

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO QUE EVALÚE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN SIETE INSTITUCIONES  
EDUCATIVAS EN EL MUNICIPIO DE CHINCHINÁ CALDAS MEDIANTE EL  
SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS**

Esteban Gómez García

Yesid David Alzate Galeano

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gerencia de Proyectos

**Director**

Elkin Arcesio Gómez Salazar

**Universidad EAFIT**

Maestría en Gerencia de Proyectos

Pereira-Risaralda

2022

**TABLA DE CONTENIDO**

PROPÓSITO .....	16
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
JUSTIFICACIÓN .....	17
OBJETIVOS .....	19
Objetivos Específicos.....	19
MARCO CONCEPTUAL.....	20
DESARROLLO METODOLÓGICO .....	25
Análisis Sectorial .....	27
Estudio de mercado .....	28
FICHA TÉCNICA DE ENTREVISTA POR CONVENIENCIA .....	29
Oferta (competidores): .....	31
Estudio técnico .....	32
Estudio legal.....	33
Estudio Ambiental.....	34
Normativa Ambiental en Colombia .....	35
Estudio Financiero .....	37
Estudio de riesgos .....	38
TRABAJO DE CAMPO .....	39

DESARROLLO DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD .....	39
Factor Político .....	39
Factor Económico .....	41
Factor Ambiental.....	48
Factor Legal .....	49
Factor Tecnológico.....	51
ESTUDIO DE MERCADO .....	52
El producto .....	52
Demanda .....	52
Proyección consumo y costo de energía en las instituciones educativas .....	57
Proyección de precios .....	61
Canales de comercialización .....	71
Descripción del cliente.....	72
Percepción del cliente .....	73
Tendencias del Mercado .....	76
Competencia.....	77
ESTUDIO TÉCNICO .....	77
Horizonte de Tiempo y Vida Útil.....	77
Selección de tecnología.....	84

Cotizaciones .....	86
Ficha Técnica de los Paneles Solares .....	87
Metodología utilizada para la selección de paneles solares .....	88
Localización .....	90
Tamaño Óptimo .....	90
Proceso de instalación .....	91
Recursos Técnicos.....	92
Recursos Humanos.....	97
ESTUDIO ADMINISTRATIVO .....	98
ESTUDIO LEGAL.....	105
ESTUDIO AMBIENTAL .....	108
EVALUACIÓN FINANCIERA .....	109
Presupuesto .....	109
Flujo de caja Incremental .....	111
ESTUDIO DE RIESGOS.....	116
Funciones de Frecuencia .....	117
CONCLUSIONES .....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	138

## Tabla de Figuras

Figura 1 demanda de energía eléctrica Vs PIB .....	41
Figura 2 Variación porcentual anual del PIB en el Departamento de Caldas .....	42
Figura 3 Composición sectorial del PIB 2020. ....	43
Figura 4 Expansión por tipo de combustible en Colombia .....	44
Fuente: .....	44
Figura 5 Demanda de Energía Eléctrica SIN (GWh-año).....	45
Figura 6 Participación en Generación de Energía Eléctrica en Colombia .....	46
Figura 7 Generación de energía en Colombia en el mes de septiembre .....	47
Figura 8 Promedio Demanda Energía Eléctrica Colegios Año kWh-año.....	58
Figura 9 Promedio Facturación Costo de Energía Eléctrica Anual Colegio \$/kWh.....	59
Figura 10 Proyección Consumo de Energía en kWh .....	59
Figura 11 Promedio de kWh Febrero – Julio 2019 .....	64
Figura 12 facturación colegios primer semestre 2019 .....	65
Figura 13 Promedio Mensual Valor kWh en Pesos Col.....	66
Figura 14 Consumo kWh Mes Colegio San Francisco .....	66
Figura 15 Consumo kWh Mes Colegio Of San Francisco. ....	67
Figura 16 Consumo kWh Mes Colegio Santa Teresita.....	67

Figura 17 Consumo kWh Mes Colegio Santa Teresita 2.....	68
Figura 18 Consumo kWh Mes Escuela Juan XXIII.....	68
Figura 19 Consumo kWh Mes Escuela María Inmaculada.....	69
Figura 20 Consumo kWh Mes Colegio Bartolomé Mitre.....	69
Figura 21 costo facturación promedio mensual en instituciones educativas .....	74
Figura 22. Estado estructural y cumplimiento de norma NSR 10.....	75
Figura 23. Ofertas para suministro y generación de energía.....	76
Figura 24. Mapa convenciones de brillo solar medio diario anual horas de sol al día República de Colombia.....	79
Figura 25. Procedimiento de instalación paneles solares térmicos .....	83
Figura 26. Funcionamiento de paneles solares térmicos.....	84
Figura 27. Localización geográfica de municipio a intervenir con paneles solares.....	90
Figura 28. Características técnicas de paneles solares .....	93
Figura 29. Características técnicas de estructura .....	94
Figura 30. Características técnicas de Inversor.....	95
Figura 31. Organigrama Alcaldía de Chinchiná .....	99
Figura 31. Organigrama conformación de sociedad .....	101
Figura 32. Periodo de retorno de la Inversión.....	115
Figura 33 Fluctuación de Costos.....	117

Figura 34	Insuficiencia de materiales .....	118
Figura 35	Retrasos en la ejecución de obra.....	119
Figura 36	Imprevistos en Actividades de obra.....	120
Figura 37	Requerimiento de garantías de los materiales.....	121
Figura 38	Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento.....	122
Figura 39	Baja productividad por días de baja intensidad solar. ....	123
Figura 40	Daños de terceros a los equipos o materiales. ....	124
Figura 41	Fluctuación de Costos.....	125
Figura 42	Insuficiencia de materiales. ....	126
Figura 43	Retrasos en la ejecución de obra.....	127
Figura 44	Imprevistos en Actividades de obra.....	128
Figura 45	Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento.....	129
Figura 46	Requerimiento de garantías de los materiales.....	130
Figura47	Baja productividad por días de baja intensidad solar. ....	131
Figura 48	Daños de terceros a los equipos o materiales. ....	132
Figura 49	Riesgos Cuantificados. ....	133
Figura 50	VPN RISK. ....	134

## Listado de Tablas

Tabla 1. costo del consumo energético sedes educativas.....	57
Tabla 2. Promedio Valor kWh .....	57
Tabla 3: Promedios kWh y Facturación febrero y julio de 2019. ....	63
Tabla 4: Flujo de Ocupación Instalaciones Sedes Educativas. ....	70
Tabla 5: Cotización de Paneles Solares. ....	89
Tabla 6: Calculo de Paneles Solares. ....	91
Tabla 7: Personal mínimo para adelantar los procesos de instalación y mantenimiento. ....	97
Tabla 8 Presupuesto. ....	98
Tabla 9. Tabla de Honorarios.....	102
Tabla 10. Potencia de Paneles Solares. ....	110
Tabla 11. Comportamiento mensual energética.....	110
Tabla 12. Comportamiento Mensual Energético en Colegios. ....	111
Tabla 13. Flujo de Caja Incremental. ....	112
Tabla 14. Flujo de Caja Incremental. ....	112
Tabla 15. Indicadores Financieros. ....	112
Tabla 16. Relación Costo Beneficio del Proyecto. ....	114
Tabla 17. Periodo de Retorno del Proyecto .....	115

*Gerencia de Proyectos-2021*

Tabla 18. Variables de Riesgo. ....	116
Tabla 19. Resultados de Riesgos VPN.....	134

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la viabilidad de un proyecto que implemente paneles solares en instituciones públicas y educativas colombianas, mediante el sistema general de regalías en el Municipio de Chinchiná Caldas.

Dentro de este contexto, serán presentados y estudiados a detalle todos los aspectos relevantes que inciden en la evaluación de la viabilidad del proyecto, de manera que logre sustentar los beneficios económicos, ambientales, sociales y demás, que se consiguen por medio de la implementación, ejecución y puesta en marcha para este tipo de proyectos basados en fuentes de Energías Renovables.

El trabajo de investigación será adelantado con el propósito de incentivar y fomentar la cultura que cada vez es más relevante en el uso de energías alternativas como tendencia a nivel mundial, para que de tal forma se pueden conseguir importantes cambios en el uso de fuentes de energías no renovables, con tecnologías convencionales y alto grado de obsolescencia. Dicho trabajo también contempla los antecedentes investigativos más destacados que se tienen con respecto a la implementación de este tipo de tendencias enfocadas en fuentes de energías limpias en el territorio colombiano, así como el marco legal que impulsa el buen desarrollo en materialización y ejecución de proyectos que se enfoquen en el cuidado del medio ambiente y que brinden el mayor impacto social posible. De esta manera es como se pretende, a través del presente estudio, demostrar a pequeña escala cómo se logra la transición desde el uso de tecnologías tradicionales hacia la adopción de energías renovables para que en un futuro este análisis de entorno sirva como

antecedente investigativo en la aplicación de energías limpias a gran escala, como lo hacen las empresas industrializadas y un importante porcentaje de las viviendas del eje cafetero.

La mayor parte de la energía empleada actualmente en el mundo proviene de los combustibles fósiles, el agotamiento progresivo de estas fuentes tradicionales de energía ha puesto a la mayoría de los países del mundo a encontrar soluciones en energías que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra, y que son conocidas como energías alternativas o renovables (Aburra, 2019).

La generación de energía a futuro se encuentra dependiente del consumo energético actual, sustentado de manera sólida en fuentes como petróleo, gas natural, carbón, fuentes nucleares; pero con salvedad de que los anteriores recursos energéticos se encuentran limitados en la naturaleza, es decir, no son infinitos y por ende a nivel mundial se cuenta con la obligación de migrar a otros recursos renovables y que garanticen mayores niveles de vida útil. Para una mejor ilustración, cerca del 80% del consumo energético se genera a través de recursos fósiles y comparado con los recursos renovables que solo se logra cubrir y dar explotación al 20% del total de fuentes energéticas.

En cuanto al contexto nacional, Colombia es un país que cuyo consumo y generación energético proviene principalmente del recurso hídrico, lo que implica directamente una dependencia que puede ser considerada crítica en ambientes de poca lluvia, que en Colombia se conoce como fenómeno del Niño. En un escenario de normalidad, el recurso hídrico tiene la capacidad de abastecer bajo la generación hidráulica a cerca del 85% de la demanda. Es así como durante los períodos secos, como los ocurridos los años 2009-2010 y 2015-2016, se presentó una situación de *Gerencia de Proyectos-2021*

contingencia que afectó drásticamente la generación de energía hidráulica del país causada por el fenómeno del niño, y ante la emergencia fue allí donde se tuvo que recurrir a otras fuentes de generación como la térmica, que para entonces logró cubrir el 50% de la demanda; que en términos económicos esto significaba sobrecostos en la producción y generación de esta energía, así como el incremento potencial en emisiones de gases de efecto invernadero.

El riesgo ante escenarios de sequía puede reducirse con la diversificación de la matriz de generación, especialmente con un aumento de la participación de las FNCER. Este tipo de energías tienen costos variables cercanos a cero. En ese contexto, el Gobierno de Colombia (GdC) se ha comprometido a incorporar 1.500 MW de FNCER para el año 2022 y se espera que estas fuentes representen entre 13% y el 18% de la generación del sistema eléctrico al 2031 (BID, 2019).

## ABSTRACT

The objective of this work is to study the feasibility of a project that implements solar panels in Colombian public and educational institutions, through the general system of royalties in the Municipality of Chinchiná Caldas.

Within this context, all the relevant aspects that affect the evaluation of the viability of the project that manages to sustain the economic, environmental, social and other benefits, which are achieved through the implementation, execution and commissioning, will be presented and studied in detail. underway for this type of type of projects based on renewable energy sources.

The research work will be carried out with the purpose of encouraging and promoting the increasingly relevant culture, in the use of alternative energies as a worldwide trend, so that important changes can be achieved in the use of non-energy sources. renewable, with conventional technologies and a high degree of obsolescence. Said work also contemplates the most outstanding investigative antecedents that exist with respect to the implementation of this type of trends focused on clean energy sources in the Colombian territory, as well as the legal framework that promotes the good development in the materialization and execution of projects that focus on caring for the environment and provide the greatest possible social impact. This is how it is intended through this study, to demonstrate on a small scale how the transition from the use of traditional technologies to the adoption of renewable energies is achieved so that in the future this environmental analysis serves as an investigative background in the application clean energy on a

large scale such as industrialized companies and a significant percentage of homes in the coffee region.

Most of the energy currently used in the world comes from fossil fuels, the progressive exhaustion of these traditional energy sources has forced most of the countries of the world to find solutions in energies that take advantage directly of resources considered inexhaustible as the sun, the wind, the bodies of water, the vegetation or the internal heat of the earth, and which are known as alternative or renewable energies (ABURRA AM, 2019).

Future energy generation is dependent on current energy consumption, solidly supported by sources such as oil, natural gas, coal, nuclear sources; but with the exception that the above energy resources are limited in nature, that is, they are not infinite, and therefore, at the global level, there is an obligation to migrate to other renewable resources that guarantee higher levels of useful life. For a better illustration, about 80% of energy consumption is generated through fossil resources and compared to renewable resources, it is only possible to cover and exploit 20% of the total energy sources.

Regarding the national context, Colombia is a country whose energy consumption and generation comes mainly from water resources, which directly implies a dependency that can be considered critical in low-rain environments, which in Colombia is known as the El Niño phenomenon. In a normal scenario, the water resource has the capacity to supply about 85% of the demand under hydraulic generation. This is how during the dry periods, such as those that occurred in the years 2009-2010 and 2015-2016, a contingency situation arose that drastically affected the generation of hydraulic energy in the country caused by the El Niño phenomenon, and in the event of an emergency, it was there that it had to resort to other sources of generation such as thermal power,

*Gerencia de Proyectos-2021*

which by then managed to cover 50% of the demand; that in economic terms this meant cost overruns in the production and generation of this energy, as well as the potential increase in greenhouse gas emissions.

The risk in drought scenarios can be reduced with the diversification of the generation matrix, especially with an increase in the participation of the FNCER. This type of energy has variable costs close to zero. In this context, the Government of Colombia (GdC) has committed to incorporating 1,500 MW of FNCER by the year 2022 and these sources are expected to represent between 13% and 18% of the electricity system's generation by 2031. (IDB, 2019).

## PROPÓSITO

El propósito del trabajo de grado se sustenta en dar respuesta al interrogante ¿Cuál es la viabilidad de la implementación de un proyecto de paneles solares en instituciones públicas y educativas, mediante el sistema general de regalías en el Municipio de Chinchiná Caldas?

Dentro de este contexto, la implementación de paneles solares se sustenta en el horizonte de vida útil de las energías Renovables, cuyas fuentes provienen de recursos naturales que no se agotan y son consideradas la solución más autosostenible y limpia para el ecosistema.

Como antecedente investigativo se tienen los estudios realizados por Ramón Carlos Torres Flores, Investigador del Programa de Estudios del Desarrollo de la Facultad de Economía Universidad Nacional Autónoma de México, donde afirma que México atraviesa una seria situación para la consecución e implementación de Energía Renovable y tal escenario no es ajeno a la problemática ambiental que afronta nuestro país; ya que en el país azteca es muy evidente la preferencia que se tiene sobre hidrocarburos para la generación de electricidad y paralelamente se concibe un diagnóstico poco alentador, ya que la oferta y las reservas de recursos petrolíferos, gas natural se encuentran seriamente deterioradas; para lo cual la Republica de México no muestra una posición de rescate y estrategias de alivio a dicha contingencia ambiental trazada al menos a corto y mediano plazo (Flores, 2018).

En ese sentido, solo se tiene establecida una meta de generación y consumo energético de 35% mediante el uso de fuentes limpias para el año 2024; demostrando así que bajo este mínimo régimen el recambio para la explotación de energías limpias no se tiene como prioridad y que ante tal escenario el investigador pretende enseñar una salida viable a través de la formulación de *Gerencia de Proyectos-2021*

propuestas que resulten ser de sencilla aplicación, de bajo costo en su implementación y que garanticen la entrega de resultados ágiles, con los cuales se pueda confirmar la recuperación económica para este tipo de proyectos.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la viabilidad de la implementación de un proyecto de paneles solares en instituciones públicas y educativas de Colombia?

## **JUSTIFICACIÓN**

En el avance histórico de la sociedad en lo referente al aprovechamiento energético, se resalta el desarrollo mediante la explotación de recursos naturales tales como recursos hídricos, minerales, vegetales, entre otros. Es esta explotación la que ha llevado a la degradación ambiental y a la contribución del cambio climático que nos afecta, es por esto por lo que en los últimos años se han venido implementando técnicas, con el fin de que estas minimicen o reduzcan la contaminación y los daños causados al medio ambiente. Las energías renovables son fuentes de energía limpia, por su procedencia consideradas como inagotables y por su demanda sostenibles, este tipo de fuentes son potencialmente competitivas debido a que los costos de generación cada vez trascienden y están directamente asociados a los avances tecnológicos y la inversión en desarrollo. El uso de las mismas tiene el objetivo de reducir sus costos, transformarlos económicamente y volverlos autosostenibles con el transcurso del tiempo. Caso contrario se presenta para los combustibles

fósiles, donde el panorama es crítico, en primera medida por los niveles de escasez que presentan, tendrían su tiempo contado y en términos ambientales producen gases de efecto invernadero causantes del cambio climático con las emisiones contaminantes.

El crecimiento de las energías renovables es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía (AIE): Según las previsiones de la AIE, la participación de las renovables en el suministro eléctrico global pasará del 26% en 2018 al 44% en 2040, y proporcionarán 2/3 del incremento de demanda eléctrica registrada en ese período, principalmente a través de las tecnologías eólica y fotovoltaica (ACCIONA, 2020).

El municipio de Chinchiná no es indiferente a esta situación, es por esto que dentro de su Plan de Desarrollo “Construyendo Realidades 2020 – 2023”, en su programa Medio Ambiente, Calentamiento Global y Cambio Climático, cuyo objetivo es Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero producidos por las actividades humanas para proteger el medio ambiente, como elemento importante en la calidad de vida y adelantar campañas que aseguren cambios de hábitos de la población frente a la separación en la fuente de los residuos. En su programa Chinchiná respeta sus ecosistemas, en el subprograma numeral 6.9, el cual busca la eficiencia energética a través de tecnología limpias, tiene como meta la ubicación o implementación de paneles solares (Alcaldía de Chinchiná Caldas, 2020).

Según lo anterior, se plantea realizar un estudio de prefactibilidad que justifique el uso de nuevas fuentes de energías renovables con mejores rendimientos económicos y sociales, por lo cual, se busca implementar el uso de paneles solares en las diferentes edificaciones institucionales a cargo del municipio.

Dado que cuenta entre su zona rural y urbana con 50 edificaciones educativas con sus diferentes sedes (primaria y secundaria), y según su base de datos realiza el pago mensual a la empresa prestadora de servicio energético, un pago total aproximado de \$ 8.152.910 cop; con lo cual, si se logra implementar el proyecto reduciría de una manera significativa este costo mensual, implicando un beneficio económico importante, tanto para las instituciones como para la administración municipal en la reducción de estos costos y la implementación de energías renovables; igualmente, crearía una perspectiva a los estudiantes del uso y la implementación de energías renovables.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Estudiar la prefactibilidad de un proyecto de un proyecto que evalúe la implementación de paneles solares en siete instituciones educativas en el municipio de Chinchiná Caldas mediante el sistema general de regalías.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar un estudio sobre la situación actual del mercado de paneles solares en instituciones educativas que permita diagnosticar las ventajas competitivas y aspectos negativos para la materialización del proyecto.
- Establecer los criterios técnicos para la implementación de paneles solares, equipos y materiales.

- Crear un análisis sobre el impacto ambiental de la implementación de paneles solares en equipos necesarios para su implementación y uso.
- Identificar las variables y consideraciones legales para la implementación del uso de paneles solares en instituciones educativas.
- Estipular la evaluación financiera que permita visualizar la viabilidad del uso de paneles solares haciendo una comparación con el uso de energía convencional en instituciones educativas.
- Desarrollar un análisis de riesgos con el fin de determinar las variables asociadas al proyecto.

## MARCO CONCEPTUAL

Existen diferentes tipos de metodologías para la formulación de proyectos, entre las cuales se encuentran las siguientes metodologías:

**ONUUDI:** Este es un organismo de cooperación técnica que proporciona apoyo especializado en la ejecución de proyectos. Dicho apoyo se materializa en la metodología desarrollada para la elaboración de proyectos, que es un estándar general, ordenado, confiable y sistemático.

**Banco Mundial:** Esta metodología tiene como propósito establecer directrices para los proyectos financiados por el Banco Mundial, los cuales se identifican, ejecutan y evalúan, de acuerdo con un ciclo documentado.

**Banco Interamericano de Desarrollo (BID):** Se compone de dos metodologías para preparación de proyectos: Project Preparation Facility (PPF): mecanismo para la preparación de proyectos. Project Preparation and Execution Facility (PROOEF): mecanismo para la preparación y ejecución de proyectos. Es uno de los instrumentos más flexibles de préstamos aprobados por el BID. Es más flexible si se le compara con el PPF, ya que financia actividades adicionales y entrega más financiación, entre otras. Para este tipo de proyecto que se pretende desarrollar, se usará la Metodología General Ajustada (MGA), dado que es una aplicación informática que sigue un orden lógico para el registro de la información más relevante, resultado del proceso de formulación y estructuración de los proyectos de inversión pública. Su sustento conceptual se basa, de una parte en la metodología de Marco Lógico y de otra en los principios de preparación y evaluación económica de proyectos (Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, 2015).

A continuación, se expondrán algunos conceptos técnicos y teóricos para el desarrollo del proyecto, los cuales son de vital importancia para la formulación de este.

### **Etapas de un Proyecto**

Hay muchas formas de clasificar las etapas de un proyecto de inversión. Una de las más comunes, y que se emplea en este texto, identifica cuatro etapas básicas: la generación de la idea, los estudios de preinversión para medir la conveniencia económica de llevar a cabo la idea, la inversión para la implementación del proyecto, y la puesta en marcha y operación (Chain, 2011).

Cuando se cuenta con la intención de profundizar una idea de inversión que genere valor, es de gran importancia ubicar y entender el alcance para el que está limitado dicho proyecto inversión. Es por esto que el proyecto de inversión debe ser valorado y medido de acuerdo con sus diferentes

etapas, de manera que permita visualizar un panorama que brinde un diagnóstico inicial como derrotero que marque las pautas para los siguientes pasos y puntos claves a intervenir. También se considera importante conocer antecedentes para el tipo de proyecto y sector en el que se desenvuelve.

De la misma manera, en las etapas de un proyecto de inversión, para que se puedan ver bien las fases de inversión operación con antelación se debe estudiar a profundidad la magnitud de impacto y agentes interesados, que en últimas se comporten como factores determinantes a la hora de decidir el tiempo de operación del proyecto, recursos a invertir y oportunidades de mejora.

El análisis integrado de las etapas de un proyecto permite identificar cuál será la situación en caso de que el proyecto se decida adelantar o no, es decir, cuando sean analizadas a detalle las situaciones para cada etapa del proyecto, se podrán determinar los defectos que trae consigo el no intervenir o atacar a tiempo una problemática que tal vez contenga un crecimiento negativo potencial. Y según la etapa que se desea buscar para el tipo de proyecto, será la etapa o fase de prefactibilidad.

### **Fase de prefactibilidad**

En las diferentes etapas que componen el ciclo del proyecto, la fase prefactibilidad se caracteriza por ser una etapa decisiva con mayor enfoque y especificidad; ya que con el uso de estudios de mayor profundidad se dispondrá de mejores argumentos para la toma de decisión que en las etapas de perfil y preinversión, donde previamente fueron realizados los estudios y análisis que esclarecen la situación problemática, sus metas definidas y alternativas disponibles. Es así como la fase de prefactibilidad opera como el mecanismo de análisis donde son detallados los

diferentes aspectos de las alternativas disponibles con el fin de seleccionar la conveniencia de avanzar a la siguiente fase de factibilidad, con la mejor opción o alternativa que brinde mayores garantías en la consecución de la solución en la problemática a investigar y desarrollar (Planeación, 2015).

