores esfuerzos del Gobierno nacional en cuanto a beneficios tributarios y administrativos, incluso subsidios. Esto considerando la situación macroeconómica actual en la que se vive una inflación de más del 11 % y una TRM por encima de los \$4.600 por dólar estadounidense.

El presupuesto que se le asigna a la seguridad para una planta solar de 100 hectáreas es muy elevado e impacta negativamente los flujos de caja. Esto es una situación interna que no se ha podido controlar por parte del Gobierno y si se solucionara podría ser un negocio más atractivo tanto para empresas nacionales como para empresas internacionales.

Los riesgos más sobresalientes de la matriz tienen que ver con la incertidumbre política. La incertidumbre en cuanto a un Gobierno de izquierda que se acaba de posesionar y sus nuevas propuestas, como suspender las exploraciones de petróleo o gravar los capitales golondrina, han devaluado aún más el peso colombiano. La propuesta de quitar los beneficios de la Ley 1715 del 2014 vuelven los proyectos de energía solar fotovoltaica inviables, por lo que no se cumplirían los compromisos establecidos en el COP26. Esto conlleva a sanciones por parte de las Naciones Unidas.

Para la mitigación del riesgo se recomienda tener un presupuesto del 3 % de imprevistos para la construcción del sistema. En cuanto a la operación, se asigna un presupuesto llamado “Varios” para cubrir imprevistos durante la operación anualmente. Así mismo, se propone comprar todos los componentes del sistema mediante contratos con cláusulas de penalización por incumplimiento, ya que las cadenas de suministros y empresas de logísticas se pueden afectar aún más si Rusia y Ucrania llegan a una guerra nuclear. Así como se puede esperar una devaluación aún más fuerte del peso colombiano. Comprando todos los equipos con antelación se podría evitar una subida de los costos aún mayor de lo que se está considerando a la fecha que se realiza este estudio.

Se decidió establecer el contrato de venta de energía con Afinia EPM - Caribemar de la Costa S.A.S. E.S.P. debido a que la subestación está muy cerca al terreno donde se va a construir la planta solar volviendo el costo de transmisión muy bajo y es el operador de la región Caribe. Esto hace que administrativa y operativamente sea mucho óptimo generar los ingresos del proyecto.

El hecho de que sea un mercado regulado por el Gobierno nacional entorpece la dinámica de la oferta y la demanda. Desde el análisis financiero, se pudo evidenciar que la intervención del Gobierno no permite que los precios de energía se comporten de acuerdo con la dinámica del mercado, haciendo que las empresas asuman las pérdidas.

El proyecto desde la normatividad medioambiental solo requiere licencia ambiental.

Este tipo de megaproyectos deben ser financiado con Project Finance provenientes de fondos de capital. Aun cuando las tasas para este tipo de proyectos son muy económicas con los bancos, se necesitan tasas aún más bajas. Incluso el proyecto es viable si no requiriera deuda.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOLGEN. (2022). *Capacidad instalada en Colombia*. <https://acolgen.org.co/wp/>
- Afinia EPM. (2022). *Solicitudes de Conexión de Proyectos de Generación • GRUPO EPM*.  
<https://energiacaribemar.co/creg106/>
- Afinia grupo EPM. (2022). *Subestación-afinia • GRUPO EPM*.  
<https://energiacaribemar.co/quienes-somos/subestacion-afinia/>
- Afinia EPM. (2022). *Solicitudes de Conexión de Proyectos de Generación • GRUPO EPM*.  
<https://www.retieingenieriaygestion.com/inspecciones-fotovoltaicas/>
- Alcaldía Municipal de Arjona. (2019). *Manual de funciones*. [https://alcaldia-municipal-de-arjona-en-bolivar.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipal-de-arjona-en-bolivar/content/files/000033/1625\\_manual-de-funciones\\_compressed.pdf](https://alcaldia-municipal-de-arjona-en-bolivar.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipal-de-arjona-en-bolivar/content/files/000033/1625_manual-de-funciones_compressed.pdf)
- Alcaldía Municipal de Arjona. (2021, noviembre 2). *Organigrama - Alcaldía Municipal de Arjona - Bolívar*. <http://www.arjona-bolivar.gov.co/alcaldia/organigrama>
- Alcaldía Municipal de Arjona. (2022). *Misión y Visión*. <http://www.arjona-bolivar.gov.co/alcaldia/mision-y-vision>
- Aliados W. (2021a, septiembre 21). *Colombia se renueva a través de energías más limpias*.  
<https://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colombia-se-renueva-a-traves-de-energias-mas-limpias/20210927/nota/4167402.aspx>
- Aliados W. (2021b, septiembre 27). *Colombia se renueva a través de energías más limpias*.  
<https://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colombia-se-renueva-a-traves-de-energias-mas-limpias/20210927/nota/4167402.aspx>
- Alta baja. (2016). *De Alta a Baja tensión: Líneas subterráneas*.  
<http://altaabaja.blogspot.com/p/lineas-subterranas.html>
- Anbelo Solar. (2022). *Energías renovables ventajas y desventajas*.  
<https://anbelosolar.com/noticias/energias-renovables-ventajas-y-desventajas/>
- ANDI. (2022, enero 6). *La ANDI presentó balance económico de 2021 y perspectivas para 2022*. <https://www.andi.com.co//Home/Noticia/17170-la-andi-presento-balance-economico-de-2>
- Arango, M. (2019). *Panorama energético de Colombia*.  
<https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>

- Arcila, A. (2019, March 14). *Los dueños del negocio de la energía en Colombia* .  
<https://www.las2orillas.co/los-duenos-del-negocio-de-la-energia-en-colombia/>
- Autosolar. (2020, diciembre 16). *¿Qué es el efecto fotovoltaico?* <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>
- Baca Urbina G. (2001). *Evaluación de proyectos*. Cuarta Edición.  
<https://econforesyproyec.files.wordpress.com/2014/11/evaluacion-de-proyectos-gabriel-baca-urbina-corregido.pdf>
- BBC News. (2020). *El huracán Iota y su devastador paso por Centroamérica y el Caribe que deja al menos 38 muertos y miles de personas sin hogar*.  
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-55002813>
- BBC News. (2021). *Ola de calor: más de 400 muertos en Canadá y 80 en EE. UU. en medio de temperaturas récord*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57664170>
- Banco de la República. (2022). *Información recopilada y calculada por el Departamento Técnico y de Información Económica del Banco de la República*.  
<https://www.banrep.gov.co/economia/pli/bie.pdf>
- Banco de la República. (2022). *Caracterización de la política fiscal en Colombia y análisis de su postura frente a la crisis internacional*. <https://www.banrep.gov.co/es/caracterizacion-politica-fiscal-colombia-y-analisis-su-postura-frente-tesis-internacional>
- Banco de la República.(2022). *Política Monetaria: La estrategia de inflación objetivo en Colombia*. <https://www.banrep.gov.co/es/politica-monetaria>
- Banco de la República. (2022a). *Tasa de interés DTF*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/glosario/tasa-interes-dtf>
- Banco de la República. (2022b). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- Banco Mundial. (2021). *Colombia: panorama general*.  
<https://www.bancomundial.org/es/country/colombia/overview>
- Banco Mundial. (2021). *Inflación, precios al consumidor (% anual) – Colombia*.  
<https://datos.bancomundial.org/indicadores/SH.UV.CD>
- Cabello L. (2022). *Valle Solar, de 300 MW, primera gran planta valenciana que consigue la DIA – pv magazine España*. <https://www.pv-magazine.es/2022/03/24/valle-solar-de-300-mw-primera-gran-planta-valenciana-que-consigue-la-dia/>
- Beltrán, N., Carmen, P., Cruz, G., de Bogotá, U., & Lozano, J. T. (2013). *Estudio de riesgo operativo bajo la metodología AS/NZS 4360 caso: Comercializadora de medios*  
 [Universidad Jorge Tadeo Lozano, Especialización en estándares internacionales de

contabilidad y auditoría].

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1516/T048.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. [https://eafit-my.sharepoint.com/personal/egomezsa\\_eafit\\_edu\\_co/\\_layouts/15/onedrive.aspx?login\\_hint=mescob17%40eafit%2Eedu%2Eco&FolderCTID=0x012000B9F74C5FF6956247877B7927244B7160&id=%2Fpersonal%2Fegomezsa%5Feafit%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FDRIVE%20WORK%2FTDG%20en%20Curso%2FTDG%5FMariana%20Escobar%2FDocumentos%2FEI%2Dproyecto%2Dde%2Dinvestigaci%C3%B3n%2DF%2EG%2E%2DArias%2D2012%2Dpdf%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fegomezsa%5Feafit%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FDRIVE%20WORK%2FTDG%20en%20Curso%2FTDG%5FMariana%20Escobar%2FDocumentos](https://eafit-my.sharepoint.com/personal/egomezsa_eafit_edu_co/_layouts/15/onedrive.aspx?login_hint=mescob17%40eafit%2Eedu%2Eco&FolderCTID=0x012000B9F74C5FF6956247877B7927244B7160&id=%2Fpersonal%2Fegomezsa%5Feafit%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FDRIVE%20WORK%2FTDG%20en%20Curso%2FTDG%5FMariana%20Escobar%2FDocumentos%2FEI%2Dproyecto%2Dde%2Dinvestigaci%C3%B3n%2DF%2EG%2E%2DArias%2D2012%2Dpdf%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fegomezsa%5Feafit%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FDRIVE%20WORK%2FTDG%20en%20Curso%2FTDG%5FMariana%20Escobar%2FDocumentos)
- Cano, M. (2021). COP26: *Estados Unidos y China acuerdan cooperar para frenar emergencia climática*. <https://www.france24.com/es/medio-ambiente/20211110-cop26-eeuu-china-acuerdo-clima>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2022). *¿Qué son las sociedades por acciones simplificadas? - Cámara de Comercio de Bogotá*. <https://www.ccb.org.co/Preguntas-frecuentes/Registros-Publicos/Que-son-las-sociedades-por-acciones-simplificadas>
- Cambio Energético. (2021, febrero 11). *¿Cómo afecta la suciedad a las placas solares? ¿Cada cuánto se limpian?* <https://www.cambioenergetico.com/blog/suciedad-placas-solares/>
- CAR. (2022). *Permiso o autorización para aprovechamiento forestal de árboles aislados | CAR*. <https://www.car.gov.co/vercontenido/1178.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2021&locations=CO&start=2000&view=chart>
- Caracol Cartagena. (2022, septiembre 15). *Capacidad de potencia subestación Gambote en Bolívar: Afinía aumentó capacidad de potencia en la subestación Gambote | Cartagena | Caracol Radio*. [https://caracol.com.co/emisora/2022/09/15/cartagena/1663263486\\_224796.html](https://caracol.com.co/emisora/2022/09/15/cartagena/1663263486_224796.html)
- Cardique. (2022a). *organización - Cardique*. <https://cardique.gov.co/corporacion/organizacion/>
- Cardique. (2022b). *Reseña Histórica - Cardique*. <https://cardique.gov.co/corporacion/resena-historica/>
- Castilla La Mancha. (2015). *Parte 1/2: Cálculo de la Sección de una Línea Eléctrica - Fundación Forpro Albacete*. <https://www.fundacionforpro.org/blog/calculo-de-la-seccion-de-una-linea-electrica/>

- Caterpillar. (2022). *Módulo fotovoltaico Cat PVC en placas Microrred*.  
[https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/power-systems/electric-power/microgrid/15969959.html](https://www.cat.com/es_MX/products/new/power-systems/electric-power/microgrid/15969959.html)
- Celsia. (2022). *Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia*.  
<https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Celsia. (2022). *¿Quién es Celsia?* . <https://www.celsia.com/es/ley-de-transparencia-y-acceso-a-la-informacion/sobre-nosotros/>
- Centro de Estudios Santa Gema. (2020, noviembre 12). *¿Qué es un paramédico y cuáles son sus funciones?* . <https://www.fp-santagema.es/que-es-exactamente-un-paramedico/>
- Chang, M. (2021). *Las instalaciones fotovoltaicas mundiales superarán los 150 GW en 2021*.  
<https://www.pv-magazine-latam.com/2021/02/16/las-instalaciones-fotovoltaicas-mundiales-superaran-los-150-gw-en-2021/>
- Cirion Technologies. (2022). *Planta Fovoltaica: Funcionamiento y componentes - La Energía Solar*. <https://www.laenergiasolar.org/energia-fotovoltaica/planta-fotovoltaica/>
- Clavijo, S. (2021, septiembre 20). *Perspectivas macroeconómicas: Colombia 2021-2022. La República*. <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/perspectivas-macroeconomicas-colombia-2021-2022-3234467>
- CMNUCC. (2005). *¿Qué es el Protocolo de Kioto?* [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)
- CMNUCC. (2016). *El Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- Coguenza Riaño, N. (2022, June 7). *Calificadoras de riesgo: cómo ven las elecciones en Colombia*. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/calificadoras-de-riesgo-como-ven-las-elecciones-en-colombia-677713>
- CREG. (2022). *Misión y Visión*. <https://www.creg.gov.co/creg/quienes-somos/mision-y-vision-0/mision-y-vision>
- Cristina, L. y Pardo, C. (2020). *Oportunidad comercial para la importación de paneles solares fotovoltaicos y sus accesorios a Colombia*.  
<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1507/ContrerasPardo-LauraCristina-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DANE. (2022). *Índice de precios del productor (IPP)*.  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-del-productor-ipp>