Una vez identificada la situación del caso a investigar se debe desarrollar una metodología con el fin de llevar un orden lógico.

### **Metodología ONUDI**

La metodología ONUDI se encuentra desarrollada para determinar la factibilidad o pre factibilidad de un proyecto. Inicialmente se debe establecer un horizonte de tiempo en el cual se piensa que se desarrollará la totalidad proyecto, teniendo en cuenta las diferentes etapas que conforman el ciclo de vida del mismo; estas etapas deben analizarse de manera particular, estableciendo el tiempo de duración de cada una y, por último, determinando el tiempo de duración del proyecto en general.

La metodología ONUDI considera tres fases del ciclo de vida del proyecto:

- Fase de pre-inversión: comprende la elaboración de una serie de estudios, registrados en un documento que sirve de apoyo para definir la viabilidad del proyecto.
- Fase de inversión o ejecución: comprende todo el montaje físico y demás actividades necesarias para poner el proyecto en marcha.
- Fase operacional: comienza una vez se ha puesto en marcha el proyecto y se inician las operaciones comerciales generando los beneficios previstos inicialmente.

Cada fase del proyecto termina con un entregable, que habilita o no, a continuar con la siguiente fase. Finalmente, es importante anotar que el período de evaluación a considerar en determinado proyecto depende de las características intrínsecas del mismo.

### **Sistema General de Regalías**

Para entender qué es el Sistema General de Regalías (SGR), primero es importante mencionar qué son las regalías:

Las regalías son el pago que hacen las compañías petroleras y mineras al Estado Colombiano, por explotar yacimientos de un recurso natural no renovable. Las compañías petroleras entregan al estado entre el 8% y el 25 % del valor de la producción de petróleo crudo. Se destinan a solucionar las necesidades básicas insatisfechas de los departamentos y municipios como la educación básica, salud, agua potable y alcantarillado entre otros y a financiar grandes proyectos que traigan progreso a la región (Contraloría General de la República, s.f).

Debido a que existía una gran inequidad en la distribución de estos recursos, en su mayoría para centros portuarios y/o regiones productoras, en el año 2011 se modificó el régimen de regalías, mediante Acto Legislativo 05, este acto dio lugar a la creación del Sistema General de Regalías, el cual se encarga de realizar una mejor distribución de los recursos en el territorio Nacional.

Finalmente, se crearon dos mecanismos adicionales. Uno para promover el carácter contracíclico de la política económica y mantener estable el gasto público a través del tiempo –por medio del Fondo de Ahorro y Estabilización (FAE)-; y otro para mejorar la racionalidad del gasto mediante una instancia decisoria que da vía a la priorización y aprobación de los proyectos: los Órganos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD), que cuentan con la participación de *Gerencia de Proyectos-2021*

autoridades del nivel nacional y territorial. Mediante estos se buscaba limitar, al menos en parte, la alta discrecionalidad que en el pasado tuvieron los entes territoriales para asignar los recursos (Contraloría General de la República, s.f).

## **DESARROLLO METODOLÓGICO**

Existe una pluralidad de métodos y/o enfoques para la construcción o producción de conocimiento científico, dada esta pluralidad no hay la supremacía de un método sobre otro, sino que cada uno tiene sus propias fortalezas y debilidades. El método que tiene que ver con la metodología, aunque la misma es entendida desde dos perspectivas como parte de la lógica que se ocupa del estudio de los métodos y como el conjunto de aspectos operativos del proceso investigativo (Bernal, 2010).

En el proceso de recopilación de la información existen diferentes tipos de metodologías y clasificaciones, como son diseños probabilísticos y no probabilísticos. Dentro del probabilístico se encuentran los muestreos: aleatorio simple, sistemático, estratificado, por conglomerados, de áreas polietápico; y el método no probabilístico, constituido por los muestreos: por conveniencia, con fines especiales, cuotas, y de juicio.

El método científico es entendido como el conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida. En este sentido, algunos de los métodos de investigación son: inductivo, deductivo, inductivo-deductivo, hipotético-deductivo, analítico, sintético, analítico sintético, histórico-comparativo y cualitativo y cuantitativo (Bernal, 2010).

Según Wallace (1976) en Bernal (2010), el desarrollo de la investigación científica debe ser un proceso circular, no lineal, de interdependencia entre los elementos o aspectos constitutivos del método científico general que intervienen en la dinámica de la generación del conocimiento válido. El proceso de investigación es un sistema constituido por varios componentes que a medida que va desarrollándose, cada componente recibe influencia del anterior, pero, a la vez, es seguido e influido por otro. En cada fase o etapa se desarrolla un componente, aunque no todos ellos siguen una secuencia de etapas (Bernal, 2010).

En el desarrollo del método de investigación cabe resaltar que por desconocimiento se tiende a considerar el método científico desde un solo enfoque, pasando por altos de múltiples variables y pluralidad de métodos que dependen del objeto de la hipótesis, el problema de investigación y el estudio que se va a realizar (Bernal, 2010). Explicado lo anterior, se dará uso de la metodología exploratoria, la cual es explicada por Roberto Hernández mediante su texto metodología de la investigación y es precisamente allí donde se resalta la importancia de definir el tipo de metodología como uno de los requisitos fundamentales para cumplir a cabalidad con el desarrollo del esquema que el autor plantea en su método científico. Para iniciar se realizó una selección bibliográfica de tesis doctorales y de maestría, proyectos empresariales nacionales e internacionales basados en el uso de energías limpias, artículos científicos para determinar antecedentes investigativos que se relacionen con la energía renovable y la evolución que tienen los diferentes recursos energéticos renovables y no renovables en nuestro ambiente. Es así como mediante la información recopilada fue posible definir la propuesta para el objetivo general y los objetivos específicos de los que trata el proyecto, así como la formulación del problema.

Con la implementación de la metodología exploratoria, técnicas de investigación y la recolección de información de interés, se pretende definir ¿Cuál es la viabilidad de la implementación de un proyecto de paneles solares en instituciones públicas y educativas de Colombia?, que permitan justificar la necesitada transición de las energías no renovables hacia las energías renovables y así mismo la utilización de este tipo de sistemas energéticos desde la perspectiva de los impactos sociales, ambientales y económicos que ofrece el proyecto a la Región que beneficiará y que serán analizados a profundidad mediante los siguientes estudios:

### **Análisis Sectorial**

Para el análisis sectorial, en materia de energía renovable, será revisado el contexto colombiano donde son implementadas distintas fuentes de energía y tanto su uso como instalación son dependientes directamente de aspectos climatológicos y geográficos que condicionan la accesibilidad a cada tipo de solución. En las diversas fuentes de energía más aplicadas, se encuentran: energía solar, energía hidráulica, energía biomasa, energía térmica, energía eólica entre otras. Debido a su desarrollo y condicionantes, las energías renovables con mayor viabilidad son: la energía solar, hidráulica y la eólica.

Así mismo, será expuesta la contribución económica que realiza el sector de fuentes de energías renovables al Producto Interno Bruto PIB de la nación y de igual manera el comportamiento que tiene para el departamento de Caldas con los aportes que se realizan para la región, mediante información suministrada por el departamento administrativo nacional de estadística DANE, y consultada en su sistema estadístico nacional en la secciones de mapa interactivo PIB departamental e indicadores de seguimiento a la Economía. En ese sentido, para el problema de investigación se considera de gran relevancia determinar la estabilidad que Colombia sostiene

frente al desarrollo de proyectos en tecnologías energéticas, para lo cual también será consultada la información del Ministerio de Energía y las inversiones realizadas a través de su Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía – FENOGE, soportados en su herramienta para la Evaluación de Proyectos de FNCER y GEE – FENOGE, con el objetivo de garantizar la continuidad y desarrollo de proyectos de fuentes de energía no convencionales.

### **Estudio de mercado**

Para esta fase es necesario analizar a profundidad el mercado de las energías limpias y que sean distribuidas por empresas dedicadas al suministro de este tipo de tecnologías para la regeneración de energía, realizando análisis por medio de las de las bases de datos suministradas por la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC), de manera que arroje información detallada acerca del comportamiento histórico en el consumo energético por parte de dichas instituciones educativas y así mismo desarrollando estudios para los siguientes componentes:

**El producto:** Se realizará una descripción exacta y sus componentes técnicos para lograr la definición del tipo y producto a ofrecer; así como la recolección de suficiente información que logre ilustrar y realizar el análisis de los diferentes productos que podrían satisfacer el mismo tipo de necesidad.

**Demanda:** La demanda se encuentra constituida por las instituciones educativas localizadas en el municipio de Chinchiná Caldas, comprendiendo su área urbana y rural. Para el estudio de la demanda se desarrollarán entrevistas de profundidad bajo la técnica de muestreo por conveniencia, que por sus características es el método que mejor se ajusta a la investigación a realizar debido a la limitación en el acceso, solo se tiene disponibilidad de 7 instituciones educativas a examinar.

**FICHA TÉCNICA DE ENTREVISTA POR CONVENIENCIA****ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO QUE EVALÚE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES MEDIANTE EL SISTEMA GENERAL  
DE REGALÍAS EN EL MUNICIPIO DE CHINCHINÁ CALDAS**

**1. ¿Cree que es importante ahorrar energía?**

- Si
- No

**2. ¿Cree que el costo de la energía convencional es alto?**

- Si
- No

**3. ¿Cuánto es el costo las facturas promedio mensuales de las instituciones educativas del municipio?**

- Entre \$ 0 y \$ 5.000.000
- Entre \$ 5.000.000 y \$ 10.000.000
- Entre \$ 10.000.000 y \$ 15.000.000
- Más de \$ 15.000.000

**4. ¿Cree usted necesario el uso de energía solar?**

*Gerencia de Proyectos-2021*

- Si
- No

**5. ¿Considera usted que si usa energía solar se reducirán los costos del consumo en su factura convencional?**

- Si
- No

**6. ¿Invertiría en el uso de energía solar, tales como paneles solares....?**

- Si
- No

**7. ¿Cuál es el estado de la infraestructura educativa en su municipio?**

- Buena
- Regular
- Mala

**8. ¿La Alcaldía Municipal cuenta con recursos disponibles para proyectos de infraestructura tales como el uso de paneles solares por parte del DNP o Regalías?**

- Si

- No

**9. ¿Dentro del plan de desarrollo de su municipio se encuentra contemplada la implementación de paneles solares?**

- Si
- No

**10. ¿Implementaría el uso de paneles solares en instituciones educativas?**

- Si
- No

Oferta (competidores): La oferta se encuentra principalmente constituida por las dos opciones existentes para la generación de energía en Colombia; la primera de ellas catalogada como el competidor de mayor peso, y es la generada por las centrales hidroeléctricas para el suministro energía eléctrica conocida como una modalidad convencional; y el segundo competidor está compuesto por los demás generadores de energía fotovoltaica en el país. La Asociación Colombiana de Energías Renovables, SER Colombia, que agrupa a 54 empresas relacionadas con la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales, ha trabajado desde el 2016 para reunir conocimiento único que favorezca la complementariedad y estabilidad del sistema de generación energética colombiano. (PROCOLOMBIA, 2018)

**Precios:** Para determinar el comportamiento y las regulaciones al precio para el tipo de servicio, serán consideradas las normativas por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, quien expidió la reciente Resolución 137 de 2020, que regula la prestación del servicio de energía eléctrica mediante paneles solares, determina una tarifa límite por el servicio, e incentiva la libre competencia (CREG, 2020).

**Canales de comercialización:** En la estimación de los canales de distribución y comercialización se mostrará la dinámica que se emplea en nuestra región, haciendo énfasis en los limitantes en desarrollo tecnológico, específicamente en la brecha que se presenta en materia de avance tecnológico de celdas fotovoltaicas que tiene nuestro país si se compara con la tecnología que implementan China y Alemania para este tipo de productos.

### **Estudio técnico**

Para el desarrollo del estudio técnico se tendrá en cuenta las capacidades estructurales de cada institución educativa y la capacidad de instalación de los paneles solares, dado que es importante definir si dichos mecanismos se ubicaran mediante terrazas o en predios aledaños, esto con el fin de conocer la capacidad instalada de los equipos; contiguamente, se debe realizar un análisis de necesidades de suministro de energía medido en KW para cada institución y así determinar el número y tamaño de paneles requeridos para cada uno.

Una vez definida la etapa anterior se deberá realizar un estudio de mercado de los proveedores de estos productos con el fin de desarrollar una cotización promedio y definir el valor total del desarrollo del proyecto.

## **Estudio legal**

La normativa vigente para el uso de sistemas fotovoltaicos en Colombia está regulada por la UPME, a través de la Ley 1715 del 2014. Por medio de esta se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, y tiene como objetivo promover su desarrollo, buscando la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y la seguridad del abastecimiento energético, buscando también promover la gestión eficiente de la energía. Esta ley busca incentivar la inversión de proyectos con fuentes renovables no convencionales de generación de energía, el desarrollo de este tipo de tecnologías, la eficiencia de la energía eléctrica, suplir necesidades en las Zonas No Interconectadas (ZNI) del país y ayudar al medio ambiente con reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La UPME ha sacado una serie de resoluciones para establecer parámetros de generación de energía eléctrica con fuentes renovables, entre ellas están: Resolución 281 del 2015, la cual establece que el límite máximo de potencia de autogeneración a pequeña escala será de 1 MW, y corresponderá a la capacidad instalada del sistema de autogeneración (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2015). Resolución 585 de 2017, que establece los procedimientos a través de los cuales la UPME evaluará y emitirá conceptos técnicos sobre las solicitudes que sean presentadas, con el objeto de determinar si los proyectos evaluados se enmarcan dentro de las acciones y medidas sectoriales y cuantificar su contribución a las metas de eficiencia energética del plan de acción indicativo PAI 2017-2022 (Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, 2017).

De esta manera se deben establecer criterios legales sobre la instalación y uso de energías renovables. Igualmente existe un manual de contratación exigido por la ley del cual se debe hacer uso por parte de la institución contratante.

### **Estudio Ambiental**

El Estudio de Impacto Ambiental debe ser elaborado con información de alto nivel científico y técnico, acorde con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales 1, 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 Fotovoltáicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Como resultado del trabajo conjunto entre el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética (Upme) y XM, el país cuenta con un valor unificado del factor de emisión de energía para inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Precisamente, de acuerdo con XM, en Colombia el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por generación eléctrica del Sistema Interconectado es de 164,38 gramos de CO<sub>2</sub> por kilovatio hora (KWh) (González, 2020).

## **Normativa Ambiental en Colombia**

### Norma constitucional

La Constitución Política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales:

#### Derecho a un ambiente sano

En su Artículo 79, la Constitución Nacional (CN) consagra que:

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Esta norma constitucional puede interpretarse de manera solidaria con el principio fundamental del derecho a la vida, ya que este solo se podría garantizar bajo condiciones en las cuales la vida pueda disfrutarse con calidad.

#### El medio ambiente como patrimonio común:

La CN incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales (Art. 8), así como el deber de las personas y del ciudadano de proteger los recursos naturales y de velar por la conservación del ambiente (Art. 95). En desarrollo de este principio, en el Art. 58 consagra que: “la propiedad es una función social que implica obligaciones y, como tal, le es inherente una función ecológica”; continúa su desarrollo al

determinar en el Art. 63 que: “Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables”.

Desarrollo Sostenible:

Definido como el desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, la CN en desarrollo de este principio, consagró en su Art. 80 que:

El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas.

Lo anterior implica asegurar que la satisfacción de las necesidades actuales se realice de una manera tal que no comprometa la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias.

Según el artículo 4 de la Ley 99 de 1993, el sistema Nacional ambiental (SINA), está integrado por:

a. Los principios y orientaciones generales contenidos en la Constitución Nacional, y en la normatividad ambiental que la desarrolle.

*Gerencia de Proyectos-2021*

b. La normatividad específica actual que no se derogue por esta ley y la que se desarrolle en virtud de la ley.

c. Las entidades del Estado responsables de la política y la acción ambiental (Autoridades ambientales), señaladas en la ley.

d. Las organizaciones comunitarias y no gubernamentales relacionadas con la problemática ambiental.

e. Las fuentes y recursos económicos para el manejo y la recuperación del medio ambiente.

f. Las entidades públicas o privadas o mixtas que realizan actividades de producción de información, investigación científica y desarrollo tecnológico en el campo.

La información necesaria se recolectará tanto en instituciones educativas, como en el centro administrativo del municipio. Tal información como ubicación, fuente de los recursos, gastos entre otros, se completará por medio de información secundaria de dichas instituciones.

### **Estudio Financiero**

En este proyecto se va a definir como ingreso un ahorro que tendrá el autogenerador al invertir en la planta de energía solar fotovoltaica, cuando deja de comprar una cantidad de energía de red pública. En otras palabras, existe una diferencia entre el valor por cada kWh autogenerado y el valor del kWh proveniente de la energía de red o servicios públicos.

Esta valoración se determinará mediante una proyección de costos de la red pública o de servicios públicos, realizando una recolección de datos de información primaria suministrada por

la entidad estatal en la cual se obtengan los costos directos del uso de esta red; así mismo, se hace una proyección de ahorro por el uso de energía solar en las instituciones educativas.

Una vez determinados los costos tanto de operación, como de ahorro de la energía solar fotovoltaica vs la red pública de energía solar, se determinará la viabilidad del proyecto.

### **Estudio de riesgos**

Para el análisis de riesgos y de acuerdo con el estudio de prefactibilidad en la implementación de paneles solares en instituciones educativas del municipio de Chinchiná Caldas, se pretende desarrollar mediante una matriz de probabilidad e impacto, en la que se analizan los diferentes escenarios y eventos inciertos que pueden llegar a afectar el proyecto en un mediano y largo plazo.

Este modelo se desarrolla mediante la técnica antes mencionada, en la cual se valoran los diferentes escenarios inciertos basados en experiencias anteriores de este tipo de proyectos, afianzando e identificando los factores propios de la región.

Para abordar el análisis de riesgos se propone hacer uso de la técnica denominada matriz de probabilidad e impacto, la cual resulta de un análisis cualitativo donde se priorizan los diferentes eventos o condiciones de riesgo según el criterio subjetivo de la(s) persona(s) que intervienen en su elaboración. El resultado esperado de este ejercicio es entonces una lista de riesgos priorizados de acuerdo con la intersecciones que resulten en la matriz en los cuadrantes de alta probabilidad de ocurrencia y mayores consecuencias negativas o impactos desfavorables para el cumplimiento de los objetivos, para los cuales se deberán adoptar medidas que se orienten a evitarlos interviniendo directamente en las causas que los generan, mitigarlos contrarrestando sus efectos o

transferirlos mediante pólizas de seguros, por ejemplo, para que terceros asuman los daños que pudieran resultar eventualmente. (Planeación, 2015, pág. 52)

## **TRABAJO DE CAMPO**

Este trabajo de campo se pretende desarrollar en el Municipio de Chinchiná, el cual se encuentra ubicado en la zona centro sur del departamento de Caldas. Para el desarrollo del proyecto se pretende recopilar información tanto física como virtual, las cuales nos llevarán a compilar la información necesaria para la investigación y poder llevar a cabo el proyecto mediante la metodología ONUDI.

## **DESARROLLO DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**

De acuerdo con el análisis sectorial y la planificación estratégica, se encuentra necesario adelantar un análisis PESTEL que permita la adecuada evaluación para el desarrollo del estudio de prefactibilidad; fundamentado en la selección del mejor horizonte con el análisis a detalle de cada uno de los factores inmersos en el problema de investigación.

### **Factor Político**

Para adelantar un análisis en el ámbito político, se revisó el Plan Nacional Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la equidad” es importante resaltar, que dentro de las 20 metas del Plan Nacional de Desarrollo que transformarán a Colombia, se encuentra incluida la meta de: “Aumentar capacidad de generación con energías limpias en 1.500 MW, frente a 22,4 MW actuales”.

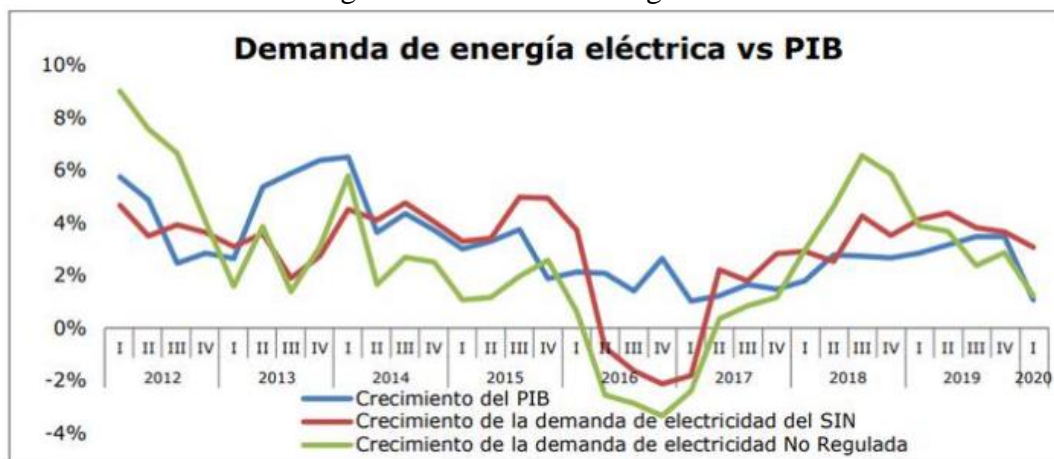
Con la definición de esta meta, se apuesta fuertemente por la materialización de un sector minero-energético que construye futuro, responsable social y ambientalmente. Con una matriz de energías diversificada con alternativas que garanticen la seguridad energética y su suministro a todos los hogares y es así como para enfrentar este tipo de retos, el gobierno actual focaliza sus esfuerzos bajo la estrategia de ampliación de red de energía eléctrica, integrando energías no convencionales (DNP, 2018).

Como muestra de la implementación de planes y políticas que incentivan la construcción de ideas y desarrollo del futuro del sector energético colombiano, mediante el plan energético nacional, se destacan una serie de leyes promulgadas para la creación de incentivos fiscales, orientadas a la consecución de la efectiva inversión de tecnologías en generación de energía con fuentes renovables. En primera medida para las empresas dedicadas a la generación de energía con fuentes renovables, tienen derecho al beneficio en la reducción del impuesto de renta hasta del 50% de la inversión que podría ser aplicada dentro de los 5 años siguientes a su realización. Como segunda medida, aplicarían el beneficio de la generación del pago de IVA a servicios y equipos destinados al proyecto y que sean aprobados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). La tercera medida, de gran relevancia, se encuentra relacionada con todos los equipos, maquinaria y materiales importados y destinados a proyectos que utilicen fuentes no convencionales de energía; que no sean producidos por la industria colombiana, estarían cobijados por la exoneración del pago de aranceles. Como cuarta medida, se encuentra definida la ley que permite depreciar aceleradamente los activos del proyecto con una tasa máxima de 20% de depreciación anual (UPME, 2015).

## Factor Económico

La Asociación Colombiana de Grandes Consumidores de Energía Industriales y Comerciales (Asoenergía), entregó un análisis trimestral del comportamiento del PIB en Colombia con respecto al crecimiento de la demanda de electricidad (VALORA ANALITIK, 2020).