- DANE. (2022). *Balanza comercial*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/balanza-comercial>
- De Gunther, R. (2009). *10 ventajas y 10 desventajas de la energía solar*. Alternative Energy for Dummies. <https://www.diferenciador.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- De la Rotta, D. (2022). *La lógica de la bolsa de energía*. <https://www.aescol.com/es/la-logica-de-la-bolsa-de-energia>
- Departamento de Planeación y Evaluación, J. (2004). *Lineamientos de la JICA para la Evaluación de Proyectos ~ Métodos Prácticos para la Evaluación de Proyectos*. [https://www.jica.go.jp/english/our\\_work/evaluation/tech\\_and\\_grant/guides/pdf/guideline\\_s.pdf](https://www.jica.go.jp/english/our_work/evaluation/tech_and_grant/guides/pdf/guideline_s.pdf)
- Díaz, F. (2022). *Estudio Técnico*.
- Díaz Gamboa, S. (2022, May 5). *Inflación en abril se ubicó en 9,23% y 0,7 puntos por encima de la variación de marzo*. <https://www.larepublica.co/economia/la-inflacion-en-abril-se-ubico-en-9-23-y-0-7-puntos-por-encima-de-la-variacion-de-marzo-3358021>
- El Espectador. (2021). *El Caribe como epicentro de generación de energía renovable en Colombia*. <https://www.elespectador.com/ambiente/bibo/el-caribe-como-epicentro-de-generacion-de-energia-renovable-en-colombia/>
- El Universal. (2021, August 25). *Bolívar aumenta capacidad de energías limpias*. <https://www.eluniversal.com.co/economica/bolivar-contara-con-nuevo-parque-solar-en-arjona-IC5253390>
- ELH Abogados & Asociados. (2019). *Marco jurídico de las energías renovables en Colombia*. <https://estudiolegalhernandez.com/marco-juridico-de-las-energias-renovables-en-colombia/>
- Enciso Chávez, N. A. (2019). Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. *Revista Energías Renovables*. [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Energias\\_Renovables/vol3num9/Revista\\_de\\_Energ%C3%ADas\\_Renovables\\_V3\\_N9\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol3num9/Revista_de_Energ%C3%ADas_Renovables_V3_N9_2.pdf)
- Enel. (2022, Julio 21). *¿Cuáles son los beneficios de la energía renovable?* <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/cuales-son-los-beneficios-de-la-energia-renovable.html>
- Enel Colombia. (2022). *Como se genera la electricidad*. <https://www.enel.com.co/es/empresas/enel-generacion/como-se-genera-la-electricidad.html>

- Energía Estratégica. (2020). *Análisis técnico: cómo funciona el mercado eléctrico renovable en Colombia*. <https://www.energiaestrategica.com/analisis-tecnico-como-funciona-el-mercado-electrico-renovable-en-colombia/>
- Equipo de redactores de Arkiplus.com. (2022, septiembre 15). *¿Qué hace un ingeniero electrónico?* <https://www.arkiplus.com/que-hace-un-ingeniero-electronico/>
- ESAN. (2020). *¿Qué elementos se incluyen en un estudio de preinversión?* <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2020/10/que-elementos-se-incluyen-en-un-estudio-de-preinversion/>
- Estrada Martínez, L. y Muñoz Fuentes, A. (2017). *Proyecto para la gestión de paneles solares en la vereda la Esperanza del municipio de Convención, Norte de Santander, Colombia*. - 10596/12108. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/12108>
- Estudio Legal Hernández. (2019). *Marco jurídico de las energías renovables en Colombia*. <https://estudiollegalhernandez.com/marco-juridico-de-las-energias-renovables-en-colombia/>
- Feria, E. y Ojeda, L. (2021). *Estudio de factibilidad para el diseño, planeación y construcción de un proyecto piloto de energía solar fotovoltaica para el resguardo indígena Pocharco*. <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10628/OjedaLeonardo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FINDETER. (2021). *Estudio del sector energético colombiano*.
- Flórez Espinoza, F. et al. (2020). *Regulación del sector energético*. <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Regulacion-del-sector-Energe%CC%81tico.pdf>
- Formación Carpe diem. (2017, June 16). *El auxiliar administrativo, funciones y tareas principales*. <https://www.formacioncarpediem.com/blog/funciones-del-auxiliar-administrativo/>
- Franco, M. y Montoya, L. (2012). *Aplicación de la Metodología Onudi para Proyectos de Crecimiento Orgánico en Grupo EMI*. [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/1148/Mar%C3%ADaAdelaida\\_Franco\\_2012.pdf?sequence=1#:~:text=Esta%20metodolog%C3%ADa%20apoya%20fundamentalmente%20la%20administraci%C3%B3n%20y%20el%20control%20de%20proyectos.&text=En%20los%20%C3%BAltimos%20a%C3%B1os%20la,en%20la%20ejecuci%C3%B3n%20de%20proyectos.](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/1148/Mar%C3%ADaAdelaida_Franco_2012.pdf?sequence=1#:~:text=Esta%20metodolog%C3%ADa%20apoya%20fundamentalmente%20la%20administraci%C3%B3n%20y%20el%20control%20de%20proyectos.&text=En%20los%20%C3%BAltimos%20a%C3%B1os%20la,en%20la%20ejecuci%C3%B3n%20de%20proyectos.)
- Función pública. (2018, March 23). *Decreto 570 de 2018*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85659>

- Función Pública. (2018, May 25). *Ley 1955 de 2019*.  
<https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- Función pública. (2020, June 10). *Decreto 829 de 2020*.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=127884>
- García, L. (2021). *Impacto ambiental de las energías renovables*.  
<https://www.ucentral.edu.co/noticentral/ambiental-energias-renov>
- Garzón Peña, E. (2015). *Plan de negocios para la importación y comercialización de elementos de energía solar para Electropilas y Cía. Ltda. en la ciudad de Bogotá*.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1070&context=administracion\\_de\\_empresas](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1070&context=administracion_de_empresas)
- Gascuña, D. (2020, June 19). *Energía solar fotovoltaica: 4 tecnologías para revolucionarla | OpenMind*. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/cuatro-tecnologias-que-prometen-revolucionar-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Gerencie.com. (2021, febrero 17). *Contador público*. <https://www.gerencie.com/contador-publico.html>
- Gestor Normativo. (2017, diciembre 27). *Resolución 201 de 2017 CREG*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_creg\\_0201\\_2017.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0201_2017.htm)
- Gestor Normativo. (2018, febrero 3). *Resolución 15 de 2018 CREG*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_creg\\_0015\\_2018.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm)
- Gestor Normativo. (2020, septiembre 4). *Resolución 203 de 2020 UPME*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_upme\\_0203\\_2020.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0203_2020.htm)
- Gómez Ramírez, J. (2018). *La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10312>
- Gómez Salazar; Elkin A. & Díez Benjumea, J. (2015). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gonzáles, L. (2021, noviembre). *¿A qué se dedica un ingeniero mecánico?*  
<https://www.emagister.com/blog/a-que-se-dedica-un-ingeniero-mecanico/>
- Gonzáles, L. (2022). *¿Qué hace un ingeniero eléctrico?* <https://www.emagister.com/blog/que-hace-un-ingeniero-electrico/>
- Gonzáles, X. (2020). *Compañías colombianas que invierten en paneles solares para reducir la generación de CO<sub>2</sub>*. <https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/companias-colombianas-que-invierten-en-paneles-solares-para-reducir-la-generacion-de-c02-2966242>

- Google Maps. (2022, October 4). 5JVW+RW4 - Google Maps.  
<https://www.google.com/maps/place/77265JVW%2BRW4/@10.1868674,-75.3697951,14z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x679d65c64a643b6f!8m2!3d10.1945125!4d-75.3526719!5m1!1e4>
- Gosselin, P. (2011, Julio 4). *Parque solar cubierto de malezas, apenas a un año y medio de inaugurado*. Parque Solar Cubierto de Malezas Apenas a Un Año y Medio de Inaugurado.  
[http://www.mitosyfraudes.org/Nuke/paneles\\_malezas.html](http://www.mitosyfraudes.org/Nuke/paneles_malezas.html)
- Grupo Julián López. (2010). *Cimentación superficial - a photo on Flickrriver*.  
<https://www.flickrriver.com/photos/gjulianlopez/8199776908/>
- Guerra, M. et al. (2022). *Implementación de energías renovables como garantía al derecho fundamental a un ambiente sano en Colombia*.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2145-77192021000200087](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-77192021000200087)
- Guzmán, M. y Ruiz, D. (2017). *Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia*.  
<https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/604>
- Guzmán Niño, C.(2017). *Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América: Análisis del impacto ambiental de diferentes tipos de paneles solares según los materiales utilizados y los componentes tóxicos generados*.  
<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7038>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*.  
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Higuera Aguilar, L. H. & Carmona Valencia, H. (2017). *Análisis de factibilidad de un proyecto de autogeneración eléctrica fotovoltaica en Colombia para áreas productivas menores de 10.000 m<sup>2</sup>*. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11690>
- Hilcu, M. (2022). *El impacto de las energías renovables*.  
<https://www.otovo.es/blog/energia/impacto-energias-renovables-medioambiente/>
- ILPES, N. U. (2004). Boletín del instituto. In *Metodología Marco Lógico*.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007_es.pdf)
- Ingearq. (2019, enero 14). *Conoce sobre las labores de un curador urbano*. Curaduría Urbana y Sus Funciones. <https://ingearq.com.co/que-es-una-curaduria-urbana-y-cuales-son-sus-funciones/>
- Jaramillo Herrera, C., Escobar Rangel, L., Martínez Moreno, W., García Collazos, J., Martínez Rojas, J. F. & Rodríguez Hernández, R. (2022). *Proyección demanda energía eléctrica, gas natural y combustibles líquidos*.

[https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe\\_proyeccion\\_demanda\\_energeticos.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf)

Arroyave A, Vásquez Hernández A. (2018). *Factibilidad de la implementación de paneles solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en las cabeceras municipales de las zonas no interconectadas de Colombia.*

La República. (2019). *EPM, Codensa y Electricaribe, son las empresas líderes del sector energético en el país.* <https://www.larepublica.co/especiales/minas-y-energia-marzo-2019/epm-codensa-y-electricaribe-son-las-empresas-lideres-del-sector-energetico-en-el-pais-2842126>

La República. (2021, septiembre 13). *La República- Capacidad instalada de granjas solares llegó a 236 MW con Meta como principal generador – SER COLOMBIA.* <https://sercolombia.org/2021/menciones-en-prensa/la-republica-capacidad-instalada-de-granjas-solares-llego-a-236-mw-con-meta-como-principal-generador/>

La República. (2022, Julio 12). *Nada fácil, con inflación al 10% y dólar a \$4.500.* <https://www.larepublica.co/opinion/editorial/nada-facil-con-inflacion-al-10-y-dolar-a-4-500-3401202>

Leighton, P. (2015). *La fórmula de los países líderes en energías renovables - América Latina y el Caribe.* [https://www.scidev.net/america-latina/features/la-formula-de-los-paises-lideres-en-energias-renovables/?https://www.scidev.net/america-latina/&gclid=EAlaIqobChMIqIL1mpCS-QIVgYXIC1u3geOEAYAiAAEgLDdDPD\\_BwE](https://www.scidev.net/america-latina/features/la-formula-de-los-paises-lideres-en-energias-renovables/?https://www.scidev.net/america-latina/&gclid=EAlaIqobChMIqIL1mpCS-QIVgYXIC1u3geOEAYAiAAEgLDdDPD_BwE)

López Cobia, D. 2021. *Crisis del petróleo de 1973.* <https://economipedia.com/definiciones/crisis-del-petroleo-1973.html>

López Suárez, A. (2021). *Renovables: las seis empresas que ya reinan en el negocio.* <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/renovables-las-seis-empresas-que-ya-reinan-en-el-negocio-555323>

<http://www.nasa.gov/topics/technology/features/telstar.html>

López Suarez, A. (2022). *Energías renovables en Colombia: seis nuevas empresas que aparecen en el radar.* <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/energias-renovables-en-colombia-seis-nuevas-empresas-que-aparecen-en-el-radar-563930>

Luna, R. y Chávez, D. (2001). *Guía para elaborar estudios de factibilidad de proyectos ecoturísticos.* [www.capas.org](http://www.capas.org)

Mancera, C. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia.* <http://www1.upme.gov.co/sgic/>

- Meléndez, C. (2018). *Modelo alemán para la planificación de proyectos*.  
[https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/modelo\\_aleman\\_de\\_planificacion\\_de\\_proyectos.pdf](https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/modelo_aleman_de_planificacion_de_proyectos.pdf)
- MinAmbiente. (2022). *Sobre el Ministerio - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.  
<https://www.minambiente.gov.co/sobre-el-ministerio/>
- MinAmbiente, & ANLA. (2017). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-EIA*.
- MinEnergía. (2022). *El sector minero-energético fue protagonista de la reactivación, el desarrollo y la transformación de Colombia en estos cuatro años*.  
<https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/el-sector-minero-energ%C3%A9tico-fue-protagonista-de-la-reactivaci%C3%B3n-el-desarrollo-y-la-transformaci%C3%B3n-de-colombia-en-estos-cuatro-a%C3%B1os/>
- MinEnergía. (2022). *Fondo De Apoyo Financiero Para La Energización De Las Zonas Rurales Interconectadas*. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/fondos-especiales/fondo-de-apoyo-financiero-para-la-energizaci%C3%B3n-de-las-zonas-rurales-interconectadas-faer/>
- MinMinas. (2022a). *Historia - Ministerio de Minas y Energía GM*.  
<https://www.minenergia.gov.co/historia1>
- MinMinas. (2022b). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*.  
<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- Mundo Noticias. (2022). *Celsia multiplicó por 13 capacidad de generación de energía solar*.  
<https://mundonoticias.com.co/celsia-multiplico-por-13-capacidad-de-generacion-de-energia-solar/>
- Naciones Unidas. (2016). *El Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- Naciones Unidas. (2020). *COP26. COP26: Juntos Por El Planeta*.  
<https://www.un.org/es/climatechange/cop26>
- Narváez, P. (2022). *Fuentes convencionales y no convencionales de energía: estado actual y perspectivas*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092010000300016](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000300016)
- NASA. (2012). *Telstar at 50*. <https://www.nasa.gov/topics/technology/features/telstar.html>

- NASA. (2015). *July 12, 1962: The Day Information Went Global*.  
<https://www.nasa.gov/topics/technology/features/telstar.html>
- Nassir Sapag Chain. (2011). *Proyectos de Inversión: Formulación y Evaluación* (Segunda edición). Prentice Hall.
- NS ENERGY. (2021, March 23). *Los cinco países con mayor capacidad de energía solar del mundo*. Los Cinco Países Con Mayor Capacidad de Energía Solar Del Mundo.  
<https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/los-cinco-paises-con-mayor-capacidad-de-energia-solar-del-mundo>
- Núñez, E. (1997). *Guía para la preparación de Proyectos de servicios públicos municipales*.  
[www.juridicas.unam.mx](http://www.juridicas.unam.mx)  
<http://biblio.juridicas.unam.mx/bjvLibrocompletoen:https://goo.gl/mHtbXh>
- Oregón, E., Pacheco, J. F. & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. In *Naciones Unidas*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2020). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*.
- Pazos, L. (2001). *Manual Resumido de Gestión de Proyectos*.  
<http://gyepro.univalle.edu.co/documentos/gestion/factibilidad.pdf>
- Portafolio. (2021). *Lista la nueva subasta de energías renovables en Colombia*.  
<https://www.portafolio.co/economia/lista-la-nueva-subasta-de-energias-renovables-en-colombia-557749>
- Portafolio. (2022). *El dólar alcanza su TRM más alta en la historia* .  
<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/el-dolar-alcanza-su-trm-mas-alta-en-la-historia-572636>
- Portafolio. (2022). *Demanda de consumo de energía en Colombia en 2021 fue histórico*.  
<https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/demanda-de-consumo-de-energia-en-colombia-en-2021-fue-historico-560714>
- Quintana, S. (2012). *Colombia, Un Mercado Con Potencial En Energía Solar*.  
<https://rds.org.co/es/novedades/colombia-un-mercado-con-potencial-en-energia-solar>
- Quintero Sánchez, D. (2021). *Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones*.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37730/2021davidquintero.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

- Quintero Sánchez, D.(2021). *Viabilidad de la importación de paneles solares fotovoltaicos desde China a Colombia*.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37730/2021davidquintero.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Ramírez Rico, P. (2020). *Vista de Análisis al sector energético colombiano, 2010 - 2019. Una visión para el desarrollo de energías sostenibles*.  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/4121/4123>
- RIG. (2022). *Inspecciones de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*.  
<https://www.retieingenieriaygestion.com/inspecciones-fotovoltaicas/>
- Rimolo, M. (2010, septiembre 4). *Tecnología en Energías Renovables: Planta generadora de electricidad mediante Paneles Fotovoltaicos*.  
<http://tecnologiaenenergiasrenovables.blogspot.com/2010/09/planta-generadora-de-electricidad.html>
- Robaina E. (2020). *¿Qué hacen los países para reducir sus gases de efecto invernadero?*  
<https://www.climatica.lamarea.com/paises-reducir-emisiones-gases-efecto-invernadero/>
- Robberechts E. (2020). *Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe*. <https://www.idbinvest.org/es/blog/energia/cuatro-paises-que-lideran-en-energia-solar-en-america-latina-y-el-caribe>
- Salazar Sierra C. (2021). *Desempleo, inflación y balanza de pagos, entre los retos económicos del semestre*. <https://www.larepublica.co/economia/desempleo-inflacion-y-balanza-de-pagos-entre-los-retos-economicos-del-semestre-3228461>
- Salazar Sierra C. (2021). *El Banco de la República estima que la tasa de desempleo llegará a 11,7% en 2022*. <https://www.larepublica.co/economia/el-banco-de-la-republica-estima-que-la-tasa-de-desempleo-llegara-a-11-7-en-2022-3298730>  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/10411>
- Salazar Sierra, C. (2022, febrero 7). *El Banco de la República estima que la tasa de desempleo llegará a 11,7% en 2022*. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/el-banco-de-la-republica-estima-que-la-tasa-de-desempleo-llegara-a-11-7-en-2022-3298730>
- Sánchez N. *El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos*. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545876012.pdf>
- Save the Children. (2016). *¿En qué consiste el fenómeno de El Niño?*  
<https://www.savethechildren.es/actualidad/en-que-consiste-el-fenomeno-de-el-nino>
- Secretaría de Medio Ambiente México. (2018). *Beneficios de usar energías renovables*.  
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/beneficios-de-usar-energias-renovables-172766>

- <https://www1.upme.gov.co/informacioncifras/paginas/PETROLEO.aspx>
- Semana. (2021). *La demanda de energía solar en Colombia sigue creciendo*.  
<https://www.semana.com/hablan-las-marcas/articulo/enel-x-ha-instalado-en-colombia-mas-de-5-mil-paneles-solares-que-reduciran-la-emision-de-872-tonelada-de-co2-al-ano/202100/>
- Siles, R., & Mónico, E. (2018). *Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos de desarrollo PM4R* (cuarta edición).  
[https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20SPA.pdf?fbclid=IwAR0\\_17MRzWGU-xgLTA1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhPdR2dJ0QbezaNZ-ig](https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20SPA.pdf?fbclid=IwAR0_17MRzWGU-xgLTA1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhPdR2dJ0QbezaNZ-ig)
- Sinergita95. (2021, julio 8). *¿Cuáles son las funciones de los técnicos electricistas?*  
<https://gr2electricidad.com/funciones-tecnicos-electricistas/>
- SMA. (2022a). *Caja de conexiones para aplicaciones fotovoltaicas - SMA STRING-COMBINER - SMA Regelsysteme - de pared / IP54 / robusta*. <https://www.directindustry.es/prod/sma-regelsysteme/product-26680-1853664.html>
- SMA. (2022b). *Medium Voltage Power Station 4000 / 4200 / 4400 / 4600*.  
<https://www.sma.de/es/productos/estaciones-de-potencia/medium-voltage-power-station-4600>
- SMA. (2022c). *Sunny Central 2200 / 2475 / 2500-EV / 2750-EV / 3000-EV*.  
<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-central-2200-2475-2500-ev-2750-ev-3000-ev>
- SMTM. (2022). *Director Administrativo Financiero*. <https://www.smtm.co/co/profesiones/director-administrativo-financiero-financieros>
- Solen. (2022). *¿Cuántas horas solares pico necesitan los paneles solares?*  
<https://solentechnology.com/cuantas-horas-solares-pico-necesitan-los-paneles-solares/>
- Sostenibilidad para todos. (2022). *¿Conoces el impacto ambiental de las energías NO renovables?* [https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/impacto-ambiental-energias-no-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/impacto-ambiental-energias-no-renovables/?_adin=02021864894)
- Soto, J. (2020, June 1). *¿Energías limpias y renovables son lo mismo?*  
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/8519/energias-limpias-y-renovables-son-lo-mismo/>
- Spiegato. (2022). *¿Qué hace un supervisor técnico?* . <https://spiegato.com/es/que-hace-un-supervisor-tecnico>

- Sunpower. (2022). *Seguidor solar de un eje - T0 TRACKER 250 kW - Sunpower - para instalación fotovoltaica*. <https://www.archiexpo.es/prod/sunpower/product-54500-501032.html>
- Sy Corvo, H. (2019). Estudio de prefactibilidad: para qué sirve, cómo se hace, ejemplo. In *Estudio de prefactibilidad: para qué sirve, cómo se hace, ejemplo*. <https://www.lifeder.com/estudio-de-prefactibilidad/>
- Termotasajero. (2022). *Mercado de energía mayorista*. <https://termotasajero.com.co/a-nuestros-clientes/>
- The climate reality Project. (2022, April 20). *Países de América Latina que ya usan energías renovables*. <https://www.climatereality.lat/actualidad/paises-de-america-latina-que-ya-usan-energias-renovables/>
- The Conversation. (2021). *¿Qué pasará con las plantas solares cuando termine su vida útil?* <https://theconversation.com/que-pasara-con-las-plantas-solares-cuando-termine-su-vida-util-165708>
- Toro J. (2021). *Conozca los nueve países de América Latina que también se rajaron en nota crediticia*. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/nueve-paises-de-la-region-se-rajan-en-notas-crediticias-por-crecimiento-de-incertidumbre-3173146>
- Trace Software Spain. (2022). *5 avances tecnológicos en energía solar fotovoltaica que cambiarán las reglas del juego*. <https://www.trace-software.com/es/5-avances-tecnologicos-en-energia-solar-fotovoltaica/>
- Trina Solar. (2021). *Por qué utilizar energía solar y qué ventajas tiene*. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/4121/4123>
- Univergy Solar. (2021, julio 22). *Estos son los avances en paneles solares de los últimos años*. <https://www.univergysolar.com/avances-paneles-solares/>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2020). *Regulación del sector energético*. <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Regulacion-del-sector-Energe%CC%81tico.pdf>
- UPME. (2022). *Proyección de precios de los energéticos para generación eléctrica*. Subdirección de hidrocarburos.
- UPME. (2022). Licenciamiento Ambiental. [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/politica/licencia/licencia.htm#2.%20LICENCIA%20AMBIENTAL](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/licencia/licencia.htm#2.%20LICENCIA%20AMBIENTAL)
- UPME. (2020a). *Informe de Gestión 2020*. [https://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe\\_de\\_Gestion\\_2020V2.pdf](https://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe_de_Gestion_2020V2.pdf)

UPME. (2020b). *Invierta y Gane con Energía Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.*

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

UPME. (2022a). *Proyecciones de demanda.* <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>