Figura 1 demanda de energía eléctrica Vs PIB



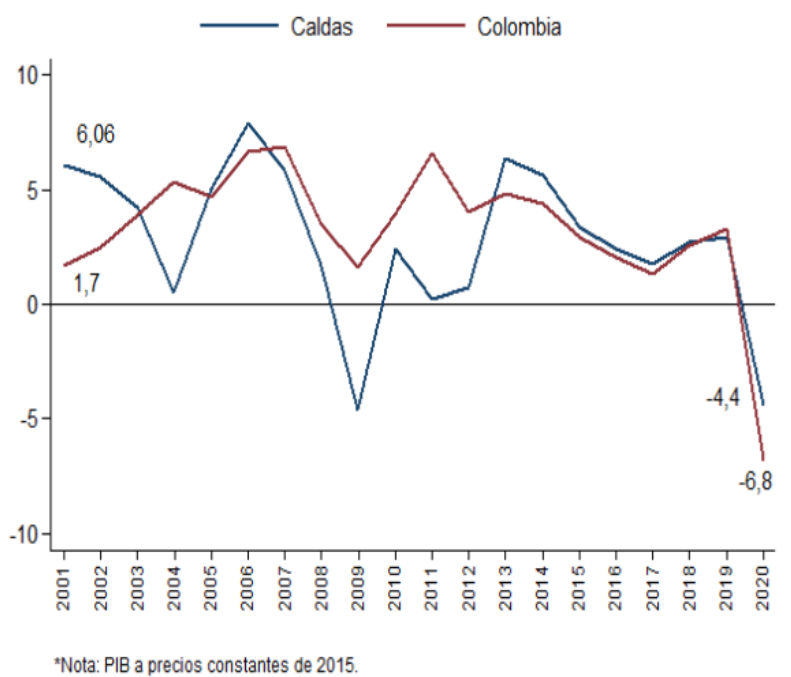
Fuente: Valora Analitik, 2020

En la anterior figura se obtiene un seguimiento desde el año 2012, trimestralmente, entre el PIB, crecimiento de la demanda eléctrica del SIN (Sistema Interconectado Nacional) y el crecimiento de la demanda eléctrica no regulada, de la cual se puede deducir que existe una relación en el comportamiento en el PIB y la demanda de electricidad; igualmente, es posible identificar una caída, tanto de la demanda de energía como del PIB en el primer trimestre del año 2020, dados los diferentes acontecimientos a causa de la pandemia.

En la siguiente figura se muestra la variación porcentual anual del PIB en el Departamento de Caldas, en comparación con el país, en la cual se puede observar una congruencia o una relación

muy similar entre ambos comportamientos, a diferencia que en el año de 2020 la reducción del PIB fue menor en el departamento, 2,2% menos que el nacional.

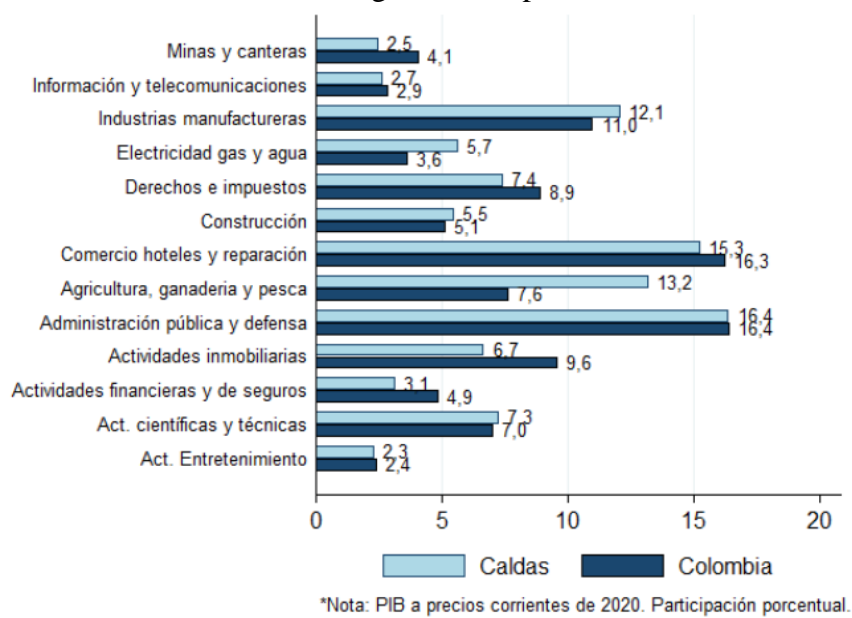
Figura 2 Variación porcentual anual del PIB en el Departamento de Caldas



Fuente: (Mincomercio, 2021) Cuentas departamentales- DANE. Fecha de Publicación: 25 de junio de 2021.

Igualmente, en la composición sectorial del PIB 2020, el sector de electricidad, gas y agua tiene una composición sectorial del 3,6% del PIB departamental.

Figura 3 Composición sectorial del PIB 2020.



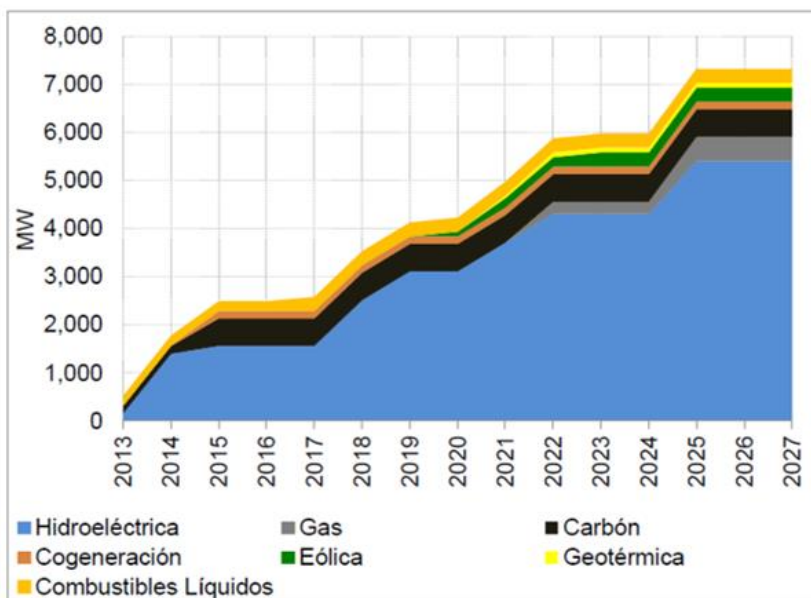
Fuente: (Mincomercio, 2021) Cuentas departamentales- DANE. Fecha de Publicación: 25 de junio de 2021.

Las fuentes renovables no convencionales: eólica, solar y pequeños aprovechamientos hidráulicos tienen una característica particular, la variabilidad de su generación. Dicha variabilidad es un reflejo del comportamiento de su fuente primaria, como la irradiación y el viento, que dependen de los fenómenos climáticos, meteorológicos e hidrológicos del momento. Adicionalmente, estas fuentes se pueden dividir además en dos grandes grupos: las fuentes de generación síncrona y las no síncrona. Entre las fuentes síncronas se encuentran los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, para las cuales la velocidad de rotación de sus generadores depende de la frecuencia del sistema de potencia. Entre las fuentes no síncronas se encuentran las

fuentes eólicas y solares, cuya generación no responde de manera natural a la respuesta de frecuencia del sistema y son controladas mediante inversores (XM).

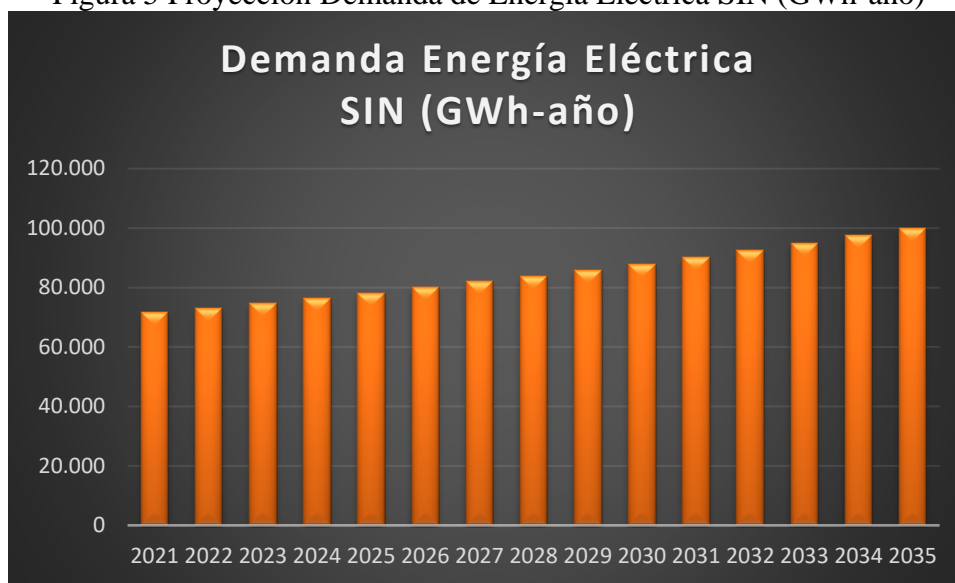
En busca de sostener este incremento en la demanda de energía eléctrica, es de esperarse que se creen más plantas para producir esa energía. Siendo esta una gran oportunidad para construir plantas de energías renovables no convencionales para satisfacer la creciente demanda, este no es exactamente el camino que se va a tomar en el país. La gráfica siguiente, tomada de una presentación del UPME al Ministerio de Minas y Energía, demuestra que la expansión en la capacidad instalada de energía va a ser principalmente en plantas hidroeléctricas y muy poco en eólicas. A pesar de eso, las térmicas de carbón no tienen crecimiento a partir del 2017 y las de gas también reducirán su participación en la producción de energía (Urdaneta, 2019).

Figura 4 Expansión por tipo de combustible en Colombia.  
**EXPANSIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE**



Fuente: (UPME, 2012)

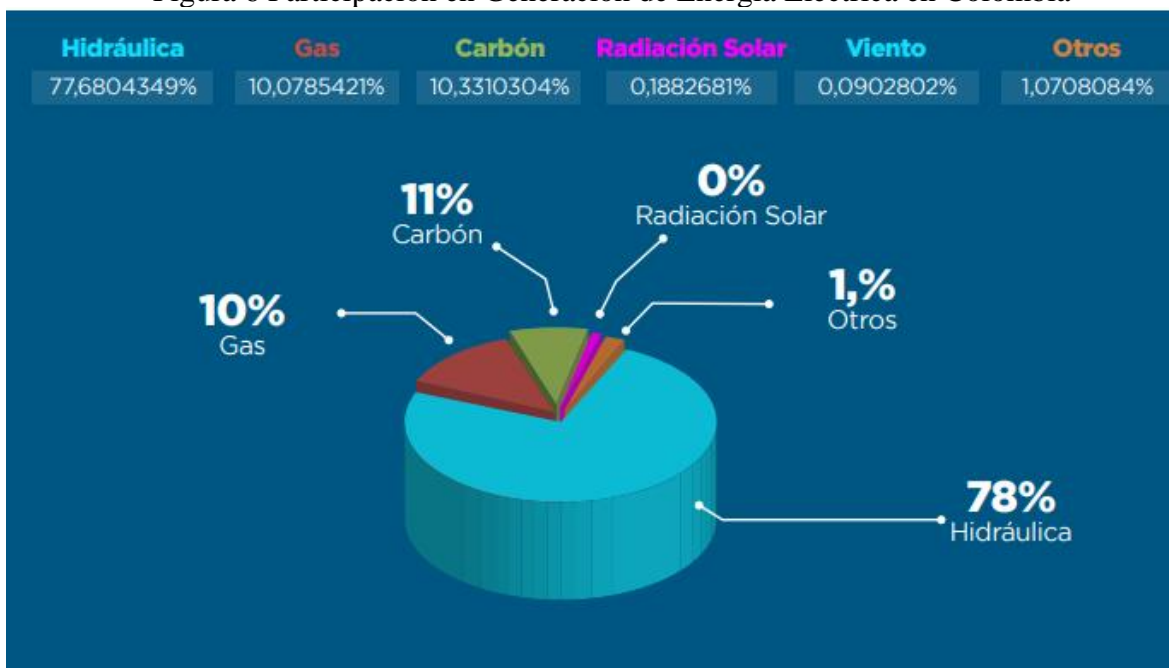
Figura 5 Proyección Demanda de Energía Eléctrica SIN (GWh-año)



Fuente: UPME, 2021

En la figura anterior es posible evidenciar una perspectiva del consumo de energía esperado en GWh-año, en Colombia, entre los años 2021 – 2035, prediciendo de tal manera un crecimiento progresivo en el consumo año a año, esto posiblemente por un desarrollo tanto económico, industrial y de vivienda.

Figura 6 Participación en Generación de Energía Eléctrica en Colombia



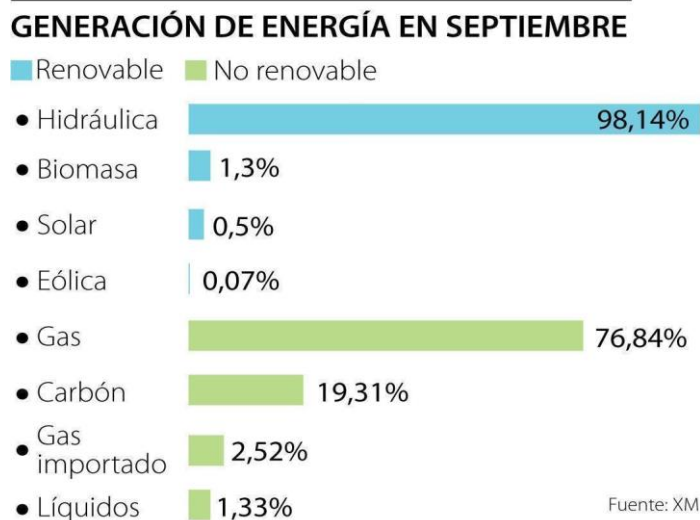
Fuente: UPME, 2019

Según lo observado en la imagen anterior, sobre datos obtenidos en la participación en generación de energía eléctrica en Colombia del año 2019, se puede determinar que la generación hidráulica sigue siendo en mayor proporción la fuente que más genera energía eléctrica en el país, con un 77,68%; así las cosas, la generación de fuentes renovables por radiación solar o paneles fotovoltaicos participa en la generación de energía en un 0,18%, siendo así una oportunidad de innovación.

Actualmente, el sistema eléctrico colombiano cuenta con 16.8 GW de generación instalada al SIN, de los cuales 1.4 GW son pequeñas centrales hidráulicas y filo de agua, 0.02 GW eólicos y 0.01 GW solares. No obstante, considerando los proyectos de generación renovables no convencionales con concepto de conexión de la UPME, se espera que para el año 2023 el sistema

eléctrico colombiano presente cambios importantes en su matriz energética, contando con más de 3 GW de fuentes variables (XM, 2021).

Figura 7 Generación de energía en Colombia en el mes de septiembre



**Fuente:** (DUITAMA, 2021)

Así las cosas, y según lo anteriormente visualizado en la figura 7 sobre generación de energía en el mes de septiembre de 2021, dentro de la generación de energía renovable la que más contribuye, hablando de generación, es la hidráulica con un 98,14% y la solar con un 0,5%, es importante mencionar que según (XM, 2021) y el balance presentado, el 86,70% de la energía generada en Colombia fue a través de fuentes renovables.

A nivel regional, si bien la empresa CHEC, hace parte de grupo EPM, es la empresa con mayor generación de energía en Caldas, en la que, si bien su generación en su mayor porcentaje es hidráulica, a la fecha apenas se encuentra incursionando en generación de energía fotovoltaica, desarrollando proyectos para únicamente consumo de dicho tipo de energía para sus sedes corporativas.

## **Factor Ambiental**

la implementación de un sistema solar fotovoltaico reduce el impacto ambiental que produce sistemas energéticos tradicionales como gases contaminantes, contaminación ambiental, reducción y desplazamiento de los ecosistemas; con el sistema fotovoltaico, se usa como recurso la energía solar, la cual es una fuente inagotable de energía y hace parte de las energías renovables.

Este tipo de sistema no genera contaminaciones de ningún tipo como de gases, sonoras y visuales, armonizando tanto con la estructura donde se vaya a implementar este tipo de sistemas. Para lo cual, es importante realizar un recorrido desde su producción hasta su disposición final:

Estos equipos requieren de la utilización de componentes comunes en la industria convencional, como lo son el vidrio, acero o aluminio. Adicional a esto, requieren también de elementos químicos para su funcionamiento. Por tal motivo, la explotación minera en la extracción de estos elementos químicos, junto con su proceso de fabricación, resultan en altas concentraciones de gases efecto invernadero emitidos hacia la atmosfera.

Si analizamos el panorama de los combustibles fósiles, estos también requieren de ciertos procesos industriales para su extracción y adecuación. La gasolina, por ejemplo, obtiene agentes contaminantes desde su obtención hasta cuando está en distribución y entra en contacto con el aire. Por lo tanto, son elementos que requieren de un proceso de purificación estricto, dando como resultado emisiones a la atmósfera de gases efecto invernadero.

Desde que se realiza la instalación, los paneles solares no tienen ningún tipo de emisión a la atmósfera. Esta etapa en su ciclo de vida es considerada la menos contaminante; al contrario, lo que sí están haciendo es evitar las emisiones de gases efecto invernadero producto de la no

utilización de la energía convencional, un proyecto con paneles solares en una vivienda familiar fácilmente puede evitar al año la emisión de 1 tonelada de dióxido de carbono en la atmósfera.

Hoy en día los paneles solares son fabricados para tener una duración mínima entre 25 y 30 años, de esta manera, se calcula que para la década del 2050 habrá un incremento considerable en el volumen de paneles retirados, en su momento esto representará un desafío a nivel ambiental, pero también una oportunidad para crear valor y encontrar nuevas vías económicas. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la recuperación de las materias primas podría estar por el orden de los 15.000 millones de dólares para el 2050.

No obstante, en este momento los encargados de dar la disposición final de los mismos son las casas fabricantes y algunas empresas privadas como Bouches-du-Rhône en Francia, ellos establecen que aproximadamente un 95% del material es reciclable (ENGI, 2020).

### **Factor Legal**

La normativa vigente para el uso de sistemas fotovoltaicos en Colombia está regulada por la UPME, a través de la Ley 1715 del 2014. Por medio de esta se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, y tiene como objetivo promover su desarrollo, buscando la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la seguridad del abastecimiento energético, buscando también promover la gestión eficiente de la energía. Esta ley busca incentivar la inversión de proyectos con fuentes renovables no convencionales de generación de energía, el desarrollo de este tipo de tecnologías, la eficiencia de la energía eléctrica, suplir necesidades en las Zonas No Interconectadas (ZNI) del país y ayudar al medio ambiente con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Existen una serie de normas y decretos que regulan la implementación de sistemas de paneles solares, entre los cuales se pueden distinguir: la Resolución 281 del 2015, que establece que el límite máximo de potencia de autogeneración a pequeña escala será de 1 MW, y corresponderá a la capacidad instalada del sistema de autogeneración (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2015). Resolución 585 de 2017, que establece los procedimientos a través de los cuales la UPME evaluará y emitirá conceptos técnicos sobre las solicitudes que sean presentadas, con el objeto de determinar si los proyectos evaluados se enmarcan dentro de las acciones y medidas sectoriales y cuantifican su contribución a las metas de eficiencia energética del plan de acción indicativo PAI 2017-2022 (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2017)

Otros factores determinantes para la inversión en la generación de energía solar fotovoltaica, por su incidencia en el retorno de la inversión y los cuales resultan decisivos para esta investigación, son los incentivos tributarios:

Artículo 2.2.3.8.2.1.- Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta: Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta (...) tendrán derecho a deducir hasta el cincuenta por ciento (50%) del valor de las inversiones.

Exclusión del IVA. Artículo 2.2.3.8.3.1.- Requisitos generales para acceder a este incentivo. Exención de gravamen arancelario. Artículo 2.2.3.8.4.1.- Requisitos generales para acceder a este incentivo. Régimen de depreciación acelerada. Artículo 2.2.3.8.5.1.- Requisitos generales para acceder al incentivo de depreciación acelerada de activos (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

## **Factor Tecnológico**

Frente al entorno tecnológico, Colombia aún se desenvuelve en un ambiente de aprendizaje en cuanto a generación de energía solar y su producción aún se cataloga como de pequeña escala; evidenciando que los logros son modestos de acuerdo con la dependencia que Colombia genera sobre países extranjeros en materia tecnológica. A pesar de la situación que afronta Colombia en materia tecnológica, el Gobierno Nacional tiene trazados los objetivos de aumentar la inversión pública y privada en ciencia, tecnología e innovación; así como estimular la colaboración entre universidades y empresas para una investigación con mayor impacto.

Debido a la situación que afronta Colombia y el daño irreparable que sufre el planeta, se han adoptado medidas que mediante protocolos como PROURE y tratados tecnológicos, orientados a subsanar el daño ambiental en la búsqueda del uso de energías alternativas apoyadas en la tecnología.

### **PROURE (Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía)**

Se orientan fundamentalmente a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, en función de la identificación de los potenciales y la definición de metas por ahorro energético y participación de las fuentes y tecnologías no convencionales en la canasta energética del país. Adicionalmente, la disponibilidad de los recursos energéticos y el comportamiento de la demanda y su relación con la productividad de los sectores estratégicos, la intensidad energética, la calidad de vida de la ciudadanía y la disminución de los gases de efecto

invernadero, se constituyen en elementos de política como propósito fundamental del PROURE (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2022)

## **ESTUDIO DE MERCADO**

### **El producto**

El montaje e implementación de sistemas solares fotovoltaicos se logra gracias al estudio previo de las necesidades que cada cliente presenta, que para este caso puntual se trata de instituciones educativas, que por su actividad económica representan gran afluencia de público, demandando una importante cantidad de energía. Es así como se adelantaron los estudios de mercado, financiero, de riesgos, técnico entre otros, pertinentes para determinar qué tipo de solución fotovoltaica se adapta mejor a las condiciones de las Instituciones educativas, así como el área y terreno en los que se debe desarrollar el proyecto.

### **Demanda**

Para el estudio de la demanda se realizó una investigación de mercados por medio entrevistas de profundidad bajo la técnica de muestreo por conveniencia, que por sus características es el método que mejor se ajusta a la investigación a realizar debido a la limitación en el acceso, solo se tiene disponibilidad de 7 instituciones educativas a examinar. La demanda se encuentra constituida por las instituciones educativas localizadas en el municipio de Chinchiná Caldas, comprendiendo su área urbana y rural. Como conclusión se obtuvo que la aplicación en las entrevistas arrojó un resultado positivo, ya que permitió conocer la aceptación de generación de energías basadas en fuentes renovables, así como el costo promedio en el gasto en que incurre cada institución en períodos mensuales comprendidos entre febrero y julio 2019. Otro factor relevante tratado en la encuesta es que se pudo determinar de dónde proviene la fuente de los recursos para

*Gerencia de Proyectos-2021*

financiar el proyecto de paneles solares y el nivel de interés que cada institución presenta frente al tipo de proyecto.

### Costo de kWh empresa CHEC

Según la información obtenida en el centro administrativo municipal, se puede referenciar el costo del consumo energético de las 16 sedes de diferentes instituciones educativas, por lo cual se pudo obtener información tal como consumo de energía por mes en kWh, valor mensual y costo del kWh, como se referencia a continuación.