UPME. (2022b). *UPME.* <https://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/Paginas/quienes-somos.aspx>

UPME. (2020). *Información Cifras SIN.*

<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyecciones-de-demanda.aspx>

UPME. (2020). *Gobierno Nacional agiliza incentivos tributarios para energías renovables no convencionales: proceso para acceder a beneficios de la Ley 1715 de 2014 se reduce a 45 días.*

[https://www1.upme.gov.co/SalaPrensa/ComunicadosPrensa/Comunicado\\_prensa\\_08.pdf](https://www1.upme.gov.co/SalaPrensa/ComunicadosPrensa/Comunicado_prensa_08.pdf)

UPME. (2020). *Invierta y Gane con Energía Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.*

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

UPME. (2021). *Proyección demanda energía eléctrica y gas natural 2021-2035.*

Urrego, A. (2021, septiembre 11). Capacidad instalada de granjas solares llegó a 236 MW con Meta como principal generador. *Capacidad Instalada de Granjas Solares Llegó a 236 MW Con Meta Como Principal Generador.* <https://www.larepublica.co/economia/capacidad-instalada-de-granjas-solares-llego-a-236-mw-con-meta-como-principal-generador-3230877>

Valencia, A. C. M. (2016). Crisis energética en Colombia. *Tecnología Investigación y Academia*, 4(2), 74–81. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/10411>

Valencia Marín, J. (2021). *Alejandría - Concepto 2274 de 2021 CREG.*

[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/concepto\\_creg\\_0002274\\_2021.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/concepto_creg_0002274_2021.htm)

Valencia Marín, J. (2021). *Alejandría - Concepto 2171 de 2021*

[CREGhttps://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/concepto\\_creg\\_0002171\\_2021.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/concepto_creg_0002171_2021.htm)

Valora Analitik. (2022). *Colombia: demanda de energía creció 4,8% en marzo de 2022.*

<https://www.valoraanalitik.com/2022/04/12/colombia-demanda-energia-crecio-48-marzo-2022/>

- Valora Analitik. (2022a, June 8). *En marzo, deuda externa de Colombia alcanzó su máximo del 2022*. <https://www.valoraanalitik.com/2022/06/08/marzo-deuda-externa-colombia-alcanzo-su-maximo-del-2022/>
- Valora Analitik. (2022b, julio 5). *Inflación anual a junio alcanzó máximo en 22 años*. Inflación Anual a Junio En Colombia Alcanzó Nuevo Máximo En 22 Años. <https://www.valoraanalitik.com/2022/07/05/inflacion-anual-a-junio-alcanzo-maximo-en-22-anos/>
- Valora Analitik. (2021). *32,8% de nueva potencia instada en Colombia fue de energía solar a junio*. <https://www.valoraanalitik.com/2021/07/30/nueva-potencia-instada-en-colombia-energia-solar-fotovoltaica/>
- Valora Analitik. (2022). *Colombia siguió 1,16 millones de empleos debajo de niveles prepandemia*. <https://www.valoraanalitik.com/2022/01/31/colombia-116-millones-empleos-debajo-prepandemia/>
- Vatia. (2022). *Así funciona el mercado regulado y el no regulado*. <https://www.vatia.com.co/as237-funciona-el-mercado-regulado-y-el-no-regulado>
- Vatia. (2022). *Cinco razones por las que Colombia podría ser potencia en energía solar*. <https://vatia.com.co/Blog/Detalle/la-energia-solar-en-colombia>
- Viva Solar. (2022). *Eficiencia solar en Colombia*. <https://www.vivasolar-colombia.com/energ%C3%ADa-solar/eficiencia/>
- Webster, M. (2022, September 29). *Lady Panthers takes three-match win streak into final stretch*. [https://www.madisoncourier.com/north\\_vernon/lady-panthers-take-three-match-win-streak-into-final-stretch/article\\_4a19f95d-ffa2-530d-a2bf-ae38e010942f.html#tncms-source=article-nav-next](https://www.madisoncourier.com/north_vernon/lady-panthers-take-three-match-win-streak-into-final-stretch/article_4a19f95d-ffa2-530d-a2bf-ae38e010942f.html#tncms-source=article-nav-next)
- Wikipedia. (2021). Anexo: *Variación de la inflación de Colombia desde 1946*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Variaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_inflaci%C3%B3n\\_de\\_Colombia\\_desde\\_1946#cite\\_note-2](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Variaci%C3%B3n_de_la_inflaci%C3%B3n_de_Colombia_desde_1946#cite_note-2)
- Wikipedia. (2022). *Concejo municipal*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Concejo\\_municipal](https://es.wikipedia.org/wiki/Concejo_municipal)
- WWF. (2018, September 18). *Glosario ambiental: ¿Sabes qué se pactó en el Acuerdo de París? ¿Sabes Que Es El Acuerdo de París?* <https://www.wwf.org.co/?334976/Glosario-ambiental--Sabes-que-se-pacto-en-el-Acuerdo-de-Paris>
- XM. (2022a). *Precio de bolsa y escasez*. <https://www.xm.com.co/transacciones/cargo-por-confiabilidad/precio-de-bolsa-y-escasez>
- XM. (2022b). *Precio de Contratos*. <https://informeanual.xm.com.co/2020/informe/pages/xm/18-precio-de-contratos.html>

XM. (2022c). *Redes Sistema Interconectado Nacional*.

<https://www.xm.com.co/transmisi%C3%B3n/redes-sistema-interconectado-nacional>

XM. (2022). *En abril de 2022, el precio de bolsa de energía disminuyó un 36.51% (83.75 COP/kWh) respecto al precio de bolsa del mes anterior.*

<https://www.xm.com.co/noticias/4921-en-abril-de-2022-el-precio-de-bolsa-de-energia-disminuyo-un-3651-8375-copkwh-respecto>

XM. (2022). *Portal de indicadores*. <https://www.xm.com.co/portal-de-indicadores>

XM. (2022). *Mercados*. <https://www.xm.com.co/consumo/mercados>

XM. (2022). *Pronóstico de demanda*. <https://www.xm.com.co/consumo/pronostico-de-demanda>

Yoldi, M. (2022). *Las piedras en el camino de las renovables*.

[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/07/20/companias/1658321188\\_558919.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/07/20/companias/1658321188_558919.html)

## REFERENCIAS

- ACOLGEN. (2022). *Capacidad instalada en Colombia*. <https://acolgen.org.co/wp/>
- AFINIA EPM. (2022). *Solicitudes de Conexión de Proyectos de Generación • GRUPO EPM*. <https://energiacaribemar.co/creg106/>
- Afinia grupo EPM. (2022). *Subestación-afinia • GRUPO EPM*. <https://energiacaribemar.co/quienes-somos/subestacion-afinia/>
- Alcaldía Municipal de Arjona. (2021, noviembre 2). *Organigrama - Alcaldía Municipal de Arjona - Bolívar*. <http://www.arjona-bolivar.gov.co/alcaldia/organigrama>
- AliadosW. (2021a, septiembre 21). *Colombia se renueva a través de energías más limpias*. <https://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colombia-se-renueva-a-traves-de-energias-mas-limpias/20210927/nota/4167402.aspx>
- AliadosW. (2021b, septiembre 27). *Colombia se renueva a través de energías más limpias*. <https://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colombia-se-renueva-a-traves-de-energias-mas-limpias/20210927/nota/4167402.aspx>
- ANDI. (2022, enero 6). *La ANDI presentó balance económico de 2021 y perspectivas para 2022*. <https://www.andi.com.co//Home/Noticia/17170-la-andi-presento-balance-economico-de-2>
- Arcila, A. (2019, March 14). *Los dueños del negocio de la energía en Colombia*. <https://www.las2orillas.co/los-duenos-del-negocio-de-la-energia-en-colombia/>
- Autosolar. (2020, diciembre 16). *¿Qué es el efecto fotovoltaico?* <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>
- Banco de la República. (2022a). *Tasa de interés DTF*. <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/tasa-interes-dtf>
- Banco de la República. (2022b). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- BBC News Mundo. (2021). *Ola de calor: más de 400 muertos en Canadá y 80 en EE. UU. en medio de temperaturas récord - BBC News Mundo*. *BBC News*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57664170>
- Beltrán, N., Carmen, P., Cruz, G., de Bogotá, U., & Lozano, J. T. (2013). *Estudio de riesgo operativo bajo la metodología AS/NZS 4360 caso: Comercializadora de medios* [Universidad Jorge Tadeo Lozano].

- <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1516/T048.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2022). *¿Qué son las sociedades por acciones simplificadas?* - Cámara de Comercio de Bogotá. <https://www.ccb.org.co/Preguntas-frecuentes/Registros-Publicos/Que-son-las-sociedades-por-acciones-simplificadas>
- Cambio energético. (2021, febrero 11). *¿Cómo afecta la suciedad a las placas solares? ¿Cada cuanto se limpian?* <https://www.cambioenergetico.com/blog/suciedad-placas-solares/>
- Caracol Cartagena. (2022, septiembre 15). *Capacidad de potencia subestación Gambote en Bolívar: Afinia aumentó capacidad de potencia en la subestación Gambote | Cartagena | Caracol Radio.* [https://caracol.com.co/emisora/2022/09/15/cartagena/1663263486\\_224796.html](https://caracol.com.co/emisora/2022/09/15/cartagena/1663263486_224796.html)
- Cardique. (2022a). *organización - Cardique.* <https://cardique.gov.co/corporacion/organizacion/>
- Cardique. (2022b). *Reseña Histórica - Cardique.* <https://cardique.gov.co/corporacion/resena-historica/>
- Caterpillar. (2022). *Módulo fotovoltaico Cat PVC en placas Microrred.* [https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/power-systems/electric-power/microgrid/15969959.html](https://www.cat.com/es_MX/products/new/power-systems/electric-power/microgrid/15969959.html)
- Celsia. (2022). *¿Quién es Celsia?* . <https://www.celsia.com/es/ley-de-transparencia-y-acceso-a-la-informacion/sobre-nosotros/>
- Centro de Estudios Santa Gema. (2020, noviembre 12). *¿Qué es un paramédico y cuáles son sus funciones?* . <https://www.fp-santagema.es/que-es-exactamente-un-paramedico/>
- Clavijo, S. (2021, septiembre 20). *Perspectivas macroeconómicas: Colombia 2021-2022.* *La República.* <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/perspectivas-macro-economicas-colombia-2021-2022-3234467>
- Coguenza Riaño, N. (2022, June 7). *Calificadoras de riesgo: cómo ven las elecciones en Colombia.* <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/calificadoras-de-riesgo-como-ven-las-elecciones-en-colombia-677713>
- CREG. (2022). *Misión y Visión.* <https://www.creg.gov.co/creg/quienes-somos/mision-y-vision-0/mision-y-vision>
- DANE. (2022). *Balanza comercial.* <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/balanza-comercial>

- DeGunther, R. (2009). *10 ventajas y 10 desventajas de la energía solar*. Alternative Energy for Dummies. <https://www.diferenciador.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- Departamento de Planeación y Evaluación, J. (2004). *Lineamientos de la JICA para la Evaluación de Proyectos ~ Métodos Prácticos para la Evaluación de Proyectos*. [https://www.jica.go.jp/english/our\\_work/evaluation/tech\\_and\\_grant/guides/pdf/guideline\\_s.pdf](https://www.jica.go.jp/english/our_work/evaluation/tech_and_grant/guides/pdf/guideline_s.pdf)
- Díaz, F. (2022). *Estudio Técnico*.
- Díaz Gamboa, S. (2022, May 5). *Inflación en abril se ubicó en 9,23% y 0,7 puntos por encima de la variación de marzo*. <https://www.larepublica.co/economia/la-inflacion-en-abril-se-ubico-en-9-23-y-0-7-puntos-por-encima-de-la-variacion-de-marzo-3358021>
- Editorial. (2022, julio 12). *Nada fácil, con inflación al 10% y dólar a \$4.500*. <https://www.larepublica.co/opinion/editorial/nada-facil-con-inflacion-al-10-y-dolar-a-4-500-3401202>
- el Universal. (2021, August 25). *Bolívar aumenta capacidad de energías limpias*. <https://www.eluniversal.com.co/economica/bolivar-contara-con-nuevo-parque-solar-en-arjona-IC5253390>
- Enciso Chávez, N. A. (2019). Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. *Revista Energías Renovables*. [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Energias\\_Renovables/vol3num9/Revista\\_de\\_Energ%C3%ADas\\_Renovables\\_V3\\_N9\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol3num9/Revista_de_Energ%C3%ADas_Renovables_V3_N9_2.pdf)
- Enel. (2022, julio 21). *¿Cuáles son los beneficios de la energía renovable?* <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/cuales-son-los-beneficios-de-la-energia-renovable.html>
- Equipo de redactores de Arkiplus.com. (2022, septiembre 15). *¿Qué hace un ingeniero electrónico?* <https://www.arkiplus.com/que-hace-un-ingeniero-electronico/>
- FINDETER. (2021). *Estudio del sector energético colombiano*.
- Formación Carpe diem. (2017, June 16). *El auxiliar administrativo, funciones y tareas principales*. <https://www.formacioncarpediem.com/blog/funciones-del-auxiliar-administrativo/>
- Función pública. (2018, March 23). *Decreto 570 de 2018*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85659>
- Función Pública. (2018, May 25). *Ley 1955 de 2019*. <https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>

- Función pública. (2020, June 10). *Decreto 829 de 2020*.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=127884>
- Gascueña, D. (2020, June 19). *Energía solar fotovoltaica: 4 tecnologías para revolucionarla | OpenMind*.  
<https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/cuatro-tecnologias-que-prometen-revolucionar-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- gerencie.com. (2021, febrero 17). *Contador público*. <https://www.gerencie.com/contador-publico.html>
- Gestor Normativo. (2017, diciembre 27). *Resolución 201 de 2017 CREG*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_creg\\_0201\\_2017.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0201_2017.htm)
- Gestor Normativo. (2018, febrero 3). *Resolución 15 de 2018 CREG*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_creg\\_0015\\_2018.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm)
- Gestor Normativo. (2020, septiembre 4). *Resolución 203 de 2020 UPME*.  
[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_upme\\_0203\\_2020.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0203_2020.htm)
- Gómez Salazar, E. A., & Díez Benjumea, J. (2015a). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gómez Salazar, E. A., & Díez Benjumea, J. (2015b). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gómez Salazar, E. A., & Díez Benjumea, J. (2015c). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gómez Salazar, E. A., & Díez Benjumea, J. (2015d). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gómez Salazar, E. A., & Díez Benjumea, J. (2015e). *Evaluación financiera de proyectos*.
- Gómez Salazar; Elkin A., & Díez Benjumea, J. (2015). *Evaluación financiera de proyectos*.
- González, L. (2021, noviembre). *¿A qué se dedica un ingeniero mecánico?*  
<https://www.emagister.com/blog/a-que-se-dedica-un-ingeniero-mecanico/>
- González, L. (2022). *¿Qué hace un ingeniero eléctrico?*  
<https://www.emagister.com/blog/que-hace-un-ingeniero-electrico/>
- Google Maps. (2022, October 4). *5JVW+RW4 - Google Maps*.  
<https://www.google.com/maps/place/77265JVW%2BRW4/@10.1868674,-75.3697951,14z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x679d65c64a643b6f!8m2!3d10.1945125!4d-75.3526719!5m1!1e4>
- Gosselin. (2011, julio 4). *Parque solar cubierto de malezas, apenas a un año y medio de inaugurado*. Parque Solar Cubierto de Malezas Apenas a Un Año y Medio de Inaugurado. [http://www.mitosyfraudes.org/Nuke/paneles\\_malezas.html](http://www.mitosyfraudes.org/Nuke/paneles_malezas.html)

- Higuera Aguilar, L. H., & Carmona Valencia, H. (2017). *Análisis de factibilidad de un proyecto de autogeneración eléctrica fotovoltaica en Colombia para áreas productivas menores de 10.000 m<sup>2</sup>*. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11690>
- ILPES, N. U. (2004). Boletín del instituto. In *METODOLOGÍA MARCO LÓGICO*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007_es.pdf)
- Ingearq. (2019, enero 14). *Conoce sobre las labores de un curador urbano*. Curaduría Urbana y Sus Funciones. <https://ingearq.com.co/que-es-una-curaduria-urbana-y-cuales-son-sus-funciones/>
- Jaramillo Herrera, C., Escobar Rangel, L., Martínez Moreno, W., García Collazos, J., Martínez Rojas, J. F., & Rodríguez Hernández, R. (2022). *Proyección demanda energía eléctrica, gas natural y combustibles líquidos*. [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe\\_proyeccion\\_demanda\\_energeticos.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf)
- la República. (2022, julio 12). *Nada fácil, con inflación al 10% y dólar a \$4.500*. <https://www.larepublica.co/opinion/editorial/nada-facil-con-inflacion-al-10-y-dolar-a-4-500-3401202>
- la Rotta, D. (2022). *La lógica de la bolsa de energía*. <https://www.aescol.com/es/la-logica-de-la-bolsa-de-energia>
- Meléndez, C. (2018). *Modelo alemán para la planificación de proyectos*. [https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/modelo\\_aleman\\_de\\_planificacion\\_de\\_proyectos.pdf](https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/modelo_aleman_de_planificacion_de_proyectos.pdf)
- MinAmbiente. (2022). *Sobre el Ministerio - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/sobre-el-ministerio/>
- MinAmbiente, & ANLA. (2017). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-EIA*.
- MinEnergía. (2022). *Fondo De Apoyo Financiero Para La Energización De Las Zonas Rurales Interconectadas*. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/fondos-especiales/fondo-de-apoyo-financiero-para-la-energizaci%C3%B3n-de-las-zonas-rurales-interconectadas-faer/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Ministerio de Minas y Energía*. [https://servicios.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=50&id\\_seccion=796&id\\_subcategoria=177&id\\_categoria=43](https://servicios.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=50&id_seccion=796&id_subcategoria=177&id_categoria=43)

- MinMinas. (2022a). *Historia - Ministerio de Minas y Energía GM*.  
<https://www.minenergia.gov.co/historia1>
- MinMinas. (2022b). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*.  
<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- Naciones Unidas. (2016). *El Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- Naciones Unidas. (2020). *COP26. COP26: Juntos Por El Planeta*.  
<https://www.un.org/es/climatechange/cop26>
- Nassir Sapag Chain. (2011). *Proyectos de Inversión: Formulación y Evaluación* (Segunda edición). Prentice Hall.
- NS ENERGY. (2021, March 23). *Los cinco países con mayor capacidad de energía solar del mundo*. Los Cinco Países Con Mayor Capacidad de Energía Solar Del Mundo.  
<https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/los-cinco-paises-con-mayor-capacidad-de-energia-solar-del-mundo>
- Oregón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. In *Naciones Unidas*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2020). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*.
- Portafolio. (2022). *El dólar alcanza su TRM más alta en la historia*.  
<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/el-dolar-alcanza-su-trm-mas-alta-en-la-historia-572636>
- Rimolo, M. (2010, septiembre 4). *Tecnología en Energías Renovables: Planta generadora de electricidad mediante Paneles Fotovoltaicos*.  
<http://tecnologiaenenergiasrenovables.blogspot.com/2010/09/planta-generadora-de-electricidad.html>
- Salazar Sierra, C. (2022, febrero 7). El Banco de la República estima que la tasa de desempleo llegará a 11,7% en 2022. *La República*.  
<https://www.larepublica.co/economia/el-banco-de-la-republica-estima-que-la-tasa-de-desempleo-llegara-a-11-7-en-2022-3298730>
- Siles, R., & Mónico, E. (2018). *Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos de desarrollo PM4R* (cuarta edición).  
<https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20>

- 0SPA.pdf?fbclid=IwAR0\_17MRzWGU-xgLTa1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhPdR2dJ0QbezaNZ-ig
- Sinergita95. (2021, julio 8). *¿Cuáles son las funciones de los técnicos electricistas?*  
<https://gr2electricidad.com/funciones-tecnicos-electricistas/>
- SMA. (2022a). *Caja de conexiones para aplicaciones fotovoltaicas - SMA STRING-COMBINER - SMA Regelsysteme - de pared / IP54 / robusta.*  
<https://www.directindustry.es/prod/sma-regelsysteme/product-26680-1853664.html>
- SMA. (2022b). *Medium Voltage Power Station 4000 / 4200 / 4400 / 4600.*  
<https://www.sma.de/es/productos/estaciones-de-potencia/medium-voltage-power-station-4600>
- SMA. (2022c). *Sunny Central 2200 / 2475 / 2500-EV / 2750-EV / 3000-EV.*  
<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-central-2200-2475-2500-ev-2750-ev-3000-ev>
- SMTM. (2022). *Director Administrativo Financiero.*  
<https://www.smtm.co/co/profesiones/director-administrativo-financiero-financieros>
- Soto, J. (2020, June 1). *¿Energías limpias y renovables son lo mismo?*  
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/8519/energias-limpias-y-renovables-son-lo-mismo/>
- Spiegato. (2022). *¿Qué hace un supervisor técnico?* . <https://spiegato.com/es/que-hace-un-supervisor-tecnico>
- Sunpower. (2022). *Seguidor solar de un eje - T0 TRACKER 250 kW - Sunpower - para instalación fotovoltaica.* <https://www.archiexpo.es/prod/sunpower/product-54500-501032.html>
- Sy Corvo, H. (2019). Estudio de prefactibilidad: para qué sirve, cómo se hace, ejemplo. In *Estudio de prefactibilidad: para qué sirve, cómo se hace, ejemplo.*  
<https://www.lifeder.com/estudio-de-prefactibilidad/>
- Termotasajero. (2022). *Mercado de energía mayorista.* <https://termotasajero.com.co/a-nuestros-clientes/>
- The climate reality Project. (2022, April 20). *Países de América Latina que ya usan energías renovables.* <https://www.climatereality.lat/actualidad/paises-de-america-latina-que-ya-usan-energias-renovables/>
- Univergy Solar. (2021, julio 22). *Estos son los avances en paneles solares de los últimos años.* <https://www.univergysolar.com/avances-paneles-solares/>

- UPME. (2020a). *Informe de Gestión 2020*.  
[https://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe\\_de\\_Gestion\\_2020V2.pdf](https://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe_de_Gestion_2020V2.pdf)
- UPME. (2020b). *Invierta y Gane con Energía Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*.  
[https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf)
- UPME. (2022a). *Proyecciones de demanda*.  
<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>
- UPME. (2022b). *UPME*.  
<https://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quienes-Somos.aspx>
- Urrego, A. (2021, septiembre 11). Capacidad instalada de granjas solares llegó a 236 MW con Meta como principal generador. *Capacidad Instalada de Granjas Solares Llegó a 236 MW Con Meta Como Principal Generador*.  
<https://www.larepublica.co/economia/capacidad-instalada-de-granjas-solares-llego-a-236-mw-con-meta-como-principal-generador-3230877>
- Valencia, A. C. M. (2016). Crisis energética en Colombia. *Tecnología Investigación y Academia*, 4(2), 74–81.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/10411>
- Valora Analitik. (2022a, June 8). *En marzo, deuda externa de Colombia alcanzó su máximo del 2022*. <https://www.valoraanalitik.com/2022/06/08/marzo-deuda-externa-colombia-alcanzo-su-maximo-del-2022/>
- Valora Analitik. (2022b, julio 5). *Inflación anual a junio alcanzó máximo en 22 años*. Inflación Anual a Junio En Colombia Alcanzó Nuevo Máximo En 22 Años.  
<https://www.valoraanalitik.com/2022/07/05/inflacion-anual-a-junio-alcanzo-maximo-en-22-anos/>
- Webster, M. (2022, September 29). *Lady Panthers takes three-match win streak into final stretch*. [https://www.madisoncourier.com/north\\_vernon/lady-panthers-take-three-match-win-streak-into-final-stretch/article\\_4a19f95d-ffa2-530d-a2bf-ae38e010942f.html#tncms-source=article-nav-next](https://www.madisoncourier.com/north_vernon/lady-panthers-take-three-match-win-streak-into-final-stretch/article_4a19f95d-ffa2-530d-a2bf-ae38e010942f.html#tncms-source=article-nav-next)
- WWF. (2018, septiembre 18). *Glosario ambiental : ¿Sabes qué se pactó en el Acuerdo de París? ¿Sabes Que Es El Acuerdo de París?*  
<https://www.wwf.org.co/?334976/Glosario-ambiental--Sabes-que-se-pacto-en-el-Acuerdo-de-Paris>

XM. (2022a). *Precio de bolsa y escasez*. <https://www.xm.com.co/transacciones/cargo-por-confiabilidad/precio-de-bolsa-y-escasez>

XM. (2022b). *Precio de Contratos*.