Institución Educativa	kWh Actual	Valor	mes	Valor Kw
		\$		\$
Colegio San Francisco	275	141.539,00	Febrero	514,69
		\$		\$
Colegio Of San FCO	648	333.518,00	Febrero	514,69
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	111	59.890,00	Febrero	539,55
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	359	193.698,00	Febrero	539,55
		\$		\$
Escuela Juan 23	218	117.622,00	Febrero	539,55
Escuela María		\$		\$
Inmaculada	185	99.817,00	Febrero	539,55
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	127	68.523,00	Febrero	539,55
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	1294	698.177,00	Febrero	539,55
		\$		\$
Escuela Caldas	311	167.800,00	Febrero	539,55
		\$		\$
Escuela Santa Juana	23	12.410,00	Febrero	539,57
		\$		\$
Escuela Santa Juana	89	48.020,00	Febrero	539,55
		\$		\$
Escuela Kenedy	123	66.365,00	Febrero	539,55
Escuela GRAL		\$		\$
Santander	831	407.045,00	Febrero	489,83
Escuela Cartón		\$		\$
Colombia	226	121.938,00	Febrero	539,55

		\$		\$
Colegio San Francisco	833	437.123,00	Marzo	524,76
		\$		\$
Colegio Of San FCO	1050	550.996,00	Marzo	524,76
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	495	272.090,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	1580	868.490,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Escuela Juan 23	540	296.826,00	Marzo	549,68
Escuela María		\$		\$
Inmaculada	1121	616.188,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	704	386.973,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	2054	1.134.534,00	Marzo	552,35
		\$		\$
Escuela Caldas	669	367.734,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Escuela Santa Juana	266	146.214,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Escuela Santa Juana	264	145.115,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Escuela Kenedy	1041	572.214,00	Marzo	549,68
Escuela GRAL		\$		\$
Santander	1546	772.750,00	Marzo	499,84
		\$		\$
Escuela Cartón		\$		\$
Colombia	489	268.792,00	Marzo	549,68
		\$		\$
Colegio San Francisco	995	531.639,00	Abril	534,31
		\$		\$
Colegio Of San FCO	1057	564.767,00	Abril	534,31
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	500	279.636,00	Abril	559,27
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	1651	923.359,00	Abril	559,27
		\$		\$
Escuela Juan 23	360	201.338,00	Abril	559,27
Escuela María		\$		\$
Inmaculada	1113	622.471,00	Abril	559,27
		\$		\$
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	77	43.064,00	Abril	559,27
		\$		\$
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	2115	1.182.862,00	Abril	559,27
		\$		\$
Escuela Caldas	741	414.421,00	Abril	559,27

*Gerencia de Proyectos-2021*

		\$		\$
Escuela Santa Juana	278	155.478,00	Abril	559,27
		\$		\$
Escuela Santa Juana	356	199.101,00	Abril	559,27
		\$		\$
Escuela Kenedy	942	526.835,00	Abril	559,27
Escuela GRAL		\$		\$
Santander	1368	696.789,00	Abril	509,35
Escuela Cartón		\$		\$
Colombia	497	277.959,00	Abril	559,27
		\$		\$
Colegio San Francisco	901	478.070,00	Mayo	530,60
		\$		\$
Colegio Of San FCO	993	526.885,00	Mayo	530,60
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	400	222.262,00	Mayo	555,66
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	1136	631.224,00	Mayo	555,65
		\$		\$
Escuela Juan 23	194	107.797,00	Mayo	555,65
Escuela María		\$		\$
Inmaculada	971	539.541,00	Mayo	555,65
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	188	104.463,00	Mayo	555,65
Colegio Bartolomé		\$		\$
Mitre	2206	1.225.774,00	Mayo	555,65
		\$		\$
Escuela Caldas	902	501.201,00	Mayo	555,66
		\$		\$
Escuela Santa Juana	226	125.578,00	Mayo	555,65
		\$		\$
Escuela Santa Juana	321	178.365,00	Mayo	555,65
		\$		\$
Escuela Kenedy	740	411.185,00	Mayo	555,66
Escuela GRAL		\$		\$
Santander	1493	754.777,00	Mayo	505,54
Escuela Cartón		\$		\$
Colombia	410	227.818,00	Mayo	555,65
		\$		\$
Colegio San Francisco	975	505.185,00	Junio	518,14
		\$		\$
Colegio Of San FCO	989	512.439,00	Junio	518,14
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	399	216.823,00	Junio	543,42
		\$		\$
Colegio Santa Teresita	1167	634.166,00	Junio	543,42

*Gerencia de Proyectos-2021*

		\$		\$
Escuela Juan 23	690	374.956,00	Junio	543,41
Escuela María Inmaculada	1038	564.065,00	Junio	543,42
Colegio Bartolomé Mitre	51	27.714,00	Junio	543,41
Colegio Bartolomé Mitre	1917	1.041.727,00	Junio	543,42
Escuela Caldas	889	483.096,00	Junio	543,42
Escuela Santa Juana	243	132.050,00	Junio	543,42
Escuela Santa Juana	345	187.478,00	Junio	543,41
Escuela Kenedy	911	495.051,00	Junio	543,41
Escuela GRAL Santander	1351	665.857,00	Junio	492,86
Escuela Cartón Colombia	426	231.495,00	Junio	543,42
		\$		\$
Colegio San Francisco	1010	528.835,00	Julio	523,60
Colegio Of San FCO	930	486.947,00	Julio	523,60
Colegio Santa Teresita	389	213.623,00	Julio	549,16
Colegio Santa Teresita	1188	652.400,00	Julio	549,16
Escuela Juan 23	518	284.464,00	Julio	549,16
Escuela Maria Inmaculada	989	543.118,00	Julio	549,16
Colegio Bartolomé Mitre	264	144.978,00	Julio	549,16
Colegio Bartolomé Mitre	1917	1.052.188,00	Julio	548,87
Escuela Caldas	952	522.799,00	Julio	549,16
Escuela Santa Juana	251	137.839,00	Julio	549,16
Escuela Santa Juana	344	188.977,00	Julio	549,35
Escuela Kenedy	906	497.538,00	Julio	549,16
Escuela GRAL Santander	1548	770.966,00	Julio	498,04

*Gerencia de Proyectos-2021*

Escuela Cartón		\$		\$
Colombia	418	229.548,00	Julio	549,16

Tabla 1. Costo del consumo energético sedes educativas

Fuente: Elaboración propia

Así las cosas, con los resultados obtenidos basados en fuentes primarias como facturas de cobro por el operador de energía actual CHEC, se presentan en la siguiente tabla los promedios obtenidos por mes, tanto en el consumo de energía en kWh, como el promedio de valor del costo de energía para cada institución educativa.

Mes	Promedio Valor kWh
Febrero 2019	532,4
Marzo 2019	542,7
Abril 2019	552,1
Mayo 2019	548,5
Junio 2019	536,2
Julio 2019	541,8

Tabla 2. Promedio Valor kWh

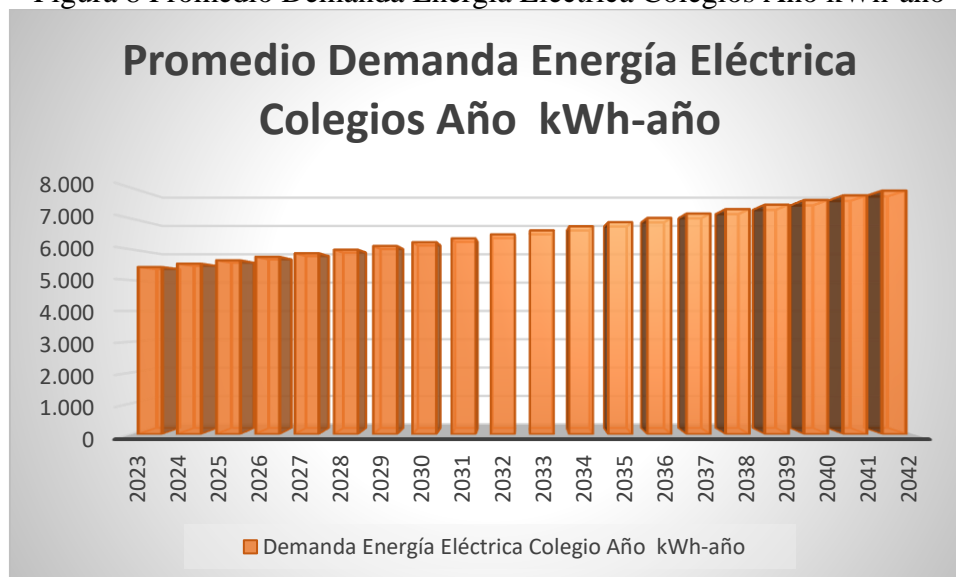
Fuente: Elaboración propia

### **Proyección consumo y costo de energía en las instituciones educativas**

Según los análisis realizados con los datos obtenidos en la información primaria recolectada, se puede establecer un promedio de demanda y elaborar una proyección a veinte años aproximadamente, a partir del año 2023, con un promedio de demanda de energía de 5.423 kWh

por año, incrementando el consumo en un 2% anualmente, hasta llegar a un consumo en el año 2042, con un promedio de demanda de energía de 7.900 kWh por año.

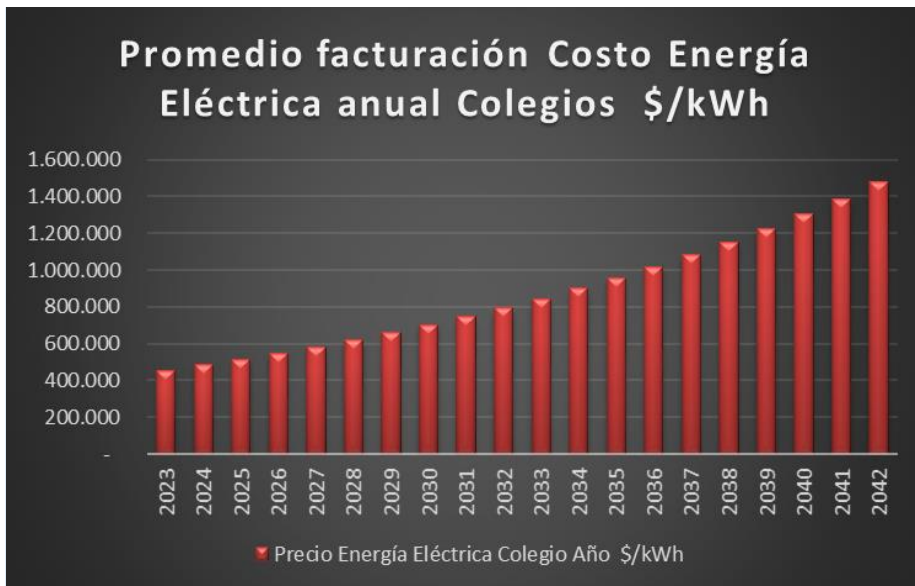
Figura 8 Promedio Demanda Energía Eléctrica Colegios Año kWh-año



Fuente: Elaboración Propia

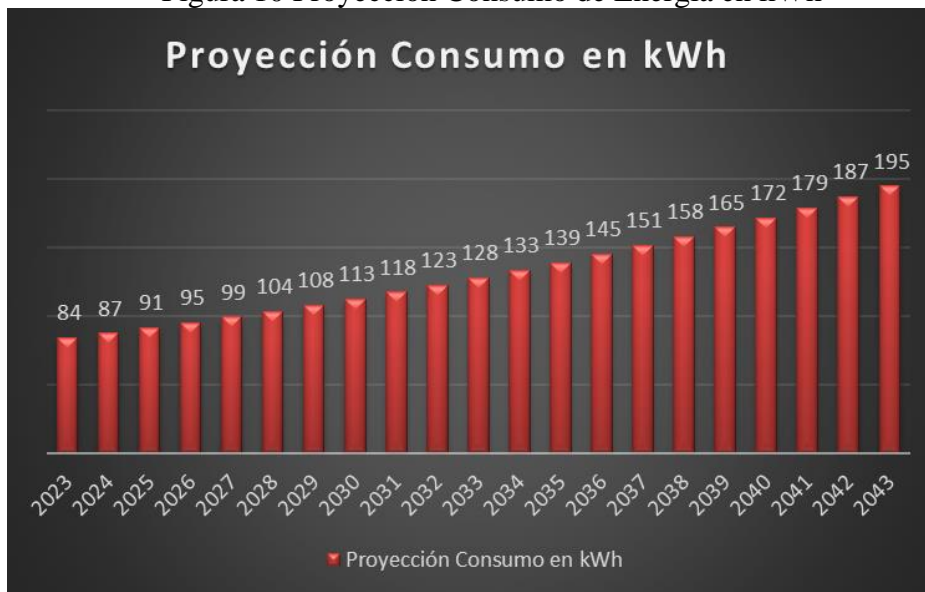
Igualmente, así como el promedio de demanda incrementa, lo mismo sucede con el costo de la energía, del cual tomamos el promedio de costos con el incremento en porcentaje de Índice de precios al productor (IPP), generando los siguientes resultados:

Figura 9 Promedio Facturación Costo de Energía Eléctrica Anual Colegio \$/kWh



Fuente: Elaboración Propia

Figura 10 Proyección Consumo de Energía en kWh



Fuente: Elaboración Propia

## Histórico de Consumo

Para conocer con mayor profundidad el consumo eléctrico histórico de las instituciones educativas del municipio de Chinchiná, fueron consultadas las bases de datos y facturaciones generadas durante el año 2019 primer semestre, entendido como el año más reciente en el que el calendario escolar tuvo un comportamiento normal. Lo anterior con el fin de evitar desfases en las cifras a estudiar, ocasionados por los primeros picos de la pandemia Covid-19 registrados a inicios del 2020, lo que implicó el confinamiento a nivel mundial, y por lo tanto no fueron considerados los de vigencia 2020 y 2021, debido a que provocarían dificultad en hallar con exactitud el tamaño y comportamiento de la demanda.

Mes	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Promedio
kWh	3697	841	389	275	833	995	1172
Valor							
Días Consumo	30	30	31	30	32	28	30
Sábados	4	5	5	4	5	4	4
Dom/Fest	5	6	6	7	5	4	5
Días Hábiles	21	19	20	19	22	20	21

<b>Número de cuenta</b>	113178889
<b>Tuvo el servicio de energía entre:</b>	18/MAR/2019-17/ABR/2019
<b>Si no lo pago antes del:</b>	22/MAY/2019
<b>Me quedo sin el servicio desde:</b>	
<b>Debo pagar en total:</b>	\$ 513.880

Este es tu número de cuenta para cualquier transacción que tengas que hacer en CIE.

**Memoriza tu número de cuenta, con el puedes hacer tus pagos en puntos Susuerte - Apostar, sin necesidad de presentar factura.**

<b>Alumbrado Público</b>	Municipio Chinchiná	Nombre COLEGIO SAN FRANCISCO	Fecha de Expedición
Número de cuenta 113178889	Atención al ciudadano Alcaldía Cra 8 Calle 11-12 piso 2	Doc. equivalente 74458148	Estrato
Acuerdo municipal No. 037 de 2008	Clausula 3ª Contrato de Condiciones Uniformes*	Saldo anterior \$0	No. Medidor 25738498
Fecha máxima de pago 22/MAY/2019	Valor periodo \$35.784	Valor total \$35.784	Carga instalada 3.5

Concepto	Consumos (kWh)	Valor Unitario	Valor
Consumo Activa	901	530,5	
Ajuste Negativo Decena			
Int. Financiación no Gravado			
PC Cuota Mano de Obra(6/36)			
PC Cuota Mano de Obra(7/36)			

<b>Programa de Financiación Social</b>	Valor concepto	Capital	Interés	Acuota	Saldo
Descripción					
<b>Valor total</b>		\$ 0	\$ 0		\$ 0

<b>Otros Productos</b>	Descripción	Valor

<b>Forma del Consumo</b>	Lectura actual	Lectura anterior	Factor multiplicación	Co

### **Proyección de precios**

Teniendo en cuenta que la financiación de la implementación de paneles solares será adelantada mediante los recursos disponibles por el sistema general de regalías que le son asignados al municipio de Chinchiná Caldas; se estima que la forma de pago se tiene proyectada durante un año o menos, con un 40% inicial del costo del proyecto, de acuerdo con los avances técnicos operativos y administrativos adelantados; y el 60% al final de la entrega total del proyecto.

La proyección de precios se encuentra estipulada con un margen de rentabilidad bajo, comprendido entre un 25 y 30% de acuerdo con el costo total por cada panel solar.

La normativa para prestar servicio de energía con paneles solares se encuentra a cargo de la Comisión de regulación de energía y gas CREG, según la expedición de la resolución 137 2020, donde están estipulados los parámetros para la prestación del servicio de energía eléctrica y en la que se determina la tarifa por servicio prestado y a su vez fomenta la libre competencia de este mercado con el fin de ampliar la cobertura en la que se pueda garantizar calidad y continuidad del servicio. En ese sentido, es de gran importancia aclarar que la CREG no se encarga de fijar tarifas, pues es un procedimiento que debe ser adelantado por el prestador del servicio u operador y como responsabilidad de la comisión, a quien le corresponde el respectivo análisis para estipular la fórmula por la cual calcula la tarifa del servicio y así instaurar el valor máximo por cobrar.

La metodología implementada por la CREG tiene en cuenta aspectos relevantes como los costos de administración y mantenimiento, inversión que realiza la empresa, costos de atención a los usuarios, la región donde se presta el servicio, las horas de radiación solar para la zona. La fórmula que tiene implementada la comisión es de restablecer el máximo que se puede cobrar y se integra de los siguientes componentes.

*Gerencia de Proyectos-2021*

$$(G + C) \times D = CU$$

En donde:

G equivale al costo de generación: lo que cuesta adquirir instalar y mantener la solución solar (panel, batería y otros equipos eléctricos).

C es igual al costo de la comercialización: medición, facturación, cobro, atención al usuario, impuestos, gastos financieros y la remuneración del prestador.

D es igual a la disponibilidad: cumplimiento del prestador respecto del servicio que se comprometió a tener disponible para el usuario. Las empresas prestadoras tendrán la obligación de garantizar la disponibilidad de la cantidad de energía pactada.

Todo esto nos dará el costo mensual de lo que técnicamente se conoce como el CU: Costo Unitario de Prestación del Servicio, que en resumen es el costo máximo que puede cobrar cada empresa por un mes de servicio (CREG, 2020).

El Proyecto consiste en la construcción de siete (7) Plantas Solares Fotovoltaicas conectadas en paralelo con la red, su objetivo es el de suministrar energía a las sedes educativas de la zona urbana del municipio de Chinchiná, sobre todo en los momentos que la demanda de zonas comunes esté por debajo de la producción de las plantas solares.

Las plantas solares las conforman principalmente paneles solares de 450 Wp y 540 Wp, inversores de 100 KWac, tableros de distribución y tableros de medida con componentes de comunicación.

Los paneles solares van instalados en las cubiertas y zonas verdes, según el caso de cada institución, los inversores y tableros van en unos cuartos eléctricos construidos en las azoteas (contiguos a las cubiertas) o en un lugar cercano a la zona verde y sus respectivos tableros de medidas.

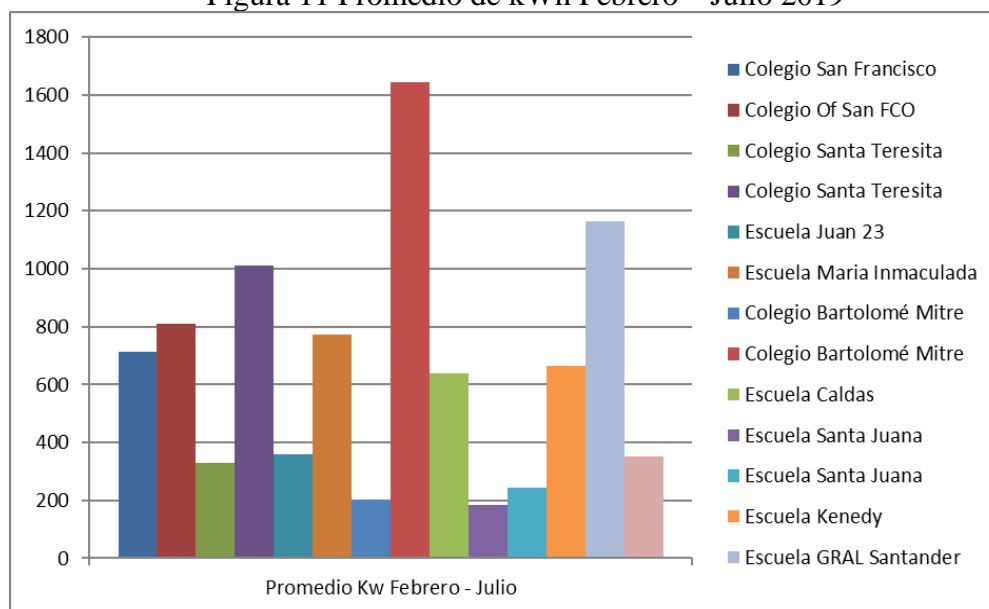
Intitución Educativa	Promedio kWh Febrero - Julio	Promedio Valor Febrero - Julio
Colegio San Francisco	712,7142857	\$ 374.627,29
Colegio Of San FCO	809,5714286	\$ 425.078,86
Colegio Santa Teresita	327,7142857	\$ 180.617,71
Colegio Santa Teresita	1011,571429	\$ 557.619,57
Escuela Juan 23	360	\$ 197.571,86
Escuela Maria Inmaculada	773,8571429	\$ 426.457,14
Colegio Bartolomé Mitre	201,5714286	\$ 110.816,43
Colegio Bartolomé Mitre	1643,285714	\$ 905.037,43
Escuela Caldas	637,7142857	\$ 351.007,29
Escuela Santa Juana	183,8571429	\$ 101.367,00
Escuela Santa Juana	245,5714286	\$ 135.293,71
Escuela Kenedy	666,1428571	\$ 367.026,86
Escuela GRAL Santander	1162,428571	\$ 581.169,14
Escuela Carton Colombia	352,2857143	\$ 193.935,71
Totales	9088,285714	\$ 4.907.626,00

Tabla 3: Promedios kWh y Facturación febrero y julio de 2019.

Fuente: Elaboración propia

A partir la obtención y consolidado de los valores de facturación por cada institución educativa para el periodo de meses comprendidos entre febrero y julio de 2019, fue posible realizar un diagnóstico de consumo, como se evidencia en la siguiente figura, que ilustra el promedio de kilovatios hora (kWh) que consume cada institución educativa; permitiendo tipificar cuál institución educativa tiene el consumo más bajo, cuál de ellas tiene el consumo más alto y qué valores en kWh son considerados como un punto de equilibrio a nivel de consumo eléctrico durante la vigencia 2019.

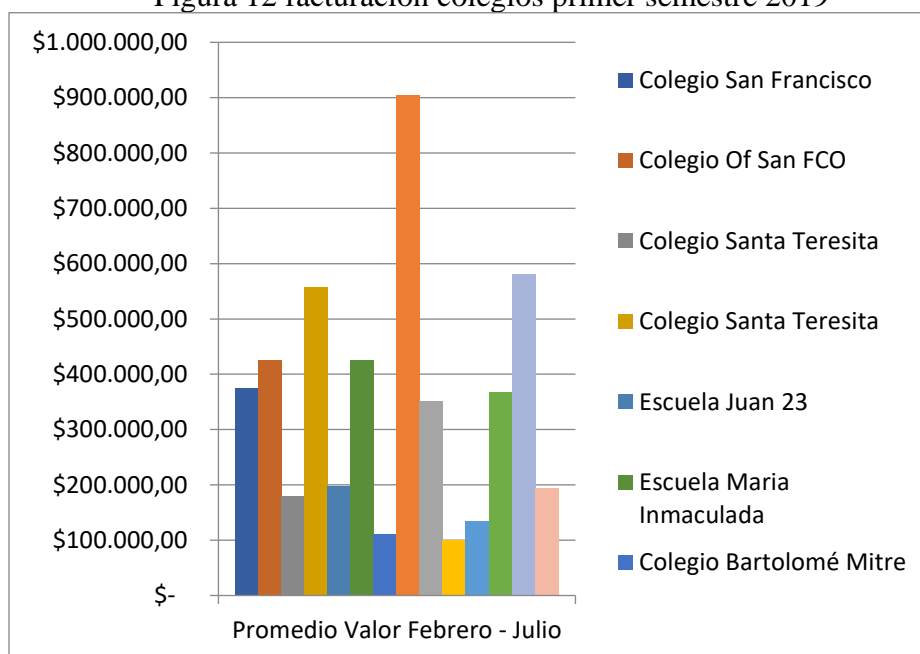
Figura 11 Promedio de kWh Febrero – Julio 2019



Fuente: Elaboración Propia

La siguiente figura se encuentra relacionada con los valores facturados mes tras mes por cada institución educativa. Es así como se logra identificar al Colegio Bartolomé Mitre como la institución educativa que reporta mayor consumo de kilovatios hora y mayor valor facturado promediado en \$900.000 COP en un período de 6 meses del calendario estudiantil 2019.

Figura 12 facturación colegios primer semestre 2019



Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto al comportamiento y cantidad de kilovatios consumidos, mediante la siguiente figura se logró determinar en qué periodo de meses del primer semestre de 2019 se logró el mayor consumo kilovatios y, por otra parte, cuál es la tendencia habitual de consumo por cada mes.