<https://informeanual.xm.com.co/2020/informe/pages/xm/18-precio-de-contratos.html>

XM. (2022c). *Redes Sistema Interconectado Nacional*.

<https://www.xm.com.co/transmisi%C3%B3n/redes-sistema-interconectado-nacional>

## ANEXOS

### Anexo 1

| Fecha       | Precio máximo de Bolsa (\$/kWh) | Variación |
|-------------|---------------------------------|-----------|
| 01/ene/2021 | 199                             | 5 %       |
| 02/ene/2021 | 189                             | -5 %      |
| 03/ene/2021 | 199                             | 0 %       |
| 04/ene/2021 | 198                             | -15 %     |
| 05/ene/2021 | 228                             | 14 %      |
| 06/ene/2021 | 197                             | 8 %       |
| 07/ene/2021 | 182                             | -1 %      |
| 08/ene/2021 | 184                             | 6 %       |
| 09/ene/2021 | 174                             | 1 %       |
| 10/ene/2021 | 171                             | 3 %       |
| 11/ene/2021 | 166                             | -1 %      |
| 12/ene/2021 | 167                             | 0 %       |
| 13/ene/2021 | 166                             | 4 %       |
| 14/ene/2021 | 160                             | -11 %     |
| 15/ene/2021 | 179                             | 11 %      |
| 16/ene/2021 | 159                             | -19 %     |
| 17/ene/2021 | 189                             | -10 %     |
| 18/ene/2021 | 208                             | 6 %       |
| 19/ene/2021 | 195                             | -7 %      |
| 20/ene/2021 | 208                             | -2 %      |
| 21/ene/2021 | 213                             | 0 %       |
| 22/ene/2021 | 214                             | -36 %     |
| 23/ene/2021 | 290                             | 1 %       |
| 24/ene/2021 | 288                             | 12 %      |
| 25/ene/2021 | 253                             | 0 %       |
| 26/ene/2021 | 253                             | 3 %       |
| 27/ene/2021 | 245                             | -6 %      |
| 28/ene/2021 | 259                             | 9 %       |
| 29/ene/2021 | 235                             | 1 %       |
| 30/ene/2021 | 233                             | 3 %       |
| 31/ene/2021 | 227                             | -22 %     |
| 01/feb/2021 | 277                             | -25 %     |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 02/feb/2021 | 347 | -3 %  |
| 03/feb/2021 | 359 | 24 %  |
| 04/feb/2021 | 274 | 3 %   |
| 05/feb/2021 | 267 | -2 %  |
| 06/feb/2021 | 273 | -3 %  |
| 07/feb/2021 | 280 | -6 %  |
| 08/feb/2021 | 298 | -3 %  |
| 09/feb/2021 | 308 | -5 %  |
| 10/feb/2021 | 322 | 5 %   |
| 11/feb/2021 | 305 | -8 %  |
| 12/feb/2021 | 329 | 12 %  |
| 13/feb/2021 | 288 | -4 %  |
| 14/feb/2021 | 298 | -16 % |
| 15/feb/2021 | 347 | -9 %  |
| 16/feb/2021 | 377 | -1 %  |
| 17/feb/2021 | 379 | 19 %  |
| 18/feb/2021 | 307 | 0 %   |
| 19/feb/2021 | 309 | -9 %  |
| 20/feb/2021 | 336 | 21 %  |
| 21/feb/2021 | 267 | -16 % |
| 22/feb/2021 | 310 | -1 %  |
| 23/feb/2021 | 313 | 18 %  |
| 24/feb/2021 | 256 | -8 %  |
| 25/feb/2021 | 277 | -14 % |
| 26/feb/2021 | 317 | 16 %  |
| 27/feb/2021 | 267 | 5 %   |
| 28/feb/2021 | 254 | -3 %  |
| 01/mar/2021 | 261 | 10 %  |
| 02/mar/2021 | 236 | 9 %   |
| 03/mar/2021 | 214 | 5 %   |
| 04/mar/2021 | 203 | -29 % |
| 05/mar/2021 | 261 | 4 %   |
| 06/mar/2021 | 250 | 22 %  |
| 07/mar/2021 | 195 | -28 % |
| 08/mar/2021 | 250 | -4 %  |
| 09/mar/2021 | 261 | 17 %  |
| 10/mar/2021 | 215 | 0 %   |
| 11/mar/2021 | 215 | -9 %  |
| 12/mar/2021 | 235 | 0 %   |
| 13/mar/2021 | 234 | 11 %  |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 14/mar/2021 | 208 | -12 % |
| 15/mar/2021 | 232 | 10 %  |
| 16/mar/2021 | 209 | -15 % |
| 17/mar/2021 | 241 | 0 %   |
| 18/mar/2021 | 241 | 10 %  |
| 19/mar/2021 | 217 | 24 %  |
| 20/mar/2021 | 165 | 21 %  |
| 21/mar/2021 | 130 | -8 %  |
| 22/mar/2021 | 140 | -3 %  |
| 23/mar/2021 | 145 | 3 %   |
| 24/mar/2021 | 141 | -6 %  |
| 25/mar/2021 | 150 | 3 %   |
| 26/mar/2021 | 146 | -17 % |
| 27/mar/2021 | 171 | 11 %  |
| 28/mar/2021 | 152 | -20 % |
| 29/mar/2021 | 183 | -4 %  |
| 30/mar/2021 | 190 | 15 %  |
| 31/mar/2021 | 161 | -3 %  |
| 01/abr/2021 | 166 | 8 %   |
| 02/abr/2021 | 153 | -16 % |
| 03/abr/2021 | 177 | -3 %  |
| 04/abr/2021 | 183 | -12 % |
| 05/abr/2021 | 204 | 14 %  |
| 06/abr/2021 | 176 | 2 %   |
| 07/abr/2021 | 172 | -39 % |
| 08/abr/2021 | 239 | 13 %  |
| 09/abr/2021 | 209 | 28 %  |
| 10/abr/2021 | 150 | 3 %   |
| 11/abr/2021 | 145 | -3 %  |
| 12/abr/2021 | 149 | -19 % |
| 13/abr/2021 | 178 | -11 % |
| 14/abr/2021 | 199 | -20 % |
| 15/abr/2021 | 238 | 16 %  |
| 16/abr/2021 | 199 | -20 % |
| 17/abr/2021 | 239 | 17 %  |
| 18/abr/2021 | 199 | -5 %  |
| 19/abr/2021 | 210 | 6 %   |
| 20/abr/2021 | 198 | -30 % |
| 21/abr/2021 | 258 | 15 %  |
| 22/abr/2021 | 218 | 10 %  |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 23/abr/2021 | 195 | 1 %   |
| 24/abr/2021 | 193 | 3 %   |
| 25/abr/2021 | 188 | -16 % |
| 26/abr/2021 | 219 | 13 %  |
| 27/abr/2021 | 190 | 0 %   |
| 28/abr/2021 | 190 | -7 %  |
| 29/abr/2021 | 204 | 21 %  |
| 30/abr/2021 | 160 | 0 %   |
| 01/may/2021 | 160 | 20 %  |
| 02/may/2021 | 129 | -13 % |
| 03/may/2021 | 146 | -32 % |
| 04/may/2021 | 193 | 22 %  |
| 05/may/2021 | 151 | 26 %  |
| 06/may/2021 | 112 | -5 %  |
| 07/may/2021 | 117 | 4 %   |
| 08/may/2021 | 112 | 3 %   |
| 09/may/2021 | 108 | 1 %   |
| 10/may/2021 | 107 | 5 %   |
| 11/may/2021 | 102 | 2 %   |
| 12/may/2021 | 99  | -10 % |
| 13/may/2021 | 109 | 14 %  |
| 14/may/2021 | 94  | 0 %   |
| 15/may/2021 | 94  | 1 %   |
| 16/may/2021 | 93  | 1 %   |
| 17/may/2021 | 92  | 0 %   |
| 18/may/2021 | 92  | -3 %  |
| 19/may/2021 | 94  | 2 %   |
| 20/may/2021 | 92  | 1 %   |
| 21/may/2021 | 92  | 0 %   |
| 22/may/2021 | 91  | 0 %   |
| 23/may/2021 | 92  | 0 %   |
| 24/may/2021 | 92  | -1 %  |
| 25/may/2021 | 93  | 0 %   |
| 26/may/2021 | 93  | 0 %   |
| 27/may/2021 | 93  | -1 %  |
| 28/may/2021 | 94  | -1 %  |
| 29/may/2021 | 95  | 1 %   |
| 30/may/2021 | 94  | 2 %   |
| 31/may/2021 | 92  | 1 %   |
| 01/jun/2021 | 91  | 0 %   |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 02/jun/2021 | 91  | -163 % |
| 03/jun/2021 | 239 | 62 %   |
| 04/jun/2021 | 90  | -3 %   |
| 05/jun/2021 | 93  | -1 %   |
| 06/jun/2021 | 94  | 2 %    |
| 07/jun/2021 | 92  | 0 %    |
| 08/jun/2021 | 92  | 0 %    |
| 09/jun/2021 | 92  | 0 %    |
| 10/jun/2021 | 92  | 1 %    |
| 11/jun/2021 | 91  | -1 %   |
| 12/jun/2021 | 92  | 1 %    |
| 13/jun/2021 | 91  | 0 %    |
| 14/jun/2021 | 91  | -1 %   |
| 15/jun/2021 | 92  | -1 %   |
| 16/jun/2021 | 93  | 1 %    |
| 17/jun/2021 | 92  | -2 %   |
| 18/jun/2021 | 94  | 0 %    |
| 19/jun/2021 | 94  | 2 %    |
| 20/jun/2021 | 92  | 1 %    |
| 21/jun/2021 | 91  | 0 %    |
| 22/jun/2021 | 91  | 0 %    |
| 23/jun/2021 | 91  | -1 %   |
| 24/jun/2021 | 92  | -1 %   |
| 25/jun/2021 | 93  | 1 %    |
| 26/jun/2021 | 92  | 1 %    |
| 27/jun/2021 | 91  | -2 %   |
| 28/jun/2021 | 93  | 1 %    |
| 29/jun/2021 | 92  | -1 %   |
| 30/jun/2021 | 94  | -1 %   |
| 01/jul/2021 | 95  | 4 %    |
| 02/jul/2021 | 91  | -2 %   |
| 03/jul/2021 | 93  | 1 %    |
| 04/jul/2021 | 92  | 3 %    |
| 05/jul/2021 | 90  | 0 %    |
| 06/jul/2021 | 91  | -2 %   |
| 07/jul/2021 | 92  | -2 %   |
| 08/jul/2021 | 94  | -12 %  |
| 09/jul/2021 | 105 | 0 %    |
| 10/jul/2021 | 105 | 13 %   |
| 11/jul/2021 | 91  | -2 %   |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 12/jul/2021 | 93  | 1 %   |
| 13/jul/2021 | 91  | 1 %   |
| 14/jul/2021 | 91  | -41 % |
| 15/jul/2021 | 128 | 19 %  |
| 16/jul/2021 | 103 | 10 %  |
| 17/jul/2021 | 93  | 1 %   |
| 18/jul/2021 | 92  | -29 % |
| 19/jul/2021 | 118 | 8 %   |
| 20/jul/2021 | 109 | 7 %   |
| 21/jul/2021 | 101 | 7 %   |
| 22/jul/2021 | 94  | -51 % |
| 23/jul/2021 | 141 | 35 %  |
| 24/jul/2021 | 92  | 2 %   |
| 25/jul/2021 | 91  | 0 %   |
| 26/jul/2021 | 91  | -3 %  |
| 27/jul/2021 | 94  | 1 %   |
| 28/jul/2021 | 92  | 2 %   |
| 29/jul/2021 | 91  | -1 %  |
| 30/jul/2021 | 92  | 1 %   |
| 31/jul/2021 | 91  | 0 %   |
| 01/ago/2021 | 91  | -5 %  |
| 02/ago/2021 | 95  | -62 % |
| 03/ago/2021 | 154 | 1 %   |
| 04/ago/2021 | 153 | 12 %  |
| 05/ago/2021 | 135 | 31 %  |
| 06/ago/2021 | 93  | 1 %   |
| 07/ago/2021 | 92  | 1 %   |
| 08/ago/2021 | 91  | 0 %   |
| 09/ago/2021 | 92  | -63 % |
| 10/ago/2021 | 149 | 11 %  |
| 11/ago/2021 | 132 | 3 %   |
| 12/ago/2021 | 128 | 27 %  |
| 13/ago/2021 | 93  | 1 %   |
| 14/ago/2021 | 92  | -1 %  |
| 15/ago/2021 | 93  | 3%    |
| 16/ago/2021 | 91  | -3 %  |
| 17/ago/2021 | 94  | -2 %  |
| 18/ago/2021 | 96  | 1 %   |
| 19/ago/2021 | 95  | 1 %   |
| 20/ago/2021 | 94  | -1 %  |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 21/ago/2021 | 95  | 1 %    |
| 22/ago/2021 | 93  | 2 %    |
| 23/ago/2021 | 92  | 0 %    |
| 24/ago/2021 | 92  | -1 %   |
| 25/ago/2021 | 92  | 1 %    |
| 26/ago/2021 | 91  | 0 %    |
| 27/ago/2021 | 91  | 0 %    |
| 28/ago/2021 | 91  | -1 %   |
| 29/ago/2021 | 91  | 0 %    |
| 30/ago/2021 | 91  | -2 %   |
| 31/ago/2021 | 93  | -33 %  |
| 01/sep/2021 | 124 | -4 %   |
| 02/sep/2021 | 129 | 0 %    |
| 03/sep/2021 | 128 | 26 %   |
| 04/sep/2021 | 95  | 2 %    |
| 05/sep/2021 | 93  | -6 %   |
| 06/sep/2021 | 98  | -35 %  |
| 07/sep/2021 | 133 | -26 %  |
| 08/sep/2021 | 167 | 39 %   |
| 09/sep/2021 | 101 | -67 %  |
| 10/sep/2021 | 170 | 43 %   |
| 11/sep/2021 | 97  | 5 %    |
| 12/sep/2021 | 92  | -22 %  |
| 13/sep/2021 | 112 | -12 %  |
| 14/sep/2021 | 126 | 5 %    |
| 15/sep/2021 | 119 | 23 %   |
| 16/sep/2021 | 92  | 1 %    |
| 17/sep/2021 | 91  | -19 %  |
| 18/sep/2021 | 108 | -4 %   |
| 19/sep/2021 | 113 | -17 %  |
| 20/sep/2021 | 131 | -28 %  |
| 21/sep/2021 | 168 | 0 %    |
| 22/sep/2021 | 168 | -17 %  |
| 23/sep/2021 | 197 | 22 %   |
| 24/sep/2021 | 153 | -3 %   |
| 25/sep/2021 | 157 | 42 %   |
| 26/sep/2021 | 91  | -132 % |
| 27/sep/2021 | 213 | 4 %    |
| 28/sep/2021 | 205 | -10 %  |
| 29/sep/2021 | 225 | 37 %   |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 30/sep/2021 | 142 | 11 %   |
| 01/oct/2021 | 126 | 1 %    |
| 02/oct/2021 | 125 | 7 %    |
| 03/oct/2021 | 116 | -70 %  |
| 04/oct/2021 | 198 | 38 %   |
| 05/oct/2021 | 123 | -3 %   |
| 06/oct/2021 | 126 | -38 %  |
| 07/oct/2021 | 174 | 11 %   |
| 08/oct/2021 | 154 | 43 %   |
| 09/oct/2021 | 88  | -7 %   |
| 10/oct/2021 | 94  | -20 %  |
| 11/oct/2021 | 113 | -10 %  |
| 12/oct/2021 | 123 | 1 %    |
| 13/oct/2021 | 122 | -3 %   |
| 14/oct/2021 | 126 | -9 %   |
| 15/oct/2021 | 138 | 0 %    |
| 16/oct/2021 | 138 | 15 %   |
| 17/oct/2021 | 118 | 26 %   |
| 18/oct/2021 | 87  | -47 %  |
| 19/oct/2021 | 129 | 18 %   |
| 20/oct/2021 | 105 | -113 % |
| 21/oct/2021 | 224 | 58 %   |
| 22/oct/2021 | 94  | -138 % |
| 23/oct/2021 | 223 | 59 %   |
| 24/oct/2021 | 91  | -146 % |
| 25/oct/2021 | 223 | -1 %   |
| 26/oct/2021 | 225 | 0 %    |
| 27/oct/2021 | 224 | 1 %    |
| 28/oct/2021 | 223 | 60 %   |
| 29/oct/2021 | 88  | 1 %    |
| 30/oct/2021 | 87  | 0 %    |
| 31/oct/2021 | 88  | -6 %   |
| 01/nov/2021 | 93  | -104 % |
| 02/nov/2021 | 189 | -1 %   |
| 03/nov/2021 | 190 | 37 %   |
| 04/nov/2021 | 120 | 23 %   |
| 05/nov/2021 | 93  | -2 %   |
| 06/nov/2021 | 95  | 1 %    |
| 07/nov/2021 | 94  | -1 %   |
| 08/nov/2021 | 95  | -142 % |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 09/nov/2021 | 229 | 26 %  |
| 10/nov/2021 | 169 | 5 %   |
| 11/nov/2021 | 161 | 38 %  |
| 12/nov/2021 | 100 | 1 %   |
| 13/nov/2021 | 99  | 6 %   |
| 14/nov/2021 | 93  | 1 %   |
| 15/nov/2021 | 92  | -95 % |
| 16/nov/2021 | 180 | -1 %  |
| 17/nov/2021 | 181 | 1 %   |
| 18/nov/2021 | 180 | 35 %  |
| 19/nov/2021 | 118 | -12 % |
| 20/nov/2021 | 132 | 16 %  |
| 21/nov/2021 | 110 | -31 % |
| 22/nov/2021 | 144 | -9 %  |
| 23/nov/2021 | 157 | -2 %  |
| 24/nov/2021 | 161 | 20 %  |
| 25/nov/2021 | 129 | 4 %   |
| 26/nov/2021 | 124 | 23 %  |
| 27/nov/2021 | 96  | 1 %   |
| 28/nov/2021 | 95  | -41 % |
| 29/nov/2021 | 134 | -33 % |
| 30/nov/2021 | 179 | 15 %  |
| 01/dic/2021 | 152 | 30 %  |
| 02/dic/2021 | 107 | -28 % |
| 03/dic/2021 | 136 | 8 %   |
| 04/dic/2021 | 125 | -3 %  |
| 05/dic/2021 | 129 | -25 % |
| 06/dic/2021 | 161 | -3 %  |
| 07/dic/2021 | 165 | 2 %   |
| 08/dic/2021 | 162 | -12 % |
| 09/dic/2021 | 181 | -15 % |
| 10/dic/2021 | 208 | -15 % |
| 11/dic/2021 | 239 | -8 %  |
| 12/dic/2021 | 258 | -30 % |
| 13/dic/2021 | 336 | -10 % |
| 14/dic/2021 | 369 | -19 % |
| 15/dic/2021 | 439 | -16 % |
| 16/dic/2021 | 511 | -5 %  |
| 17/dic/2021 | 536 | -5 %  |
| 18/dic/2021 | 561 | -1 %  |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 19/dic/2021 | 566 | -4 %  |
| 20/dic/2021 | 589 | 0 %   |
| 21/dic/2021 | 587 | -1 %  |
| 22/dic/2021 | 593 | 3 %   |
| 23/dic/2021 | 575 | -1 %  |
| 24/dic/2021 | 579 | 22 %  |
| 25/dic/2021 | 455 | -29 % |
| 26/dic/2021 | 585 | 1 %   |
| 27/dic/2021 | 576 | 20 %  |
| 28/dic/2021 | 461 | 2 %   |
| 29/dic/2021 | 450 | 1 %   |
| 30/dic/2021 | 444 | 15 %  |
| 31/dic/2021 | 378 | 41 %  |
| 01/ene/2022 | 225 | -15 % |
| 02/ene/2022 | 258 | 5 %   |
| 03/ene/2022 | 244 | 8 %   |
| 04/ene/2022 | 224 | 8 %   |
| 05/ene/2022 | 206 | 3 %   |
| 06/ene/2022 | 201 | -4 %  |
| 07/ene/2022 | 209 | 0 %   |
| 08/ene/2022 | 209 | 2 %   |
| 09/ene/2022 | 205 | 1 %   |
| 10/ene/2022 | 204 | -59 % |
| 11/ene/2022 | 324 | 22 %  |
| 12/ene/2022 | 254 | 4 %   |
| 13/ene/2022 | 244 | -12 % |
| 14/ene/2022 | 274 | 3 %   |
| 15/ene/2022 | 265 | 0 %   |
| 16/ene/2022 | 265 | -11 % |
| 17/ene/2022 | 294 | -19 % |
| 18/ene/2022 | 349 | 17 %  |
| 19/ene/2022 | 291 | -8 %  |
| 20/ene/2022 | 314 | 0 %   |
| 21/ene/2022 | 316 | -1 %  |
| 22/ene/2022 | 318 | -1 %  |
| 23/ene/2022 | 321 | -17 % |
| 24/ene/2022 | 374 | -29 % |
| 25/ene/2022 | 484 | 14 %  |
| 26/ene/2022 | 414 | -51 % |
| 27/ene/2022 | 625 | 15 %  |

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 28/ene/2022 | 529 | 0 %   |
| 29/ene/2022 | 527 | -3 %  |
| 30/ene/2022 | 545 | 1 %   |
| 31/ene/2022 | 540 | -15 % |
| 01/feb/2022 | 622 | -14 % |
| 02/feb/2022 | 712 | -3 %  |
| 03/feb/2022 | 731 | 12 %  |
| 04/feb/2022 | 640 | -14 % |
| 05/feb/2022 | 731 | 11 %  |
| 06/feb/2022 | 650 | -11 % |
| 07/feb/2022 | 722 | 1 %   |
| 08/feb/2022 | 712 | 17 %  |
| 09/feb/2022 | 592 | 20 %  |
| 10/feb/2022 | 475 | 18 %  |
| 11/feb/2022 | 392 | -8 %  |
| 12/feb/2022 | 422 | 23 %  |
| 13/feb/2022 | 326 | -17 % |
| 14/feb/2022 | 381 | 5 %   |
| 15/feb/2022 | 362 | -3 %  |
| 16/feb/2022 | 373 | 0 %   |
| 17/feb/2022 | 372 | 5 %   |
| 18/feb/2022 | 353 | 11 %  |
| 19/feb/2022 | 313 | 11 %  |
| 20/feb/2022 | 278 | 0 %   |
| 21/feb/2022 | 277 | -34 % |
| 22/feb/2022 | 372 | 22 %  |
| 23/feb/2022 | 291 | 0 %   |
| 24/feb/2022 | 291 | 10 %  |
| 25/feb/2022 | 261 | 2 %   |
| 26/feb/2022 | 256 | -17 % |
| 27/feb/2022 | 300 | -1 %  |
| 28/feb/2022 | 302 | -15 % |
| 01/mar/2022 | 348 | 14 %  |
| 02/mar/2022 | 299 | 3 %   |
| 03/mar/2022 | 289 | 22 %  |
| 04/mar/2022 | 225 | 1 %   |
| 05/mar/2022 | 222 | 10 %  |
| 06/mar/2022 | 201 | -49 % |
| 07/mar/2022 | 299 | -51 % |
| 08/mar/2022 | 451 | 0 %   |