Figura 13 Promedio Mensual Valor kWh en Pesos Col

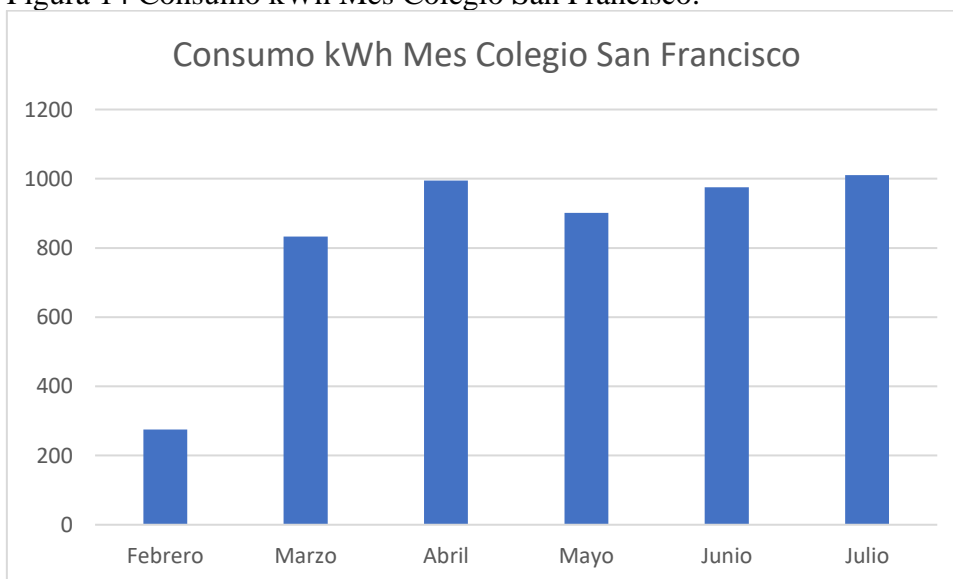


Fuente: Elaboración Propia

### Consumo de Kilovatios Hora por Institución Educativa

A continuación, en las siguientes figuras muestra la ilustración del comportamiento mensual de consumo de kilovatios durante el periodo de 6 meses, febrero a julio, registrado para cada institución educativa.

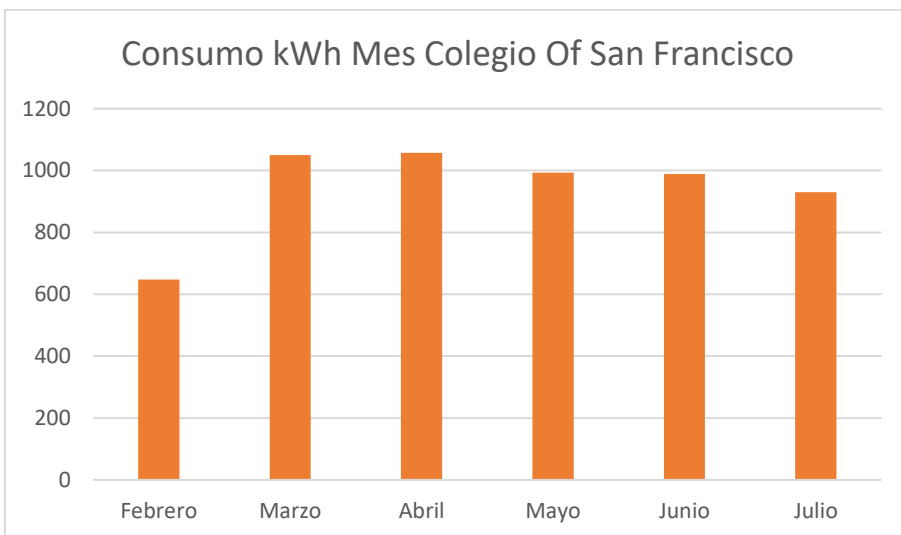
Figura 14 Consumo kWh Mes Colegio San Francisco.



*Gerencia de Proyectos-2021*

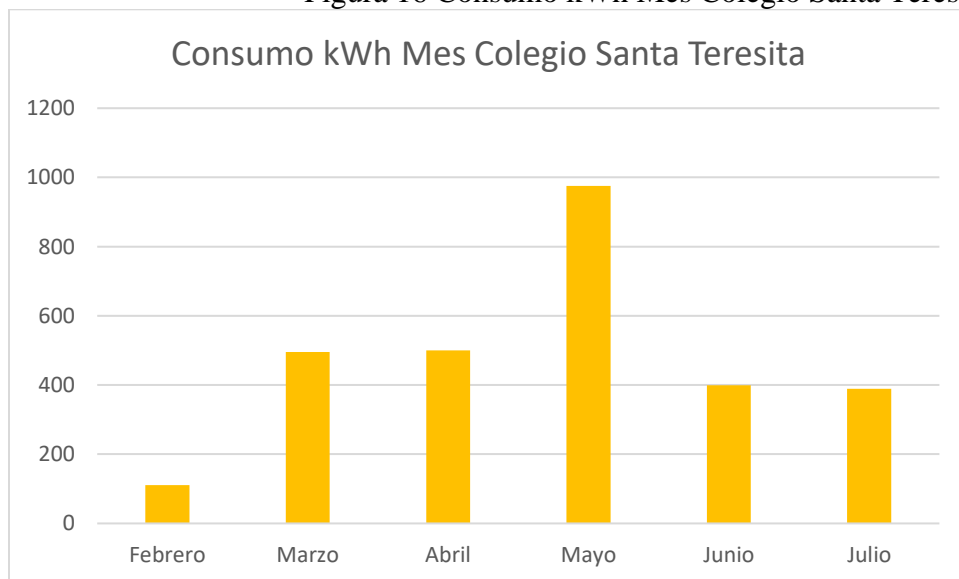
**Fuente: Elaboración propia**

Figura 15 Consumo kWh Mes Colegio Of San Francisco.



**Fuente: Elaboración propia**

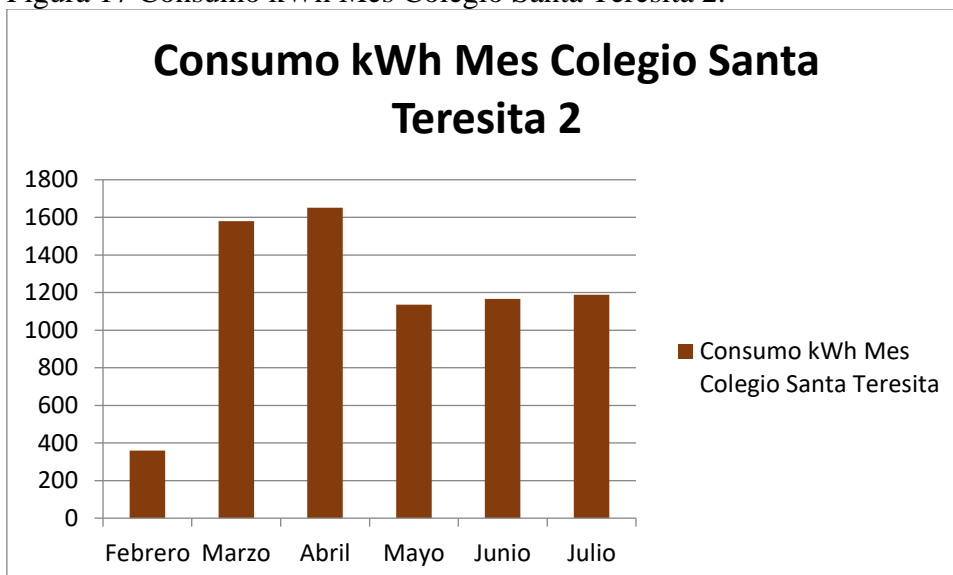
Figura 16 Consumo kWh Mes Colegio Santa Teresita.



**Fuente: Elaboración propia**

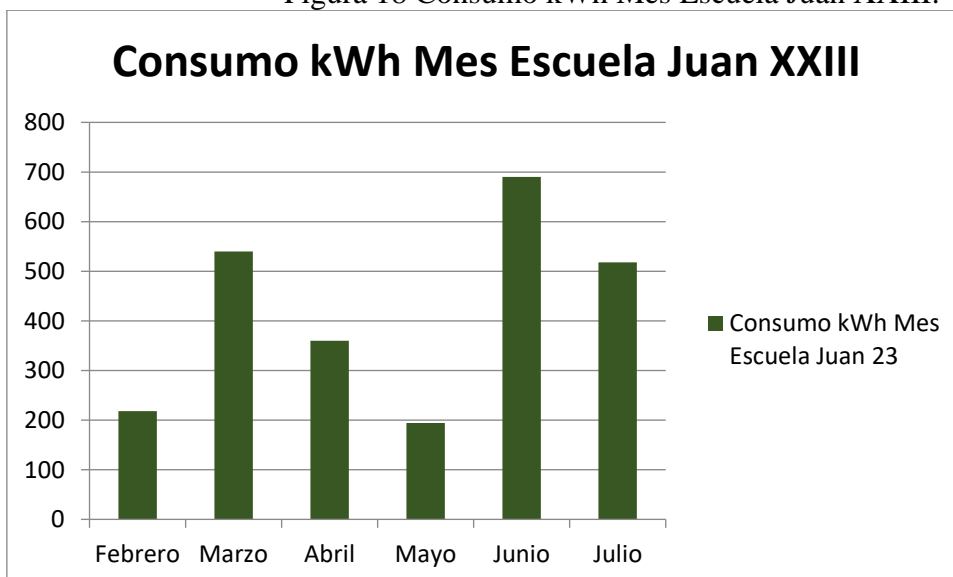
*Gerencia de Proyectos-2021*

Figura 17 Consumo kWh Mes Colegio Santa Teresita 2.



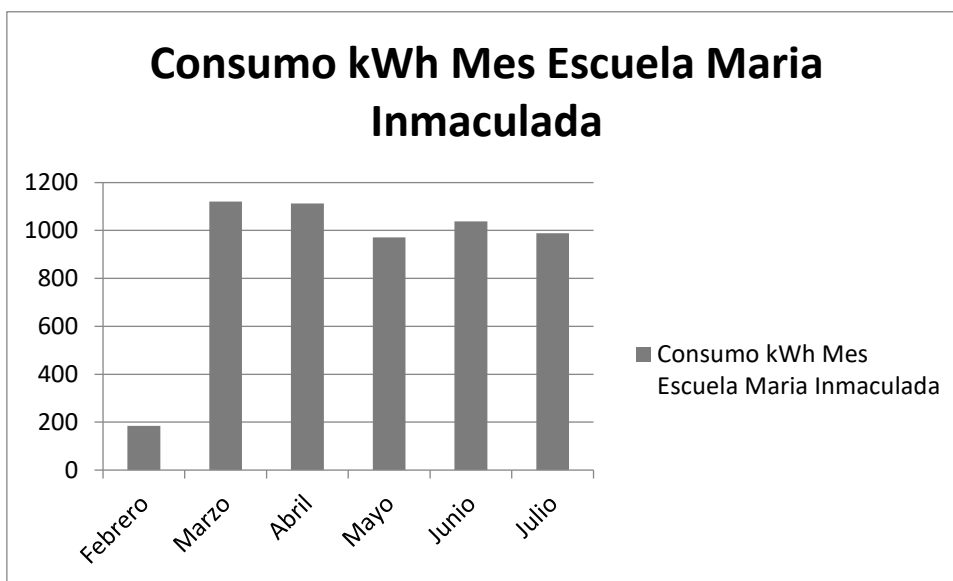
Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Consumo kWh Mes Escuela Juan XXIII.



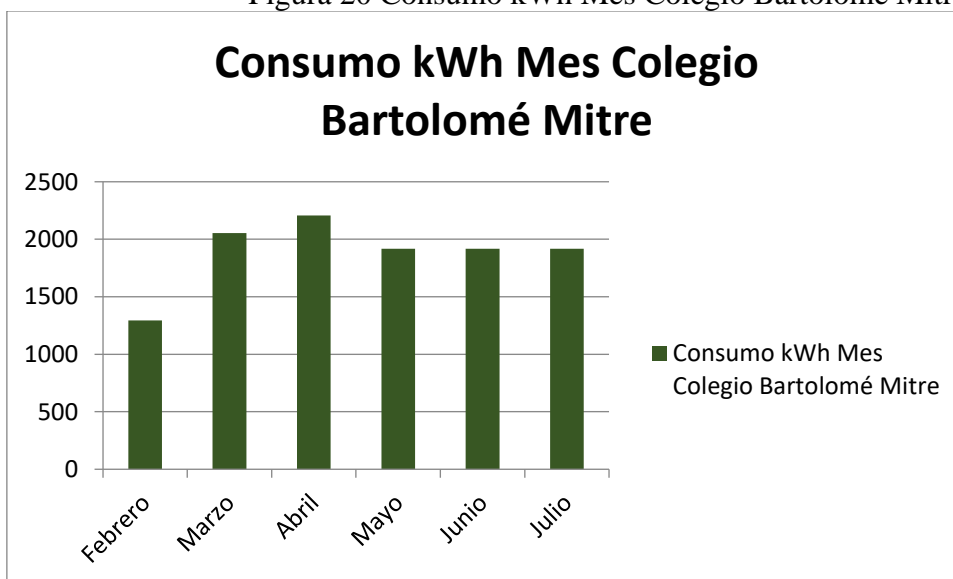
Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Consumo kWh Mes Escuela María Inmaculada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Consumo kWh Mes Colegio Bartolomé Mitre.



Fuente: Elaboración propia

### Consumo de Demanda Proyectada

Es preciso mencionar que la demanda energética se encuentra directamente proporcional a la ocupación que resulte para cada institución educativa, donde su mayor consumo se presenta en la primera jornada educativa que inicia a las 7 am y se extiende hasta la 1 pm. Luego, a la 1 pm el flujo de ocupación se reduce solo a labores administrativas establecidas hasta las 6 pm. La construcción del flujo de ocupación se encuentra asociada a la implementación de indicadores que permitan estudiar el consumo energético que se presenta en las instituciones educativas.

### FLUJO DE OCUPACIÓN DE INSTALACIONES

LOCACIÓN	HORARIO DE USO	HORAS POR DÍA	HORAS POR AÑO	DÍAS LABORALES AL AÑO
<b>Aulas</b>	<b>6:30 am - 1:00 pm</b>	<b>6,5</b>	<b>1365</b>	<b>210</b>
<b>Oficinas Administrativas</b>	<b>8:00 am a 5:30 pm</b>	<b>9,5</b>	<b>2204</b>	<b>232</b>
<b>Aulas de Investigación-Talleres</b>	<b>8:00 am a 8:00 pm</b>	<b>12</b>	<b>2280</b>	<b>190</b>

Tabla 4: Flujo de Ocupación Instalaciones Sedes Educativas.

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los datos históricos obtenidos a través de la facturación de energía eléctrica y las figuras ilustradas, se encuentra que es clave conocer costos y consumos para las instituciones

educativas, dado que permiten construir la proyección desde el año 2021 al año 2046, periodo de años asociados a la vida útil de los paneles solares con 25 años de funcionamiento.

### **Canales de comercialización**

En cuanto al canal de comercialización de paneles solares se refiere, es clave señalar que uno de los errores más comunes en la identificación de cliente objetivo de paneles solares, es que el fabricante asume que la decisión de compra la tiene el cliente final y sucede que es el instalador quien tiene el poder de decisión; debido a que es un producto muy técnico y el comprador es quien da vía libre al experto para que lo asesore y se haga cargo de esta decisión. Otro aspecto por analizar en el canal de comunicación de paneles solares es que no son productos terminados que después de comprados están listos para usar; por lo contrario, a los paneles se les deben instalar termostatos, tuberías y demás conexiones.

Para la operación de comercialización será utilizado el modelo B2B business to business, debido a que una empresa fabricante hará el suministro del panel una vez la empresa instaladora realice la transacción, es decir, una empresa le vende a la otra para proceder con la instalación final. Para proveer el panel solar se debe realizar el siguiente proceso: después de estudiar y analizar las necesidades que presenta cada cliente y tras realizar una visita técnica se debe consolidar la información recopilada, para luego analizar los resultados y será el departamento de compras quien determina la mejor elección para el tipo de panel requerido y así se pueda avanzar al proceso de solicitud de cotizaciones de empresas fabricantes de este tipo de paneles solares, momento en el que también serán analizados factores claves en la decisión de compra, como sus avances tecnológicos, garantía, tiempos de entrega con transporte incluido, rendimiento, forma de

pago y precio de venta final. Los sistemas fotovoltaicos por los aspectos a estudiar generalmente son producidos por empresas chinas, estadounidenses o del continente europeo.

Tras realizar la compra y recibir el panel, se realizará el proceso de transporte con sus accesorios cables, componentes y estructuras hacia el lugar técnicamente aprobado. A continuación, se elaboró el proceso de puesta en marcha y los técnicos realizaron el proceso de instalación, desarrollando varias pruebas de chequeo, ajustando imprevistos y verificando que el panel solar cumpla con cada una de las especificaciones técnicas requeridas. Por último, se procede a dictar una breve capacitación para que el cliente entienda en palabras sencillas el proceso de funcionamiento y cuidado del sistema fotovoltaico.

### **Descripción del cliente**

El municipio de Chinchiná está localizado en la zona centro sur del departamento de Caldas, limitando al norte con el municipio de Palestina, con un área aproximada de 112.49 Km<sup>2</sup>, cuenta con una población de 51.492 habitante , disfruta de un clima ideal, con una temperatura promedio de 21°C, propicio para el desarrollo de las actividades base de su economía, principalmente agropecuaria y fundamentada en el café, posee una economía mixta entre lo agrícola y lo industrial, dadas sus características demográficas y geográficas.

según el plan de desarrollo, el cual se encuentra focalizado para el periodo 2020 - 2023, en su programa 6 “Chinchiná respeta sus ecosistemas”, en su meta 6.9 “Buscar la eficiencia energética a través de tecnologías limpias”, posee como meta producto, “Ubicar paneles solares y/o antenas eólicas para la eficiencia energética.”

Chinchiná cuenta con 7 instituciones educativas, 4 en la zona urbana con 12 sedes, zona rural 3 instituciones educativas con 20 sedes.

La base de datos del SIMAT (Sistema Integrado de Matrículas), registra para febrero de año 2017 un total de 9.541 personas matriculadas en las diferentes instituciones del municipio; donde se logra evidenciar que la mayor concentración de estudiantes es de niños y jóvenes desde los 5 a los 14 años (Camara de Comercio Chinchiná Caldas, 2018).

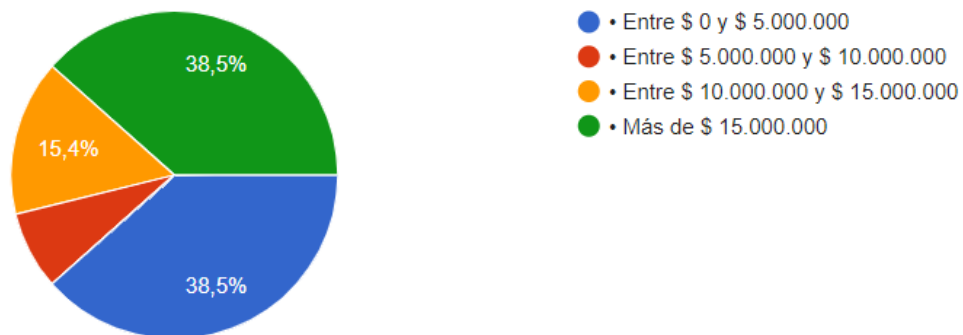
### **Percepción del cliente**

De acuerdo con la encuesta aplicada, se pudieron determinar características de gran aporte para el problema de investigación, tales como el estado actual de la percepción que tiene el cliente frente al tipo de energía de la que viene haciendo uso en los últimos 5 años; así como el consumo y gasto promedio mensual en que incurre cada institución educativa para cubrir el servicio público de energía eléctrica.

Figura 21 costo facturación promedio mensual en instituciones educativas.

2. ¿Cuánto es el costo las facturas promedio mensuales de las instituciones educativas del municipio?

13 respuestas



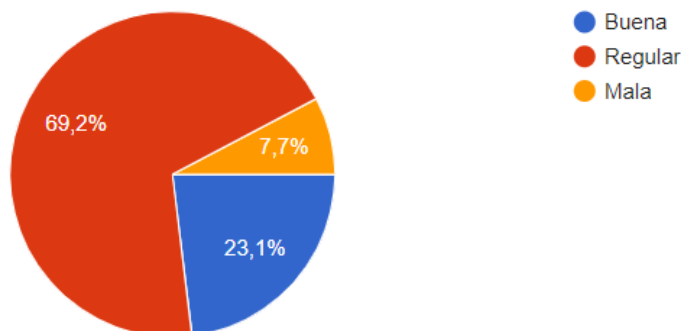
Fuente: Elaboración propia

La pregunta en la que se hace referencia está orientada al costo promedio mensual de facturación por servicios de energía eléctrica por cada institución educativa, tiene como objetivo cuantificar y realizar un diagnóstico económico mensual que permita determinar el impacto que generará la implementación de paneles solares, comparado con el uso de energía convencional que se está usando, como es la hidroeléctrica; que para este caso es de gran relevancia conocer que un porcentaje mayor al 62% de estas instituciones educativas presentan un costo en su facturación mensual por encima de los \$5 millones de pesos. Este tipo de información es sensible y de gran impacto para los estudios financieros que serán presentados en el desarrollo del presente problema investigación.

Figura 22. Estado estructural y cumplimiento de norma NSR 10

6. ¿Cuál es el estado estructural, tales como cumplimiento de normas NSR 10 o fallas en la misma, en su municipio?

13 respuestas



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la implementación de paneles solares está enfocado principalmente a instituciones educativas del municipio de Chinchiná Caldas y para el desarrollo de estudio de mercado, es de gran importancia determinar y conocer el estado actual de la infraestructura en la que serán instalados los sistemas de paneles solares. La consulta en la encuesta también se desarrolló con el fin de que sirva como guía en la toma de decisiones y evaluación para el tipo de sistema de panel que se debe implementar y que se ajuste a las condiciones técnicas que se encuentren en cada infraestructura.

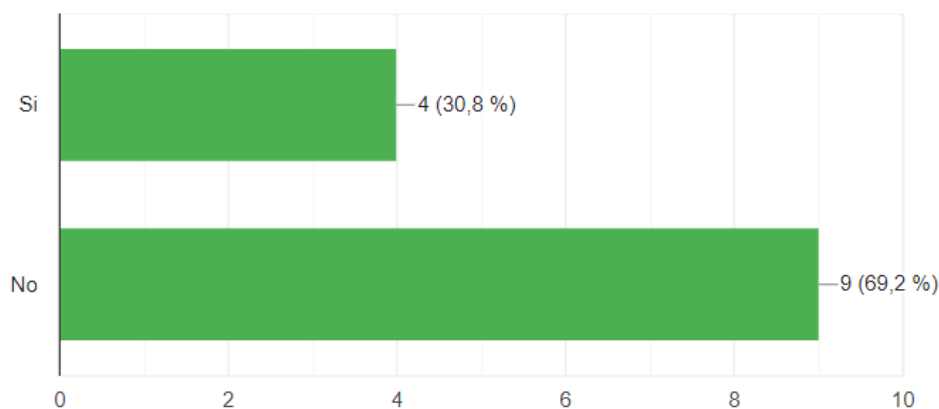
## Tendencias del Mercado

Para describir el contexto actual, la encuesta aplicada permitió conocer la postura que el cliente tiene sobre el modelo de negocio y cómo se ve relacionada frente a las tendencias que dictan las energías renovables y su progresión a futuro.

Figura 23. Ofertas para suministro y generación de energía.

9. ¿En los últimos cinco (5) años, ha recibido algún tipo de oferta por parte de algún comercializador de energía?

13 respuestas



Fuente: Elaboración propia

La pregunta se desarrolló con el fin de construir un panorama relacionado con los acercamientos que el cliente ha tenido con el sector de las energías renovables en los últimos 5 años. Es así como un porcentaje mayor al 30%, de estas instituciones educativas afirma que si han recibido propuestas para la implementación de paneles solares, entregando un panorama alentador hacia la transición del sector de las energías limpias.