|             |      |        |
|-------------|------|--------|
| 09/mar/2022 | 452  | 56 %   |
| 10/mar/2022 | 201  | 5 %    |
| 11/mar/2022 | 191  | 1 %    |
| 12/mar/2022 | 189  | -16 %  |
| 13/mar/2022 | 219  | -18 %  |
| 14/mar/2022 | 259  | -1 %   |
| 15/mar/2022 | 261  | -12 %  |
| 16/mar/2022 | 293  | -41 %  |
| 17/mar/2022 | 412  | 30 %   |
| 18/mar/2022 | 289  | 18 %   |
| 19/mar/2022 | 237  | -1 %   |
| 20/mar/2022 | 239  | -2 %   |
| 21/mar/2022 | 243  | 2 %    |
| 22/mar/2022 | 239  | -20 %  |
| 23/mar/2022 | 288  | 6 %    |
| 24/mar/2022 | 272  | 8 %    |
| 25/mar/2022 | 249  | 0 %    |
| 26/mar/2022 | 249  | -1 %   |
| 27/mar/2022 | 252  | -38 %  |
| 28/mar/2022 | 348  | 0 %    |
| 29/mar/2022 | 349  | -2 %   |
| 30/mar/2022 | 355  | -1 %   |
| 31/mar/2022 | 359  | 4 %    |
| 01/abr/2022 | 343  | 17 %   |
| 02/abr/2022 | 284  | 35 %   |
| 03/abr/2022 | 183  | -40 %  |
| 04/abr/2022 | 257  | -12 %  |
| 05/abr/2022 | 289  | 11 %   |
| 06/abr/2022 | 257  | -303 % |
| 07/abr/2022 | 1035 | 85 %   |
| 08/abr/2022 | 159  | 3 %    |
| 09/abr/2022 | 155  | -1 %   |
| 10/abr/2022 | 157  | -7 %   |
| 11/abr/2022 | 167  | 20 %   |
| 12/abr/2022 | 134  | -14 %  |
| 13/abr/2022 | 153  | 17 %   |
| 14/abr/2022 | 127  | 15 %   |
| 15/abr/2022 | 108  | -30 %  |
| 16/abr/2022 | 140  | -6 %   |
| 17/abr/2022 | 148  | -5 %   |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 18/abr/2022 | 156 | -128 % |
| 19/abr/2022 | 356 | 53 %   |
| 20/abr/2022 | 168 | 11 %   |
| 21/abr/2022 | 149 | 16 %   |
| 22/abr/2022 | 125 | 1 %    |
| 23/abr/2022 | 123 | 3 %    |
| 24/abr/2022 | 120 | 8 %    |
| 25/abr/2022 | 110 | -3 %   |
| 26/abr/2022 | 114 | 3 %    |
| 27/abr/2022 | 111 | 5 %    |
| 28/abr/2022 | 105 | 3 %    |
| 29/abr/2022 | 102 | 2 %    |
| 30/abr/2022 | 100 | 1 %    |
| 01/may/2022 | 99  | -32 %  |
| 02/may/2022 | 131 | -1 %   |
| 03/may/2022 | 131 | -156 % |
| 04/may/2022 | 336 | 61 %   |
| 05/may/2022 | 130 | 7 %    |
| 06/may/2022 | 121 | -3 %   |
| 07/may/2022 | 124 | 3 %    |
| 08/may/2022 | 121 | -11 %  |
| 09/may/2022 | 134 | 12 %   |
| 10/may/2022 | 118 | -94 %  |
| 11/may/2022 | 228 | 46 %   |
| 12/may/2022 | 123 | 15 %   |
| 13/may/2022 | 104 | 3 %    |
| 14/may/2022 | 101 | 2 %    |
| 15/may/2022 | 99  | -18 %  |
| 16/may/2022 | 117 | -14 %  |
| 17/may/2022 | 132 | -49 %  |
| 18/may/2022 | 197 | 36 %   |
| 19/may/2022 | 127 | 5 %    |
| 20/may/2022 | 121 | 4 %    |
| 21/may/2022 | 116 | 17 %   |
| 22/may/2022 | 96  | -36 %  |
| 23/may/2022 | 131 | 18 %   |
| 24/may/2022 | 107 | 4 %    |
| 25/may/2022 | 103 | 2 %    |
| 26/may/2022 | 101 | 3 %    |
| 27/may/2022 | 99  | 1 %    |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 28/may/2022 | 97  | 0 %    |
| 29/may/2022 | 97  | 0 %    |
| 30/may/2022 | 97  | 1 %    |
| 31/may/2022 | 96  | -169 % |
| 01/jun/2022 | 258 | 59 %   |
| 02/jun/2022 | 107 | -5%    |
| 03/jun/2022 | 112 | 5 %    |
| 04/jun/2022 | 107 | 4 %    |
| 05/jun/2022 | 103 | 0 %    |
| 06/jun/2022 | 103 | -2 %   |
| 07/jun/2022 | 104 | -55 %  |
| 08/jun/2022 | 161 | -40 %  |
| 09/jun/2022 | 226 | 25 %   |
| 10/jun/2022 | 170 | 37 %   |
| 11/jun/2022 | 107 | 0 %    |
| 12/jun/2022 | 106 | 2 %    |
| 13/jun/2022 | 104 | 0 %    |
| 14/jun/2022 | 104 | 0 %    |
| 15/jun/2022 | 104 | 1 %    |
| 16/jun/2022 | 103 | -1 %   |
| 17/jun/2022 | 104 | 1 %    |
| 18/jun/2022 | 103 | -2 %   |
| 19/jun/2022 | 106 | 2 %    |
| 20/jun/2022 | 103 | 0 %    |
| 21/jun/2022 | 104 | -3 %   |
| 22/jun/2022 | 106 | 0 %    |
| 23/jun/2022 | 106 | 1 %    |
| 24/jun/2022 | 105 | 1 %    |
| 25/jun/2022 | 104 | 0 %    |
| 26/jun/2022 | 104 | 0 %    |
| 27/jun/2022 | 104 | -1 %   |
| 28/jun/2022 | 105 | -2 %   |
| 29/jun/2022 | 108 | 2 %    |
| 30/jun/2022 | 106 | 1 %    |
| 01/jul/2022 | 105 | 1 %    |
| 02/jul/2022 | 105 | 0 %    |
| 03/jul/2022 | 105 | 0 %    |
| 04/jul/2022 | 105 | -14 %  |
| 05/jul/2022 | 119 | 10 %   |
| 06/jul/2022 | 108 | -29 %  |

|             |     |        |
|-------------|-----|--------|
| 07/jul/2022 | 139 | 23 %   |
| 08/jul/2022 | 107 | -3 %   |
| 09/jul/2022 | 110 | 2 %    |
| 10/jul/2022 | 109 | 3 %    |
| 11/jul/2022 | 106 | -165 % |
| 12/jul/2022 | 281 | 50 %   |
| 13/jul/2022 | 141 | -2 %   |
| 14/jul/2022 | 144 | 22 %   |
| 15/jul/2022 | 112 | -16 %  |
| 16/jul/2022 | 130 | 17 %   |
| 17/jul/2022 | 108 | -38 %  |
| 18/jul/2022 | 149 | 14 %   |
| 19/jul/2022 | 127 | 14 %   |
| 20/jul/2022 | 109 | -24 %  |
| 21/jul/2022 | 134 | 22 %   |
| 22/jul/2022 | 104 | 0 %    |
| 23/jul/2022 | 104 | -9 %   |
| 24/jul/2022 | 114 | 3 %    |
| 25/jul/2022 | 110 | -271%  |
| 26/jul/2022 | 407 | 73 %   |
| 27/jul/2022 | 109 | 4 %    |
| 28/jul/2022 | 105 | -7 %   |
| 29/jul/2022 | 112 | 2 %    |
| 30/jul/2022 | 110 | -9 %   |
| 31/jul/2022 | 120 | -1 %   |
| 01/ago/2022 | 121 | 15 %   |
| 02/ago/2022 | 103 | -9 %   |
| 03/ago/2022 | 112 | 3 %    |
| 04/ago/2022 | 109 | 3 %    |
| 05/ago/2022 | 106 | 1 %    |
| 06/ago/2022 | 104 | 2 %    |
| 07/ago/2022 | 102 | 0 %    |
| 08/ago/2022 | 103 | 0 %    |
| 09/ago/2022 | 103 | 0 %    |
| 10/ago/2022 | 103 | 0 %    |
| 11/ago/2022 | 103 | -2 %   |
| 12/ago/2022 | 106 | 1 %    |

Fuente: XM, 2022.

## Anexo 2

| <b>Mes</b> | <b>Inflación</b> |
|------------|------------------|
| 202209     | 11,44            |
| 202208     | 10,84            |
| 202207     | 10,21            |
| 202206     | 9,67             |
| 202205     | 9,07             |
| 202204     | 9,23             |
| 202203     | 8,53             |
| 202202     | 8,01             |
| 202201     | 6,94             |
| 202112     | 5,62             |
| 202111     | 5,26             |
| 202110     | 4,58             |
| 202109     | 4,51             |
| 202108     | 4,44             |
| 202107     | 3,97             |
| 202106     | 3,63             |
| 202105     | 3,3              |
| 202104     | 1,95             |
| 202103     | 1,51             |
| 202102     | 1,56             |
| 202101     | 1,6              |
| 202012     | 1,61             |
| 202011     | 1,49             |
| 202010     | 1,75             |
| 202009     | 1,97             |
| 202008     | 1,88             |
| 202007     | 1,97             |
| 202006     | 2,19             |
| 202005     | 2,85             |
| 202004     | 3,51             |
| 202003     | 3,86             |
| 202002     | 3,72             |
| 202001     | 3,62             |
| 201912     | 3,8              |
| 201911     | 3,84             |
| 201910     | 3,86             |
| 201909     | 3,82             |
| 201908     | 3,75             |

|        |      |
|--------|------|
| 201907 | 3,79 |
| 201906 | 3,43 |
| 201905 | 3,31 |
| 201904 | 3,25 |
| 201903 | 3,21 |
| 201902 | 3,01 |
| 201901 | 3,15 |
| 201812 | 3,18 |
| 201811 | 3,27 |
| 201810 | 3,33 |
| 201809 | 3,23 |
| 201808 | 3,1  |
| 201807 | 3,12 |
| 201806 | 3,2  |
| 201805 | 3,16 |
| 201804 | 3,13 |
| 201803 | 3,14 |
| 201802 | 3,37 |
| 201801 | 3,68 |
| 201712 | 4,09 |
| 201711 | 4,12 |
| 201710 | 4,05 |
| 201709 | 3,97 |
| 201708 | 3,87 |
| 201707 | 3,4  |
| 201706 | 3,99 |
| 201705 | 4,37 |
| 201704 | 4,66 |
| 201703 | 4,69 |
| 201702 | 5,18 |
| 201701 | 5,47 |
| 201612 | 5,75 |
| 201611 | 5,96 |
| 201610 | 6,48 |
| 201609 | 7,27 |
| 201608 | 8,1  |
| 201607 | 8,97 |
| 201606 | 8,6  |
| 201605 | 8,2  |
| 201604 | 7,93 |
| 201603 | 7,98 |

|        |      |
|--------|------|
| 201602 | 7,59 |
| 201601 | 7,45 |
| 201512 | 6,77 |
| 201511 | 6,39 |
| 201510 | 5,89 |
| 201509 | 5,35 |
| 201508 | 4,74 |
| 201507 | 4,46 |
| 201506 | 4,42 |
| 201505 | 4,41 |
| 201504 | 4,64 |
| 201503 | 4,56 |
| 201502 | 4,36 |
| 201501 | 3,82 |
| 201412 | 3,66 |
| 201411 | 3,65 |
| 201410 | 3,29 |
| 201409 | 2,86 |
| 201408 | 3,02 |
| 201407 | 2,89 |
| 201406 | 2,79 |
| 201405 | 2,93 |
| 201404 | 2,72 |
| 201403 | 2,51 |
| 201402 | 2,32 |
| 201401 | 2,13 |
| 201312 | 1,94 |
| 201311 | 1,76 |
| 201310 | 1,84 |
| 201309 | 2,27 |
| 201308 | 2,27 |
| 201307 | 2,22 |
| 201306 | 2,16 |
| 201305 | 2    |
| 201304 | 2,02 |
| 201303 | 1,91 |
| 201302 | 1,83 |
| 201301 | 2    |
| 201212 | 2,44 |
| 201211 | 2,77 |
| 201210 | 3,06 |

|        |      |
|--------|------|
| 201209 | 3,08 |
| 201208 | 3,11 |
| 201207 | 3,03 |
| 201206 | 3,2  |
| 201205 | 3,44 |
| 201204 | 3,43 |
| 201203 | 3,4  |
| 201202 | 3,55 |
| 201201 | 3,54 |
| 201112 | 3,73 |
| 201111 | 3,96 |
| 201110 | 4,02 |
| 201109 | 3,73 |
| 201108 | 3,27 |
| 201107 | 3,42 |
| 201106 | 3,23 |
| 201105 | 3,02 |
| 201104 | 2,84 |
| 201103 | 3,19 |
| 201102 | 3,17 |
| 201101 | 3,4  |
| 201012 | 3,17 |
| 201011 | 2,59 |
| 201010 | 2,33 |
| 201009 | 2,28 |
| 201008 | 2,31 |
| 201007 | 2,24 |
| 201006 | 2,25 |
| 201005 | 2,07 |
| 201004 | 1,98 |
| 201003 | 1,84 |
| 201002 | 2,09 |
| 201001 | 2,1  |
|        |      |

Fuente: Banco Mundial, 2022.