## **Competencia**

En cuanto al panorama nacional y la generación de energía que se da en el eje cafetero, se cuenta con la presencia de una empresa filial del grupo empresarial EPM, conocida como la central hidroeléctrica de Caldas CHEC, que entrega cobertura para 500,137 clientes aproximadamente. En el caso específico de CHEC S.A. E.S.P., según su Informe Sostenibilidad 2019, los ingresos por distribución de energía que comprenden los segmentos de comercialización y distribución fueron de COP 464.368 millones, 9,22% más que en 2018. Esto debido a mayores ventas acumuladas en el sector residencial, con 12,0 GWh, y a mayores ventas en el sector comercial, con 2,3 GWh (CHEC, 2019), frente a lo cual existe el riesgo de presentar variaciones en su comportamiento histórico con escenarios de disminución de la demanda, por causa de la entrada creciente de auto generadores y de generación distribuida.

## **ESTUDIO TÉCNICO**

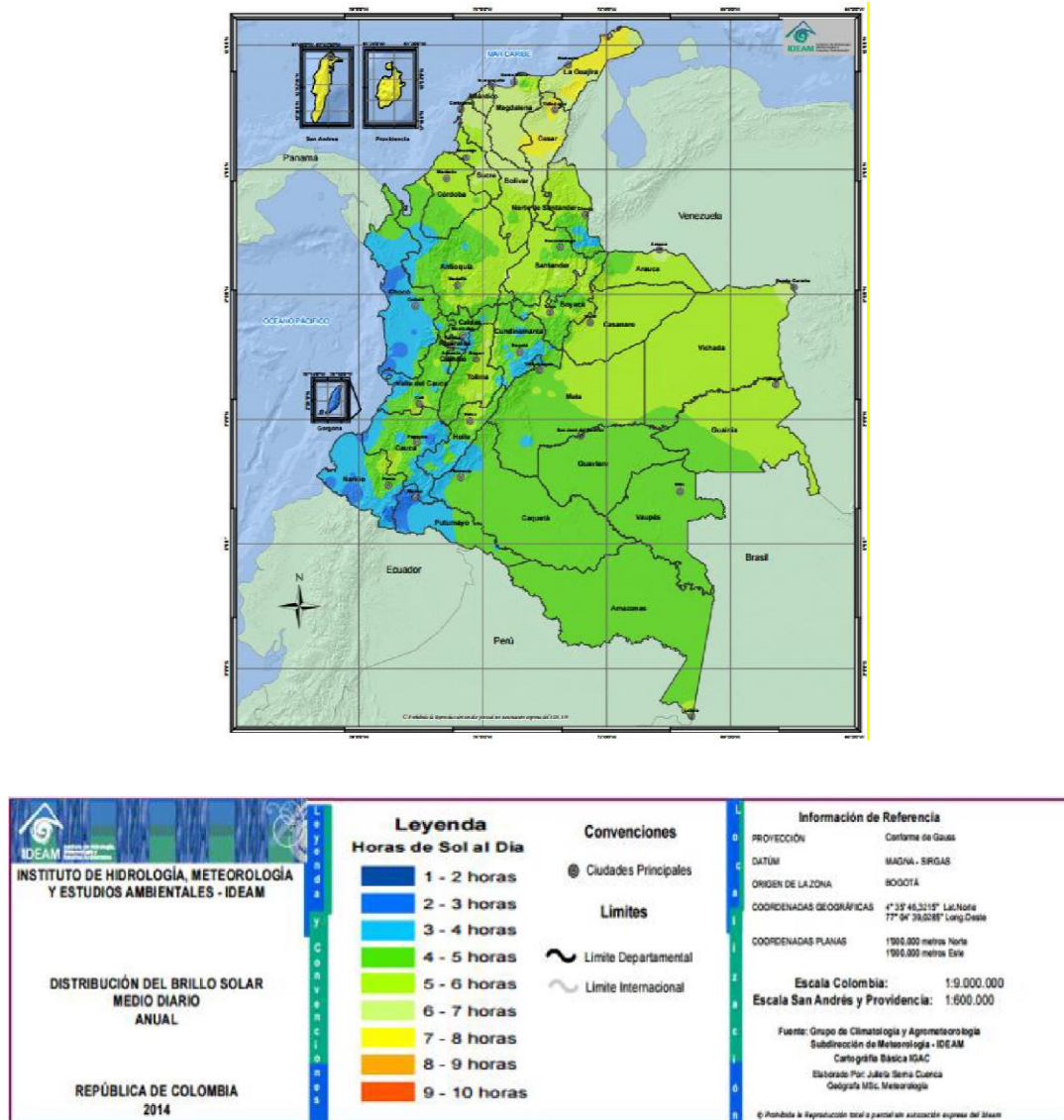
### **Horizonte de Tiempo y Vida Útil**

La implementación de paneles solares que permita cubrir las necesidades energéticas que presentan las instituciones educativas del municipio de Chinchiná, Caldas, como se sustentó anteriormente es un sistema viable en términos económicos y ambientales, ya que cuenta con grandes beneficios como la generación auto sostenible, amigable con el ecosistema debido a que se basa en energías limpias y de importantes contribuciones en el ahorro económico y la austeridad en el gasto que implementa desde hace unos años el gobierno Nacional.

Es así como se pretende generar con un ahorro mensual en el consumo de electricidad, luego de la instalación de los paneles solares, esto con el fin de que impacte directamente la inversión inicial realizada. El desarrollo del proyecto se encuentra basado en un horizonte de 20 años, tiempo asociado a la vida útil que presentan los paneles solares y de acuerdo con las referencias en la ficha técnica que proporcionan los fabricantes.

En la eficiencia energética de los paneles solares se encuentran implicadas las baterías, inversores y demás componentes que en funciona de manera integrada y cumplen con la mayor generación de energía posible y su principal factor de riesgo es la exposición a las inclemencias del tiempo, ya que estarán por bastantes años expuestos a la lluvia, el frío, el calor, demás residuos y más aún teniendo en cuenta que su instalación se realizaría al aire libre, produciendo un desgaste en su rendimiento. Adicionalmente es importante resaltar que su rendimiento se encuentra directamente relacionado con el brillo solar y potencial de energía solar que produce cada región del país; que, para este caso de acuerdo con estudio en mapas de radiación solar en Colombia adelantado por el IDEAM, la región andina cuenta con condiciones climáticas favorables y se destaca por tener aproximadamente entre 4:30 y 5:30 horas pico al día de máximo potencial en energía solar.

Figura 24. Mapa convenciones de brillo solar medio diario anual horas de sol al día República de Colombia



Fuente: IDEAM, 2014

**El terreno:** Su dimensión depende del tamaño del proyecto, debe tener buena orientación y contar con un horizonte libre de obstáculos como árboles o montañas que generen sombra y no generen interrupción de captación de energía.

**Estructuras ancladas:** Pueden ser en acero galvanizado o en aluminio anodizado, teniendo en cuenta que los mencionados materiales son más resistentes a los factores corrosivos del ambiente, así mismo, la tornillería a utilizar es de acero inoxidable, la estructura debe formar un ángulo de 30° entre el soporte vertical y el bastidor horizontal para mayor aprovechamiento de la radiación. La altura desde el suelo hasta la parte inferior del panel debe ser de 80 centímetros y la distancia adecuada entre las estructuras es de 4,12 metros, de esta forma se evita que se cree sombra entre el mismo sistema.

**Los paneles fotovoltaicos:** La célula fotovoltaica es un mecanismo electrónico basado en semiconductores de silicio, la placa de silicio también es conocida como oblea, cuando la luz del sol incide en la superficie de la célula, se produce una corriente eléctrica que se usa como energía; su espesor por lo general oscila entre 0,25 y 0,35 mm, habitualmente es cuadrada, su superficie se encuentra entre 100 y 225 m<sup>2</sup>.

**Generador fotovoltaico:** Es el dispositivo que convierte la radiación solar en energía eléctrica, la cual se produce en corriente continua y sus propiedades dependen de la intensidad energética de la radiación solar y la temperatura del ambiente.

**Inversores:** son dispositivos que convierten la energía eléctrica (corriente continua) generada por los paneles en corriente alterna de las mismas propiedades de la red eléctrica.

**Cajas de conexión:** se emplean para mejorar las partes del cableado en la parte de corriente continua, se deben instalar cajas de conexión intermedia entre las series de módulos y los inversores, las líneas procedentes de los módulos estarán protegidas por fusibles diseñados para aplicaciones de corriente continua, que además protegen contra cortocircuitos y sobrecargas.

**Contador:** se requiere de un contador bidireccional, el que como su nombre lo indica, tiene la capacidad de medir en ambos sentidos, con lo que realizará la función de dos contadores en uno y de esta forma medirá la cantidad de energía que se genera e inyecta a la red para su facturación, a la vez que mide el consumo propio de la instalación.

**Pararrayos:** se implementará un pararrayos con el fin de evitar el impacto directo en el huerto solar, protegiendo a las personas y a la instalación como tal.

De igual forma, se requieren otros subsistemas complementarios como conducciones, protecciones eléctricas, entre otras, de costos menores.

**Instalación eléctrica:** estará acorde con lo estipulado por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE –, está conformada por la instalación de baja tensión de la interconexión de las cadenas de los módulos fotovoltaicos, la interconexión de los grupos con las cajas de conexionado intermedio de cadenas y de ahí a los inversores. Se ejecutará una conexión trifásica en baja tensión desde el inversor hasta el centro de transformación. Todo conducido a través de canalizaciones adecuadas a cada disposición.

**Instalación de polo a tierra:** la red de tierras de la planta está conformada por los siguientes sistemas de polo a tierra, independientes unos de otros:

1. Polo a tierra de los neutros de los transformadores de potencia.
2. Red de polo a tierra general de la planta, a base de cable de cobre desnudo repartido por la planta, tanto de corriente continua como de corriente alterna de baja tensión.

A esta última red de tierra se conectarán las barras de tierra de los cuadros y toda la estructura metálica.

La red de tierra para la instalación de media tensión estará conformado por los siguientes polos a tierra, independientes unos de otros:

1. Polo a tierra de herrajes de media tensión denominada “tierra de protección”.
2. Polo a tierra de los neutros de los transformadores de potencia, también llamada tierra de servicio.

### **Proceso de funcionamiento de paneles solares**

En la actualidad los paneles solares son fabricados en módulos independientes y de diferentes tamaños, con la funcionalidad de que se puedan adecuar en terrazas, edificios, techos de viviendas o a campo abierto; garantizando el fácil acceso al mantenimiento y este resulta de bajo costo si se refiere a términos económicos.

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica. Están formados por celdas hechas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios.

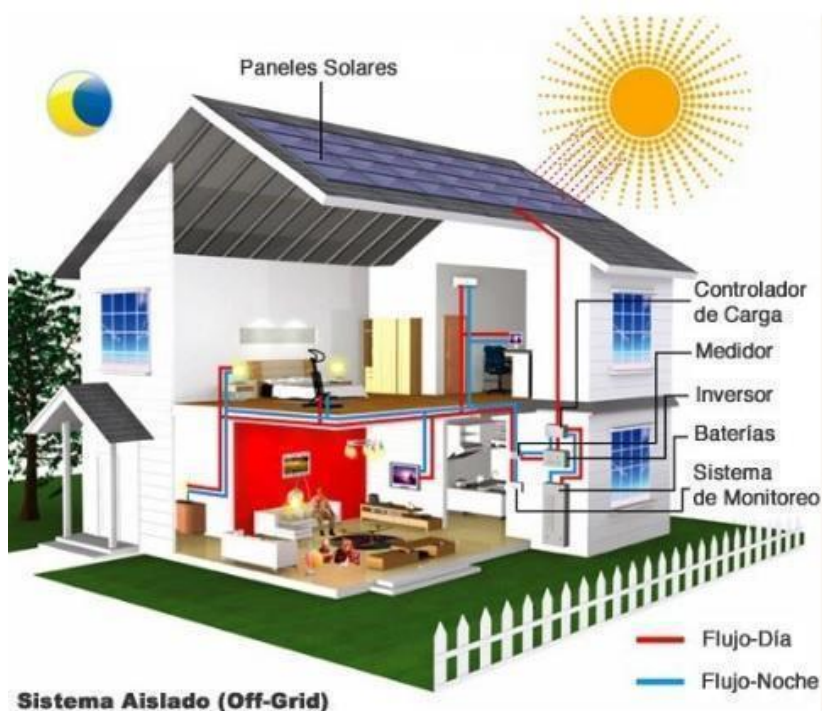
Figura 25. Procedimiento de instalación paneles solares térmicos



Fuente (APTUS, 2019)

Los paneles se colocan en serie para conseguir un voltaje adecuado a la aplicación eléctrica en cuestión o demandada; entonces los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados (REDEVET, 2016).

Figura 26. Funcionamiento de paneles solares térmicos



Fuente: (LIMPIA, 2017)

### Selección de tecnología

Entendiendo que en la actualidad y a medida que pasa el tiempo aparecen en el mercado innumerables marcas de paneles solares, el proceso de selección de la tecnología adecuada se considera como factor clave en el funcionamiento del proyecto.

Para dicha selección, en primer lugar, es indispensable analizar los Modelos de paneles según el objetivo de la instalación, ya que se debe saber exactamente para qué se va a usar la instalación,

dependiendo de para dónde y en qué se va a aprovechar la energía, serán de un tipo u otro modelo de panel solar.

Puede tratarse de instalaciones para: Autoconsumo (normalmente para industrias o empresas) sistemas de conexión a red, autoconsumo o PPA (Power Purchase Agreement); para casas/domicilios particulares bombeos fotovoltaicos Proyectos para instalaciones aisladas (llamadas autónomas).

Los paneles solares adecuados varían según estos objetivos, que para el caso de autoconsumo se usan placas solares, es decir, destinadas a producir su propia electricidad y así ahorrar costos en las facturas de la Energía. Para viviendas particulares, en cambio, se usarán otras cuyas características tengan más que ver con durabilidad y garantías.

En los Modelos de paneles, según el tamaño, hay que saber exactamente el espacio disponible para la instalación, y a partir de ahí determinar el tamaño y número de paneles.

### **Modelos de paneles según la potencia**

Cuando tenemos claro cuánta potencia queremos para nuestra instalación, según el objetivo y el espacio de que disponemos para la misma, podremos elegir los paneles según este aspecto.

Lo primero en lo que se diferencia un panel de otro es la potencia máxima que puede alcanzar (en Wp). Si elegimos un panel de mayor potencia, generará más energía, dependiendo de la localización donde se quiera instalar el proyecto (porque las horas de sol serán diferentes) y para el objetivo podremos elegir paneles con más o menos potencia.

Dependiendo del silicio de las células solares, encontraremos estos dos tipos de paneles, monocristalinos y policristalinos. La diferencia entre ellos es que los monocristalinos son más eficientes, tienen mejor rendimiento y son más rentables a la larga, pero son más caros. Los policristalinos tienen menor eficiencia y rendimiento energético, y son menos rentables a la larga. Sin embargo, estos son más baratos.

### **Rendimiento y eficiencia**

Se debe tener en cuenta que si el rendimiento de la célula es menor que el de otro panel con células de mayor rendimiento, el panel tendrá que ser más grande para conseguir la misma potencia. Habría que tener en cuenta el espacio de que se dispone. Con la eficiencia sucede lo mismo: cuanto más eficiente es el panel, menos espacio es necesario, y viceversa.

### **Cotizaciones**

Son recibidas tres cotizaciones de tres empresas diferentes, esto con el fin de obtener un promedio de los costos y una triangulación de los mismos, consiguiendo así el siguiente panorama:

## Ficha Técnica de los Paneles Solares

CARACTERISTICAS PANEL CSUN		
Potencia del Panel Solar:		370W
Tipo de Célula del Panel Solar		Monocristalino
Dimensiones del Panel Solar		1956 x 992 x 40 mm
Eficiencia del Módulo		19.07 %
Voltaje de Trabajo del Panel Solar		24V
Amperios Máximos de Salida IMP		9.52A
Peso del Panel Solar		22 Kg
Marco del Panel Solar:		Blanco y Gris
Garantía del Panel Solar		25 años
Fabricante		Csun
Precio Incluido IVA	\$	507.500

Fuente: Elaboración propia

CARACTERISTICAS PANEL EcoGreen		
Potencia del Panel Solar:		540W
Tipo de Célula del Panel Solar		Monocristalino PERC
Dimensiones del Panel Solar		2279 x 1134 x 35 mm
Eficiencia del Módulo		21.5%
Voltaje de Trabajo del Panel Solar		24V
Amperios Máximos de Salida IMP		13.23A
Peso del Panel Solar		29Kg
Marco del Panel Solar:		Aluminio anonizado
Garantía del Panel Solar		25 años
Fabricante		EcoGreen
Precio Incluido IVA	\$	935.923

Fuente: Elaboración propia

CARACTERISTICAS PANEL Restar Solar		
Potencia del Panel Solar:		210W
Tipo de Célula del Panel Solar		Monocristalino
Dimensiones del Panel Solar		1560 x 700 x 35 mm
Eficiencia del Módulo		19.23%
Voltaje de Trabajo del Panel Solar		12V
Amperios Máximos de Salida IMP		10.47A
Peso del Panel Solar		12 Kg
Marco del Panel Solar:		Aluminio anodizado
Garantía del Panel Solar		25 años
Fabricante		Restar Solar
Precio Incluido IVA	\$	513.000

Fuente: Elaboración propia

### **Metodología utilizada para la selección de paneles solares**

En el proceso de selección de los elementos que componen un sistema fotovoltaico, es indispensable conocer a profundidad las características técnicas que permitan estudiar a detalle la calidad, el rendimiento potencial, el precio y la durabilidad de los materiales; en lo que respecta a la adecuada técnica de toma de decisiones para la instalación integral de los paneles solares.

Fuente: Elaboración propia

CRITERIOS DE EVALUACION	PONDERACION	COTIZACION No.1 ECOGREEN		COTIZACION No.2 RESTAR SOLAR		COTIZACION No.3 C SUN	
		CALIFICACION	PONDERACION ALCANZADA	CALIFICACION	PONDERACION ALCANZADA	CALIFICACION	PONDERACION ALCANZADA
Potencial-Eficiencia de las Celdas	30%	4,6	27,6%	3,8	22,8%	3,7	22,2%
Garantia de los materiales	20%	5	20,0%	5	20,0%	5	20,0%
Precio	25%	3,9	19,5%	4,2	21,0%	4,3	21,5%
Dimension	10%	4,1	8,2%	4,3	8,6%	4,1	8,2%
Perfil Corporativo	15%	4,7	14,1%	4,4	13,2%	4,5	13,5%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4,46</b>	<b>89,40%</b>	<b>4,34</b>	<b>85,60%</b>	<b>4,32</b>	<b>85,40%</b>

Tabla 5: Cotización de Paneles Solares.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los criterios establecidos, puede observarse que uno de los factores relacionado directamente con el Costo-Beneficio y de mayor incidencia en la selección de tecnología es la Potencia y eficiencia de las celdas, entendiendo que técnicamente se debe elegir la solución fotovoltaica que mayor generación de energía proporcione. En ese orden de ideas, otro criterio de catalogado de gran peso en el proceso de selección de tecnología es el precio, entendiendo que al tratarse de elementos de avanzada tecnología, su costo es elevado y más aún donde en la mayoría de los casos los paneles deben ser importados por ausencia de investigación y desarrollo en el territorio colombiano.

En cuanto a la oferta de la mejor eficiencia según las necesidades de la instalación se encuentran contemplados en los paneles solares 540W 24V Monocristalino ATLAS, ofreciendo la mejor opción para instalar la máxima potencia en el menor espacio. Gracias a sus células monocristalinas PERC de elevado rendimiento, tendremos casi un 25% más de producción con el mismo tamaño

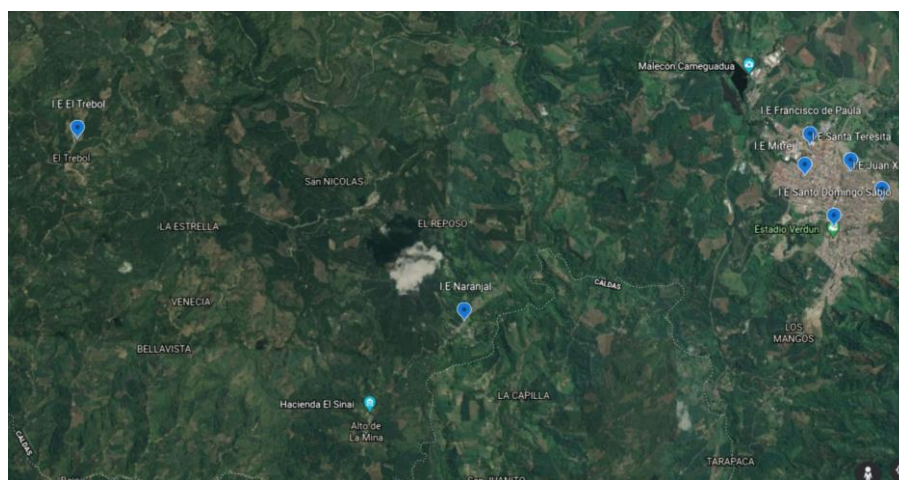
*Gerencia de Proyectos-2021*

físico. Es perfecto para aisladas, conexiones a red y en definitiva cualquier tipo de sistema gracias a su elevada eficiencia. Tendremos mayor producción ocupando el mismo espacio. Es un panel solar de 144 células, lo que nos indica que es de 24V, aunque siempre se recomienda utilizar un regulador MPPT para sacar el máximo partido a su producción.

### Localización

El proyecto se pretende desarrollar en las 7 instituciones educativas del municipio de Chinchiná, tanto en la zona rural como urbana las cuales son: San Francisco, Mitre, Santo Domingo Sabio, Juan XXII, Santa Teresita, El trébol y Quiebra del Naranjal, de lo cual, se anexa imagen satelital del mismo.

Figura 27. Localización geográfica de municipio a intervenir con paneles solares



Fuente Google Maps, 2022.

### Tamaño Óptimo

El tamaño óptimo para los paneles solares depende directamente del consumo establecido y necesario para cada institución educativa, así las cosas, se pretende instalar paneles solares

*Gerencia de Proyectos-2021*

Monocristalino PERC 540W 24V Modelo ATLAS, dimensiones 2279 x 1134 x 35 mm y 29 Kg de peso. Por lo cual se procederá a realizar el siguiente cálculo para saber cuántos paneles se requiere por consumo promedio:

Por cada hora de sol se va a generar una potencia de 540 Wp. De este modo, si calculamos un día soleado, por ejemplo, el cálculo sería: 540 W x 10 horas de sol al día = 5400 W o lo que es lo mismo, 5,4 kWh al día.

De esta manera, una vez teniendo el consumo del promedio mensual en horas, es posible calcular el número de paneles solares aproximado para cada institución educativa, como se ilustra en la siguiente tabla:

Institución Educativa	Kw-h Promedio	Consumo * día	Número de paneles
Colegio San Francisco	831,5	4989	9
Colegio Of San FCO	944,5	5667	10
Colegio Santa Teresita	478,2	2869	5
Colegio Santa Teresita	1180,2	7081	13
Escuela Juan 23	420	2520	5
Escuela Maria Inmaculada	902,8	5417	10
Colegio Bartolomé Mitre	1884,2	11305	21
<b>TOTAL PANELES</b>			<b>74</b>

Tabla 6: Calculo de Paneles Solares.  
Fuente: Elaboración propia

### Proceso de instalación

Para el proceso de instalación, una vez definido el número de paneles requeridos por cada institución educativa y una vez verificada la posible ubicación, se requiere del siguiente personal y recursos técnicos para ello:

*Gerencia de Proyectos-2021*

## Recursos Técnicos

- **Paneles solares:** Capacidad instalada según lo requerido por cada institución distribuida en paneles solares 540W 24V Monocristalino ATLAS de elevada potencia del fabricante EcoGreen. Gracias a la tecnología con la que está fabricado el panel cuenta con una eficiencia del 21,1%..

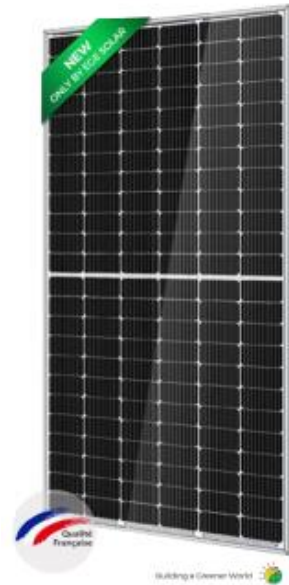
Las características técnicas del Panel Solar 540W 24V Monocristalino ATLAS son las siguientes:

Potencia pico (P<sub>MAX</sub>): 540W, Voltaje a máxima potencia (V<sub>MPP</sub>): 41,20V

Intensidad a máxima potencia (I<sub>MPP</sub>): 13,11<sup>a</sup>, Voltaje en circuito abierto (V<sub>OC</sub>): 49,40V

Intensidad en cortocircuito (I<sub>SC</sub>): 13,87<sup>a</sup>

Figura 28. Características técnicas de paneles solares



Fuente: Autosolar, 2021.

- **Estructura:** Anclaje a cubierta a base de tornillos tipo prisionero, evitando con esto la perforación de las tejas. Posteriormente vienen rieles que se desplazan a ambos lados largos del panel y que sujetan este mediante grapas en 4 puntos. La estructura es marca Ralux de origen italiano y su composición es 100% aluminio.

Figura 29. Características técnicas de estructura



Fuente: Ralux Solar

- **Cuarto eléctrico inversores:** Es una construcción de 7.2 m<sup>2</sup> a base de estructura metálica que cuenta con una envolvente en lámina micro perforada (paredes exteriores) y que se encuentra ubicada en la azotea (terraza) o zona verde, común a las Plantas Solares Fotovoltaicas. Este cuarto albergará 1 inversor de 60 KWac para la PSFV1 y un tablero de inversores (distribución), así como los equipos de la Planta Solar.
- **Inversor:** Un equipo marca Huawei, referencia SUN2000-60KTL-M0 el cual tiene una capacidad de 60 KWac y genera a una tensión de 460 Vac. Las dimensiones son 1075mm x 555mm x 300mm con un peso de 74 Kg. Este se encuentra ubicado en el cuarto eléctrico ubicado en la azotea (terraza) zona verde.

Figura 30. Características técnicas de Inversor



Fuente: Huawei

- **Tablero de inversores (distribución):** Está conformado por un interruptor termo magnético y barrajes de neutro/tierra. El interruptor recibe aguas arriba la acometida en AC, que viene desde el inversor y entrega la acometida AC que va hasta el tablero de medida. Este se encuentra ubicado en el cuarto eléctrico ubicado en la azotea (terraza) zona verde.
- **Tablero de medida:** Está conformado principalmente por un interruptor termo magnético, medidor de energía, Smart Logger (equipo para monitoreo remoto de la

planta), UPS e interruptores secundarios para distribución regulada y acometida de auxiliares.

- **Ductería DC:** Se conforma por bandejas de 20cm y tubería IMC/EMT entre 1” y 1 1/2”. Esta incluye su soporte. Se encuentra entre los paneles solares y el cuarto eléctrico hasta entrada de inversor.
- **Ductería AC:** Se conforma por bandejas de 20cm, coraza Liquid Tight y tubería IMC/EMT entre 2” y 3”. Esta incluye su soporte. Se encuentra entre la salida del inversor hasta el punto de conexión al cliente.
- **Cable DC:** Cable DC marca Procables de calibre 6mm<sup>2</sup> (10 AWG) en color rojo (positivo) y color negro (negativo), con una longitud según diseños. Este cable va desde cada uno de los strings hasta el inversor.
- **Cable AC:** Cable 600V – 90°C, marca Procables o Centelsa de calibres 10AWG, 2/0AWG y 4/0AWG en color negro y rotulado de acuerdo al código de colores definido por el RETIE 2013. Longitud según diseños de acometida (total 286m x 3). Este cable va desde el inversor hasta el punto de conexión con el cliente.
- **Red:** Ductería, cable UTP y punto de conexión RJ45 para conexión a internet del Smart Logger.
- **Otros:** Cable desnudo para aterramiento de equipos y estructuras. Cable RS485 y multifilar apantallado para comunicaciones y control.

## Recursos Humanos

A continuación, se relaciona el personal mínimo para adelantar los procesos de instalación y mantenimiento para el sitio del Proyecto, por cada institución, con el siguiente reconocimiento de Honorarios:

CARGO DEL EMPLEADO	Ingeniero Electronico	Tecnico Electricista
Valor mes	\$ 3.460.000	\$ 2.600.000
Valor dia	\$ 115.333	\$ 86.667
Días requeridos por el proyecto	75	75
<b>Total</b>	<b>\$ 8.650.000</b>	<b>\$ 6.500.000</b>

Tabla 7: Personal mínimo para adelantar los procesos de instalación y mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia

- Un (1) Ingeniero Residente (Eléctrico, Electrónico, Electromecánico o afines)
- Un (1) técnico o tecnólogo electricista con certificación CONTE.
- El demás personal requerido como técnicos, auxiliares, ayudantes, serán suministrados a criterio del contratista, teniendo como premisa cumplir con los tiempos estipulados.

## Presupuesto e Inversión requerida

Desarrollado y analizado a detalle el estudio técnico en el que se encuentran contemplados la totalidad de recursos técnicos como materiales, equipos; así como recursos humanos necesarios para materializar el objetivo del proyecto, se procede a hacer una descripción del presupuesto e inversión requerida:

item	Descripción	Und Medida	Und	Valor	Valor total
1	Panel Solar 540W 24V Monocristalino ATLAS dimensiones 2279 x 1134 x 35mm	und	74	\$ 1.147.831	\$ 84.939.494
2	Estructura para paneles solares (área por panel solar)	und	74	\$ 471.400	\$ 34.883.600
3	Cuarto eléctrico inversores		1	\$ 3.525.000	\$ 3.525.000
4	Puesta a Tierra para equipos, tableros, estructuras, ductos, bandejas entre otros	Gl	1	\$ 350.300	\$ 350.300
5	Canalizaciones / tubería para baja tensión y control, incluye: claves de instrumentación y control, estación meteorológica	Gl	1	\$ 2.128.400	\$ 2.128.400
6	Acometidas eléctricas	Gl	1	\$ 52.546.258	\$ 52.546.258
7	1147	Und	1	\$ 7.350.000	\$ 7.350.000
<b>Costo Directo</b>				<b>\$</b>	<b>185.723.052</b>

Tabla 8 Presupuesto.

Fuente: Elaboración propia

## ESTUDIO ADMINISTRATIVO

Inicialmente, se plantea el organigrama de la Alcaldía Municipal de Chinchiná, Caldas, esto con el fin de entender sus funciones como ente público y como el ente que efectuará la contratación

*Gerencia de Proyectos-2021*

pública del proyecto que se desarrolla en este documento, por tal motivo, a continuación se da un resumen de las funciones de cada integrante del nivel directivo y nivel asesor, como lo estipula el Decreto Nro. 054 del 01 de junio de 2015 “Por el cual se ajusta el Manual Específico de Funciones y de Competencias Laborales para los empleos de la Planta global de Personal de la Alcaldía Municipal de Chinchiná, Caldas”, definiéndose de la siguiente manera en el organigrama a continuación:

Figura 31. Organigrama Alcaldía de Chinchiná



Fuente: Alcaldía de Chinchiná

Así las cosas, se hace un acercamiento según la resolución nombrada con anterioridad, de los artículos que relacionan los niveles de la planta de dicha administración pública.

*Gerencia de Proyectos-2021*

Según la naturaleza general de sus funciones, sus responsabilidades, y los requisitos exigidos para su desempeño, los cargos para la Planta Global de Personal de la Administración Central del Municipio de Chinchiná, son:

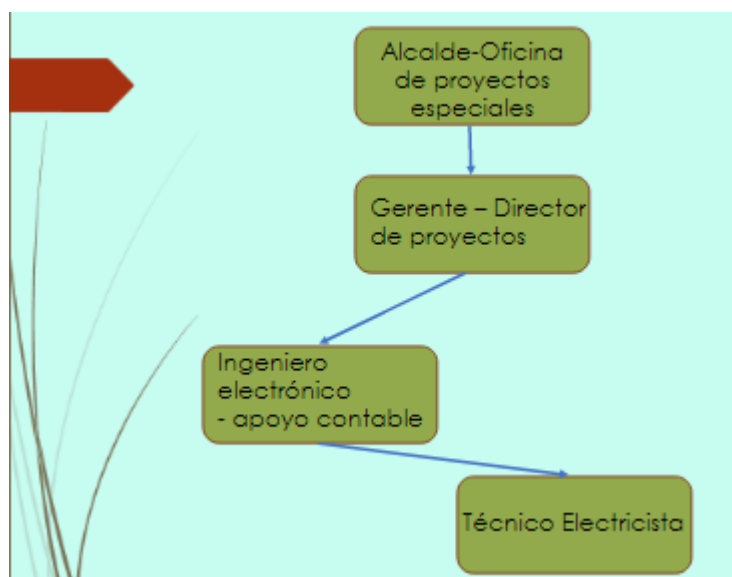
**Nivel Directivo.** Comprende los empleos a los cuales corresponden funciones de dirección general, de formulación de políticas institucionales y de adopción de planes, programas y proyectos, pertenecen a este nivel: Alcalde, Secretarios de Despacho, Director(a) de la Escuela Municipal de Artes y Oficios, Jefes de Oficina.

**Nivel Asesor.** Agrupa los empleos cuyas funciones consisten en asistir, aconsejar y asesorar directamente a los empleados públicos de la alta dirección de la rama ejecutiva del orden nacional, pertenecen a este nivel: Asesores de Despacho y jefes de Oficinas Asesoras.

La conformación de la sociedad se encuentra orientada bajo una estructura que en primera instancia permite tomar decisiones ágiles y con un liderazgo de tipo centralizado, dirigido y controlado por un equipo directivo altamente calificado, que cuente con las suficientes capacidades para que los proyectos a desarrollar entreguen los mejores márgenes de rendimiento traducidos así, en las mejores utilidades de la operación.

## Organigrama

Figura 31. Organigrama conformación de sociedad



Fuente: Elaboración propia

### Tabla de reconocimiento de Honorarios

El reconocimiento salarial se otorgará de acuerdo con los valores estipulados por la ley, que vincule las dos partes, empleado y empleador como se describe en la siguiente tabla de Honorarios con forma de pago mensualizada y bajo el convenio laboral por la modalidad de prestación de servicios, dado el corto periodo de tiempo, requiriendo 75 días calendario para la instalación y puesta en marcha de los paneles solares.

CARGO DEL EMPLEADO	Ingeniero Electronico	Tecnico Electricista
Valor mes	\$ 3.460.000	\$ 2.600.000
Valor dia	\$ 115.333	\$ 86.667
Dias requeridos por el proyecto	75	75
<b>Total</b>	<b>\$ 8.650.000</b>	<b>\$ 6.500.000</b>

Tabla 9. Tabla de Honorarios.  
Fuente: Elaboración propia.

### Recursos Humanos

A continuación, se relaciona el personal mínimo requerido que debe mantenerse de tiempo completo en el sitio del proyecto para llevar a cabo las instalación y puesta en marcha del sistema solar Fotovoltaico en un periodo de 75 días.

- Director de Proyectos (Profesional en áreas de ingeniería civil y electrónica, con especialización en gerencia de proyectos y/o alta gerencia)
- Un (1) Ingeniero Residente (Eléctrico, Electrónico, Electromecánico o afines).
- Un (1) técnico o tecnólogo electricista con certificación CONTE.

Alcaldía de Chinchiná-Oficina de proyectos especiales	
<b>Responsabilidades</b>	Departamento de la administración municipal, encargado debe publicar los proyectos de inversión o programas que se ejecuten en cada vigencia con cargo a recursos públicos. Los proyectos de inversión deben ordenarse según la fecha de inscripción en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión nacional, departamental, municipal o distrital, según sea el caso, y según lo establecido en el artículo 77 de

	<p>la Ley 1474 de 2011 (Estatuto Anticorrupción). La presente obligación se entenderá cumplida si en la sección de “Transparencia y Acceso a la Información Pública” el sujeto obligado vincula el enlace al Banco de Programas y Proyectos de Inversión, donde se registró el proyecto.  <a href="https://www.gobiernobogota.gov.co/transparencia/planeacion/programas-proyectos">https://www.gobiernobogota.gov.co/transparencia/planeacion/programas-proyectos</a></p>
--	---

<b>Gerente - Director de proyectos</b>	
<b>Responsabilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Supervisar la evolución de la gestión de los proyectos</li> <li>● Identificar oportunidades de negocio, anticiparse los riesgos y gestionarlos</li> <li>● Planificar los proyectos, movilizar los recursos y realizar el adecuado seguimiento de los proyectos a cargo</li> <li>● Controlar las estrategias por aplicar, encaminado en la búsqueda de la mayor eficiencia en los resultados esperados.</li> </ul>
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Profesional en áreas de ingeniería civil y electrónica, con especialización en gerencia de proyectos y/o alta gerencia</li> <li>● Experiencia de 30 meses relacionados con el cargo</li> </ul>

<b>Ingeniero Electrónico</b>
------------------------------

<b>Responsabilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Analizar los sistemas de potencia, así como la regulación la negación de proyectos eléctricos</li> <li>● Conocimiento, dominio y diseño de software de proyectos solares</li> <li>● Adelantar visitas comerciales y construir presupuestos de proyectos a implementarse</li> <li>● Experiencia y conocimiento de la normatividad Eléctrica exigida para la aprobación de los proyectos Solares</li> <li>● Apoyar las funciones contables, como mercadeo y ventas; así como el seguimiento de inventarios</li> </ul>
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Profesional en áreas de ingeniería Eléctrica - electrónica</li> <li>● Experiencia de 24 meses relacionados con el cargo</li> </ul>

<b>Técnico Electricista</b>	
<b>Responsabilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Instalación, el mantenimiento y las reparaciones de los sistemas de captación de energía solar fotovoltaica de baja y mediana potencia</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Interpretar esquemas y especificaciones técnicas, aplicando la normativa y en condiciones de seguridad y calidad</li> <li>● Realizar la conexión a la red de distribución</li> <li>● Realizar el mantenimiento para obtener un rendimiento energético óptimo</li> </ul>
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Técnico electricista</li> <li>● Experiencia de 24 meses relacionados con el cargo</li> </ul>

Así las cosas, el personal requerido para llevar a cabo la instalación y puesta en marcha del sistema solar Fotovoltaico en un periodo de 75 días.

### **ESTUDIO LEGAL**

El marco regulatorio colombiano para la implementación de energía solar, tras años de esfuerzo, actualmente se encuentra favorablemente reglamentado con los últimos avales por parte de la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas). En los más recientes años el impulso y crecimiento a pasos agigantados del sector de energías renovables, se debe en gran medida a los incentivos fiscales y tributarios contemplados en la ley 1715, evidenciándose el resultado de los permisos y la serie de beneficios de gran interés para la pequeña, mediana y gran empresa.

### **Ley 1715 del 2014**

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda (Diario Oficial, 2014).

Incentivos de la Ley 1715:

Deducción especial en el impuesto sobre la renta: Los contribuyentes declarantes del Impuesto sobre la Renta que desarrollen inversión para la producción y utilización de energía a partir de FNCE o gestión eficiente de energía, tendrán derecho a deducir en un período no mayor a 15 años, contados a partir del año siguiente a aquel en el que se efectúe la inversión, hasta un 50% del valor de la inversión realizada. El valor a deducir anualmente no podrá ser mayor al 50% de la renta líquida del contribuyente.

El segundo incentivo es la depreciación acelerada que es un gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el Impuesto sobre la Renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.

El tercer incentivo es la exclusión de bienes y servicios de IVA por la compra de bienes y servicios. Y el cuarto y último incentivo es la exención de gravámenes arancelarios. Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión en proyectos con FNCE (Systems, 2021).

### **Resolución 030 de la CREG**

El Ministerio de Minas y Energía y más concretamente la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, sanciona La Resolución 030 de 2018 de la CREG por la cual se regulan las actividades de regulación a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional-SIN.

Esta resolución define las reglas que permiten a los usuarios conectarse al Operador de Red (OR) de manera fácil y sencilla, sea como auto generadores o generadores distribuidos. Es decir, que en Colombia las personas o empresas pueden producir y vender su propia energía generada con fuentes renovables como la Solar.

Al producir tu propia energía, podrás reducir el consumo de este servicio y el valor a pagar en tu factura. Además, podrás vender el sistema la energía que te sobre (excedentes).

¿Quiénes pueden generar energía? Los Auto generadores a Pequeña Escala o AGPE que es cualquier persona o empresa que decide producir energía eléctrica, principalmente para atender sus propias necesidades, y el tamaño de su instalación de generación es inferior a 1.000 kW (1MW).

Los AGPE se divide en dos grupos, aquellos con capacidad inferior a 100kW y los que se encuentran entre 100kW y 1000kW (Systems, 2021).

## **ESTUDIO AMBIENTAL**

En Colombia, gracias al desarrollo de política y normatividad en materia de la gestión integral de los RESPEL y de los RAEE, se cuenta con instalaciones de gestión de estos residuos debidamente licenciados. En particular, hay empresas gestoras para el manejo y aprovechamiento de computadores y periféricos, lámparas fluorescentes con contenido de mercurio, pilas primarias y baterías de plomo-ácido de uso vehicular (Planas, Quintero, & Montealegre, 2021) (Planas, Quintero & Montealegre).

Está reglamentado que los productores (importadores, fabricantes nacionales) de AEE se hagan cargo, tanto logísticamente como financieramente, de los residuos puestos por ellos en el mercado. Si bien la mayoría de los AEE usados en las instalaciones fotovoltaicas (celdas y paneles fotovoltaicos, baterías, controladores, reguladores, cargadores, etc.) no están regulados para que sus productores implementen sistemas de recolección y gestión de RAEE (SRyG de RAEE), esto no los exime de su responsabilidad extendida del productor (Planas, Quintero, & Montealegre).

De hecho, estos productores deben hacerse cargo de sus RAEE en un esquema proveedor a cliente, lo cual puede quedar estipulado en el contrato de compraventa de los equipos, es decir, que se estipule la obligación de hacerse cargo de los residuos, para lo cual se establecerán las condiciones para la recolección, transporte y posterior manejo de estos (Planas, Quintero, & Montealegre).

## EVALUACIÓN FINANCIERA

Con el fin de evaluar la capacidad del proyecto para generar riqueza y/o crecimiento a los inversionistas, el estudio financiero se desarrolla teniendo en cuenta los grandes beneficios que proporciona la evaluación financiera de los proyectos, especialmente si se quiere lograr la perfección de la toma de decisiones, con el análisis a detalle los costos asociados en la implementación del modelo de negocio.

### **Presupuesto**

Para desarrollar el estudio financiero y la viabilidad que arroje su análisis, es de gran importancia considerar los costos directos, indirectos, insumos y materiales requeridos para implementar el sistema solar fotovoltaico; así como estimar el potencial energético y capacidad instalada de los paneles solares, que serán instalados en las instituciones educativas del municipio de Chinchiná Caldas, que como se mencionó anteriormente en el estudio de mercado, es un municipio que por su ubicación estratégica goza de un alto brillo solar de aproximadamente 5 a 6 horas diarias, comprendidas entre las 9:30 am a 2:30 pm.

Es así como se logra estimar dentro del calendario estudiantil, que las instituciones educativas tienen un funcionamiento de 25 días de trabajo hábiles por mes y de acuerdo con la selección técnica de 74 paneles solares se logra así la capacidad instalada en cuanto a generación energética de 8.126 kW/mes (Sanabria, s.f.).

**POTENCIA DE LOS PANELES SOLARES**

CARACTERÍSTICA	ENERGIA POTENCIA	CANTIDAD PANELES	WATTS (W)	KILOWATT (kW)
1 PANEL	540 W/h	74	39.650	39,6
POR DIA			237.900	237,9
POR MES			5.947.500	5.947

Tabla 10. Potencia de Paneles Solares.

Fuente: Elaboración propia

Cabe recordar que el estudio de mercado realizado permitió conocer el comportamiento energético en las instituciones educativas, arrojando así el costo del kW/h a \$542,31 y con la recolección y análisis de la facturación se pudo conocer que el promedio total del consumo energético de todos los colegios es de 11.760 kW/Mes, lo que en cifras económicas equivale a \$ 6.377.379 por mes.

<b>COMPORTAMIENTO MENSUAL ENERGETICO EN COLEGIOS</b>		
CONSUMO	11.760	KW/Mes
PRECIO	\$ 542,31	\$/Kw
TOTAL	\$ 6.377.379	MES

Tabla 11. Comportamiento mensual energética.

Fuente: Elaboración propia

El resultado del estudio refleja luego la implementación del sistema solar fotovoltaico, que, aunque no se logra el cumplimiento total del consumo energético de las instituciones educativas estimado en 11.760 kW/Mes \$ 6.377.379; si se estima un panorama alentador en el cubrimiento energético de los paneles solares con una cobertura de 5.947 kW/mes, que en cifras porcentuales

*Gerencia de Proyectos-2021*

representa 50,57% del costo energético mensual de las instituciones educativas. Dicho estudio también permite evidenciar que el ahorro energético logre amortizar el costo de la inversión inicial y la instalación del sistema fotovoltaico, apreciado en la siguiente tabla.

COMPORTAMIENTO MENSUAL ENERGETICO EN COLEGIOS		
CONSUMO	11.760	KW/Mes
PRECIO	\$ 542,31	\$/Kw
TOTAL	\$ 6.377.379	MES
AHORRO MENSUAL	\$ 3.225.133	
COSTO POR MES LUEGO DE IMPLEMENTACION	\$ 3.152.246	

Tabla 12. Comportamiento Mensual Energético en Colegios.

Fuente: Elaboración propia

### Flujo de caja Incremental

Adelantado el estudio financiero se puede observar que el costo beneficio de la implementación proyectado, arroja resultados muy positivos, ya que con un ahorro mensual \$ 3'225.133 permitirá amortizar el costo y realizar abonos a la inversión inicial; confirmando así que el retorno de la inversión será recuperado a gran velocidad estimada para los próximos 7 a 8 años.

FLUJO DE CAJA INCREMENTAL								
AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7
CONCEPTO								
AHORRO EN FACTURACION ENERGIA		\$ 32.251.330	\$ 33.541.383	\$ 34.883.038	\$ 36.278.360	\$ 37.729.494	\$ 39.238.674	\$ 40.808.221
COSTO MANO DE OBRA		\$ 8.927.000	\$ 9.038.588	\$ 9.151.570	\$ 9.265.964	\$ 9.381.789	\$ 9.499.061	\$ 9.617.800
UTILIDAD		\$ 23.324.330	\$ 24.502.795	\$ 25.731.468	\$ 27.012.395	\$ 28.347.705	\$ 29.739.612	\$ 31.190.421
CAPITAL	-\$ 185.723.052							
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	-\$ 185.723.052	\$ 23.324.330	\$ 24.502.795	\$ 25.731.468	\$ 27.012.395	\$ 28.347.705	\$ 29.739.612	\$ 31.190.421
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 185.723.052	-\$ 162.398.722	-\$ 137.895.927	-\$ 112.164.459	-\$ 85.152.063	-\$ 56.804.358	-\$ 27.064.746	\$ 4.125.675

Tabla 13. Flujo de Caja Incremental.  
Fuente: Elaboración propia

FLUJO DE CAJA INCREMENTAL												
AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CONCEPTO												
AHORRO EN FACTURACION ENERGIA		\$ 32.251.330	\$ 33.541.383	\$ 34.883.038	\$ 36.278.360	\$ 37.729.494	\$ 39.238.674	\$ 40.808.221	\$ 42.440.550	\$ 44.138.172	\$ 45.903.698	\$ 47.731.100
COSTO MANO DE OBRA		\$ 8.927.000	\$ 9.038.588	\$ 9.151.570	\$ 9.265.964	\$ 9.381.789	\$ 9.499.061	\$ 9.617.800	\$ 9.738.022	\$ 9.859.747	\$ 9.982.994	\$ 10.107.731
UTILIDAD		\$ 23.324.330	\$ 24.502.795	\$ 25.731.468	\$ 27.012.395	\$ 28.347.705	\$ 29.739.612	\$ 31.190.421	\$ 32.702.527	\$ 34.278.424	\$ 35.920.704	\$ 37.623.369
CAPITAL	-\$ 185.723.052											
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	-\$ 185.723.052	\$ 23.324.330	\$ 24.502.795	\$ 25.731.468	\$ 27.012.395	\$ 28.347.705	\$ 29.739.612	\$ 31.190.421	\$ 32.702.527	\$ 34.278.424	\$ 35.920.704	\$ 37.623.369
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 185.723.052	-\$ 162.398.722	-\$ 137.895.927	-\$ 112.164.459	-\$ 85.152.063	-\$ 56.804.358	-\$ 27.064.746	\$ 4.125.675	\$ 36.828.203	\$ 71.106.627	\$ 107.027.331	\$ 144.650.700

Tabla 14. Flujo de Caja Incremental.  
Fuente: Elaboración propia

**Tasa de Descuento Social: 9% EA**

INDICADORES FINANCIEROS	
VPN	\$ 817.019.499
TIRI	14,8%
PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION	6,7 AÑOS

Tabla 15. Indicadores Financieros.  
Fuente: Elaboración propia

- En cumplimiento de la evaluación financiera, es importante destacar que el indicador financiero de valor presente neto VPN, es una indispensable herramienta de proyecciones y análisis financiero con la que es posible traer a valor presente la totalidad del flujo de caja para verificar cuáles serán las cifras de pérdidas o nada o ganancias y por lo cual es un método de alta efectividad para devolver proyectos de inversión,

especialmente en el largo plazo (Business, 2018). Es así como luego de ser tenidos en cuenta todos los costos implicados en la implementación, mantenimiento, e inversión, se presenta un total de: \$185'723.052 como una cifra negativa para el proyecto debido a que es el monto mínimo con el que se debe iniciar y luego de la proyección del flujo de caja a 25 años, de acuerdo con la garantía y la vida útil de los paneles solares. Se logra concluir que el valor presente neto para el proyecto es de **\$817'019.499**

- Así mismo, en el desarrollo de la evaluación financiera y Proyección de flujo de caja, se pudo observar que la tasa interna de retorno incremental TIRI arroja un 14.8%, confirmando la viabilidad del proyecto en términos financieros, debido a que la TIR logra superar la tasa social de descuento al 9% EA con la que fue analizada el proyecto y es superior en un 5.8% de la tasa mínima esperada.
- De acuerdo con el resultado que se obtiene en el análisis del indicador de relación costo beneficio se puede concluir que el proyecto es viable, teniendo en cuenta que este indicador consiste en que para aprobar un proyecto se debe cumplir la premisa de que por cada peso invertido, como mínimo, se debe recuperar el mismo peso utilizado, más la utilidad del ejercicio y por lo tanto para el caso de estudio el proyecto se aprueba debido que se obtiene una relación costo beneficio de 5,40; lo que representa que por cada peso invertido, el proyecto se encuentra en capacidad de generar una utilidad de \$4.40 pesos.

<b>RELACIÓN COSTO BENEFICIO</b>	
VPN INGRESOS	\$ 1.002.742.551,20
VPN EGRESOS	-\$ 185.723.052
<b>RELACION COSTO BENEFICIO</b>	<b>\$ 5,40</b>

Tabla 16. Relación Costo Beneficio del Proyecto.

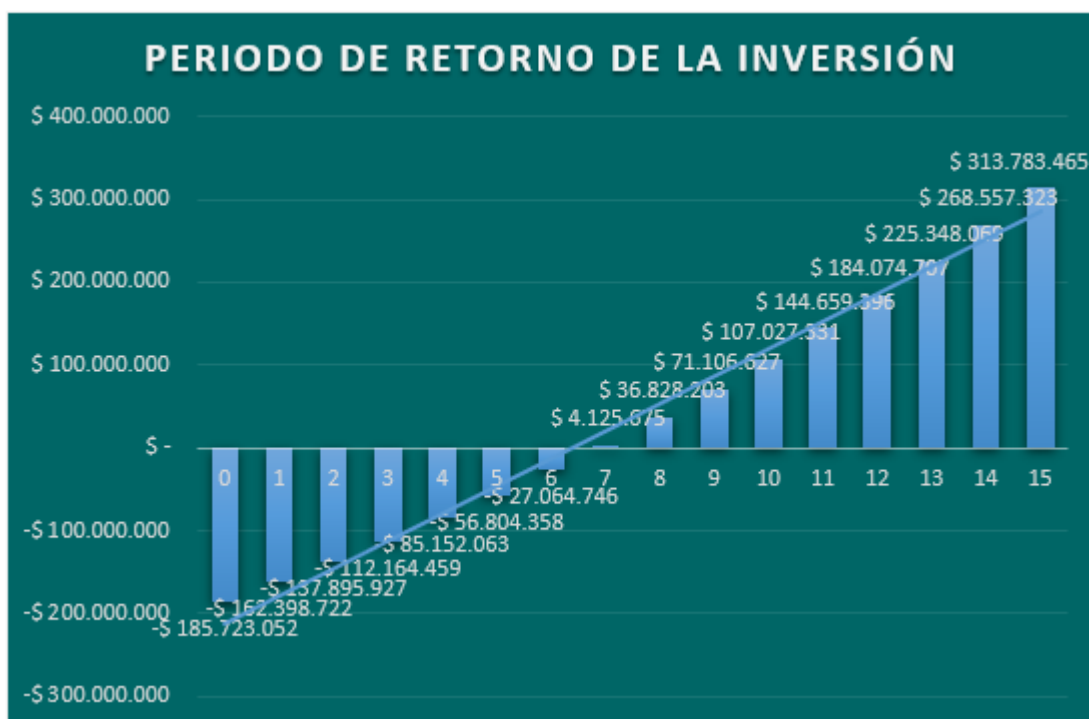
Fuente: Elaboración propia

- A partir del análisis orientado a determinar el periodo de retorno a la inversión, se estima que esta recuperación ocurre para el año 6, con 11 meses; situación en la que se puede concluir que se tiene un panorama muy positivo en términos económicos, debido que se logra una acelerada recuperación de la inversión, partiendo de que la vida útil de los paneles, según garantía del fabricante, es para 25 años luego de su implementación y así lograr el retorno de la inversión mucho antes de la mitad del tiempo de garantía, es decir, cerca de los 13 años, que para el caso de estudio sucede el año 6 con 11 meses, se considera un gran resultado de retorno de inversión y más si se tiene en cuenta que a partir del año 7 el sistema de paneles solares se encuentra en la capacidad para generar importantes excedentes y beneficios económicos, de los que pueden ser reinvertidos en el mismo sistema fotovoltaico para su expansión o a libre decisión del inversionista.

PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN	
Ultimo periodo negativo en FC Acumulado	6
Absoluto Ultimo periodo negativo en FC Acumulado	\$ 27.064.746
Flujo de caja operativo Sig. Periodo	\$ 29.739.612
<b>PRI</b>	<b>6,91</b>
6,00	0,91
meses	10,92
10	0,92
días	28
<b>PRI: 6 años 10 meses y 28 días</b>	

Tabla 17. Periodo de Retorno del Proyecto.  
Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Periodo de retorno de la Inversión



Fuente: elaboración Propia

## ESTUDIO DE RIESGOS

Para el presente proyecto de paneles solares en instituciones educativas en el municipio de Chinchiná Caldas, se plantean las siguientes variables de riesgos, con sus probabilidades de ocurrencia en porcentaje:

Evento	Probabilidad por año
fluctuación de costos	<b>30,0%</b>
Insuficiencia de materiales	<b>20,0%</b>
Retrasos en la ejecución de obra	<b>10,0%</b>
Imprevistos en actividad de obra	<b>15,0%</b>
Requerimiento de garantías de los materiales	<b>10,0%</b>
Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento	<b>10,0%</b>
Baja productividad por días de baja intensidad solar	<b>20,0%</b>
Daños de terceros a los equipos o materiales	<b>5,0%</b>

Tabla 18. Variables de Riesgo.

Fuente: Elaboración propia

Y como se mencionó en el estudio financiero, se obtuvo un VPN \$ 817'019.499 y una TIRI del 14,8%.

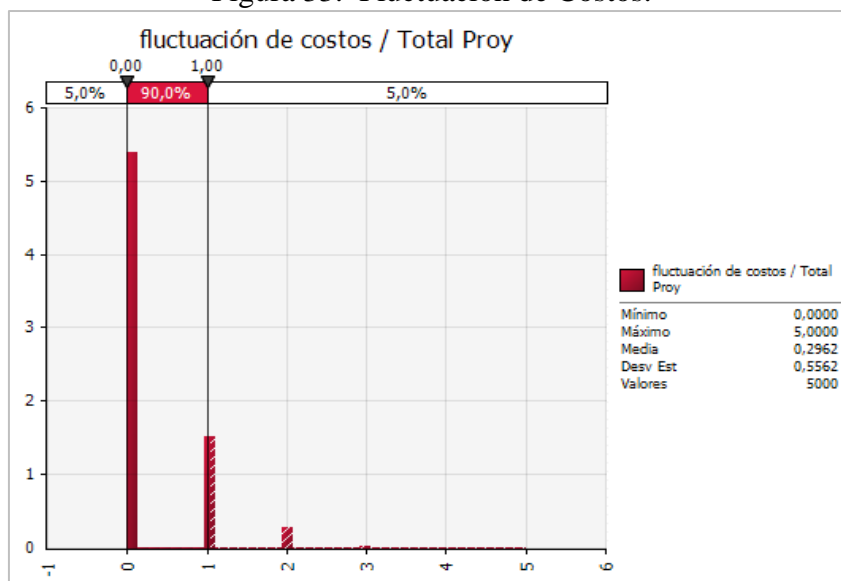
Una vez obtenidos estos valores y con los datos proporcionados para el proyecto de paneles solares y con el fin de desarrollar un análisis de riesgos, se realiza una simulación con la ayuda de la herramienta informática @RISK, corrida con 5.000 iteraciones y una simulación para el caso, teniendo los siguientes resultados:

## Funciones de Frecuencia

Las funciones de frecuencia son aquellas variables que se pueden presentar en el proyecto a lo largo del mismo:

**Fluctuación de costos:** según la siguiente figura, es posible evidenciar que las fluctuaciones de costos se podrían presentar durante los cinco primeros años del proyecto, con una curva decreciente a medida que avanza el proyecto en años, siendo el periodo 0 el de mayor probabilidad.

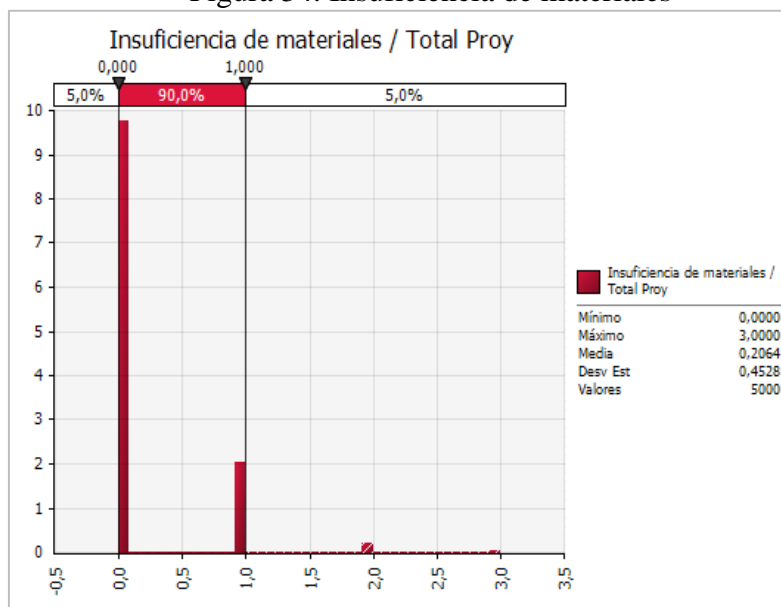
Figura 33. Fluctuación de Costos.



Fuente: Elaboración propia

**Insuficiencia de materiales:** según la figura número 22, es posible evidenciar que las Insuficiencia de materiales se podrían presentar durante los tres primeros periodos del proyecto, presentándose mayoritariamente en el periodo 0 y con mayor incidencia a principio de cada periodo durante el margen de probabilidad que se puedan presentar.

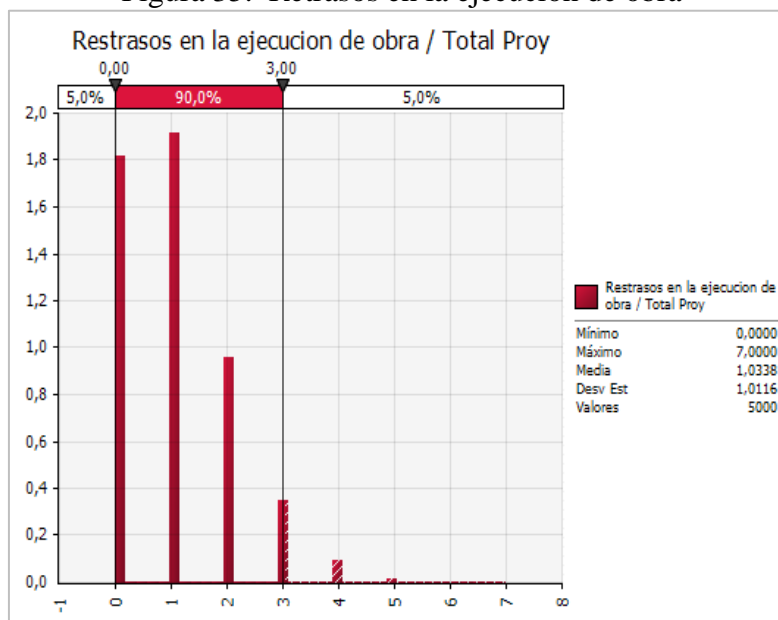
Figura 34. Insuficiencia de materiales



Fuente: Elaboración propia

**Retrasos en la ejecución de obra:** según la figura número 23, se puede evidenciar que los retrasos en la ejecución de la obra es posible que se presenten durante los ocho primeros periodos del proyecto, con mayor incidencia en el periodo 1; sin embargo, según el intervalo de confiabilidad, el cual para este caso es del 90%, los periodos más probables son los cuatro primeros desde el año 0 al 3.

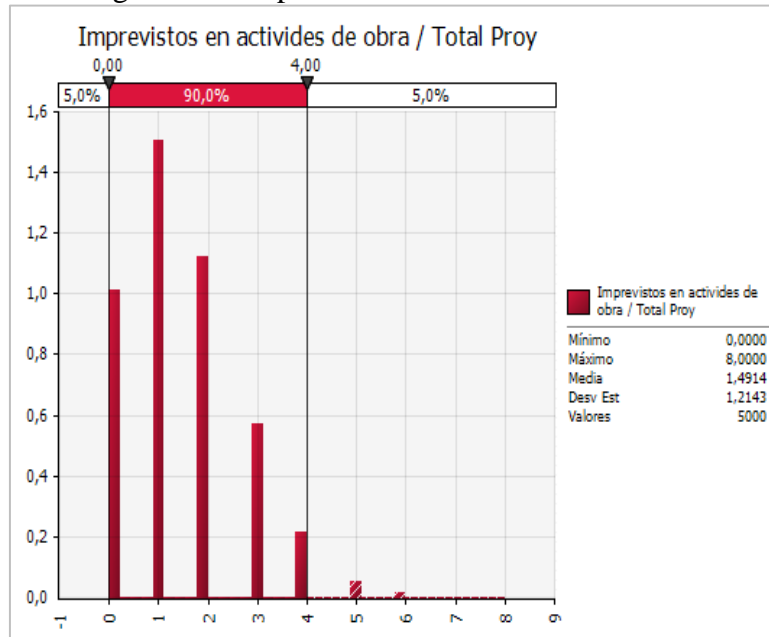
Figura 35. Retrasos en la ejecución de obra



Fuente: Elaboración propia

**Imprevistos en Actividades de obra:** según la figura número 24, es posible evidenciar que los imprevistos en actividades de obra se pueden presentar durante los nueve primeros periodos del proyecto, con mayor incidencia en el periodo 1, asemejándose y concordando con la figura anterior, la cual incide directamente en las actividades; sin embargo, según el intervalo de confiabilidad, que es del 90%, los periodos más probables son los cinco primeros desde el 0 al 4.

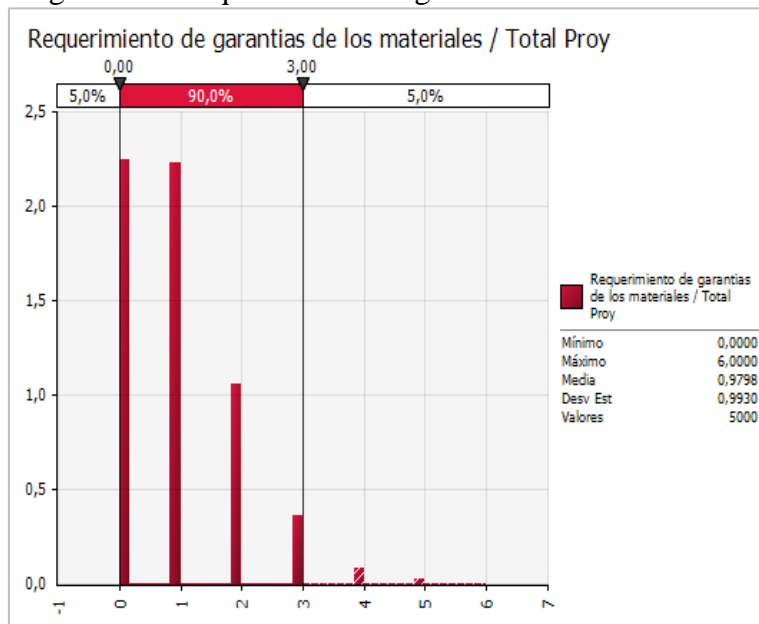
Figura 36. Imprevistos en Actividades de obra.



Fuente: Elaboración propia

**Requerimiento de garantías de los materiales:** según la figura número 25, es posible evidenciar que los requerimientos de garantías de los materiales se pueden presentar durante los siete primeros periodos del proyecto, en mayor medida en los periodos 0 y 1, igualmente, los periodos más probables son los cuatro primeros desde el 0 al 3.

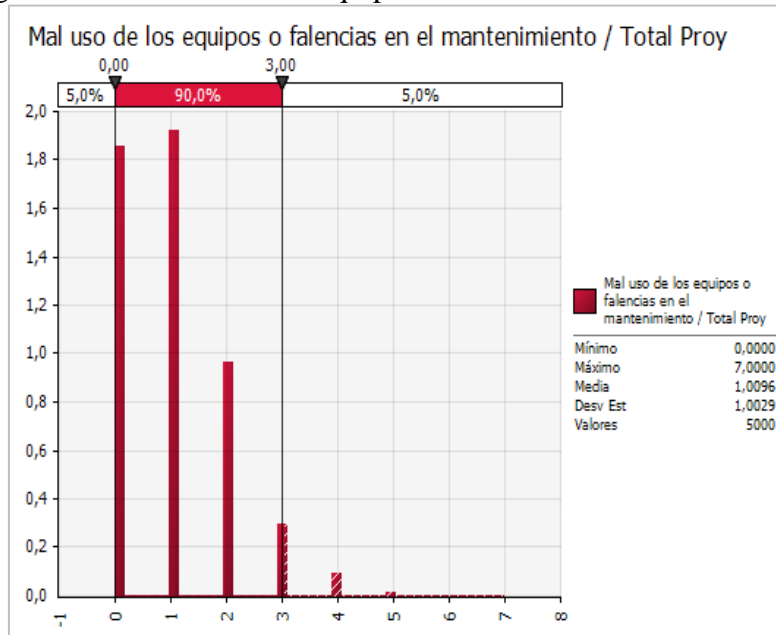
Figura 37. Requerimiento de garantías de los materiales.



Fuente: Elaboración propia

**Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento:** según la figura número 26, es posible evidenciar que el mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento se pueden presentar durante los ocho primeros periodos del proyecto, con mayor frecuencia en el periodo 1, igualmente, los periodos más probables son los cuatro primeros desde el 0 al 3.

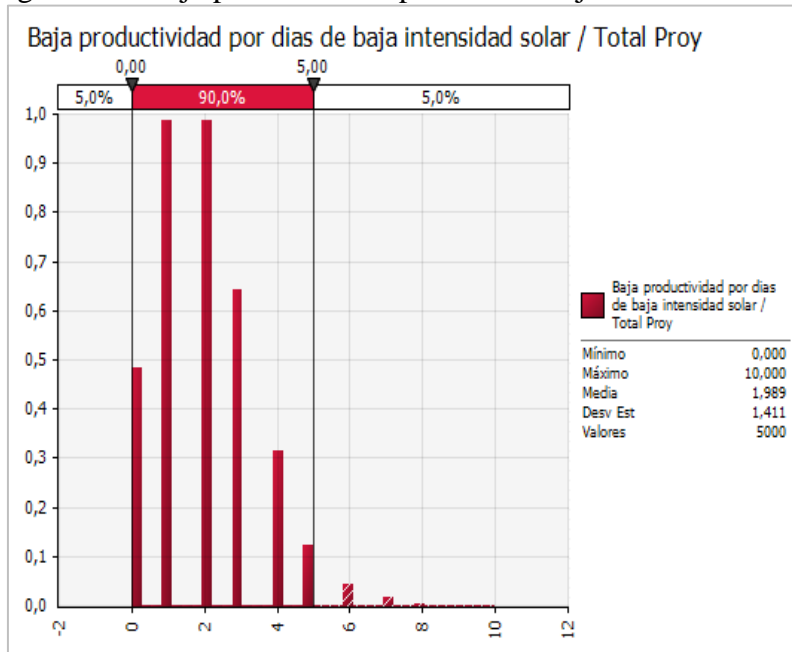
Figura 38. Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

**Baja productividad por días de baja intensidad solar:** según la figura número 27, es posible evidenciar que la baja productividad por días de baja intensidad solar se puede presentar durante los once primeros periodos del proyecto, con mayor frecuencia en los periodos 1 y 2, igualmente, los periodos más probables son los seis primeros desde el 0 al 5.

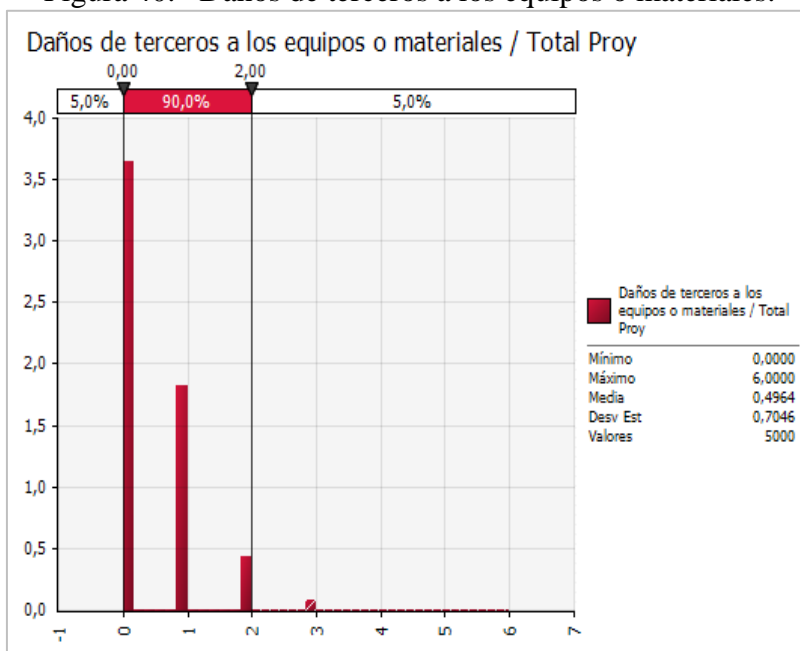
Figura 39. Baja productividad por días de baja intensidad solar.



Fuente: Elaboración propia

**Daños de terceros a los equipos o materiales:** según la figura número 28, es posible evidenciar que los daños de terceros a los equipos o materiales se puede presentar durante los seis primeros periodos del proyecto, con mayor frecuencia en el periodo 1, igualmente, los periodos más probables son los tres primeros de manera decreciente del 0 al 2.

Figura 40. Daños de terceros a los equipos o materiales.



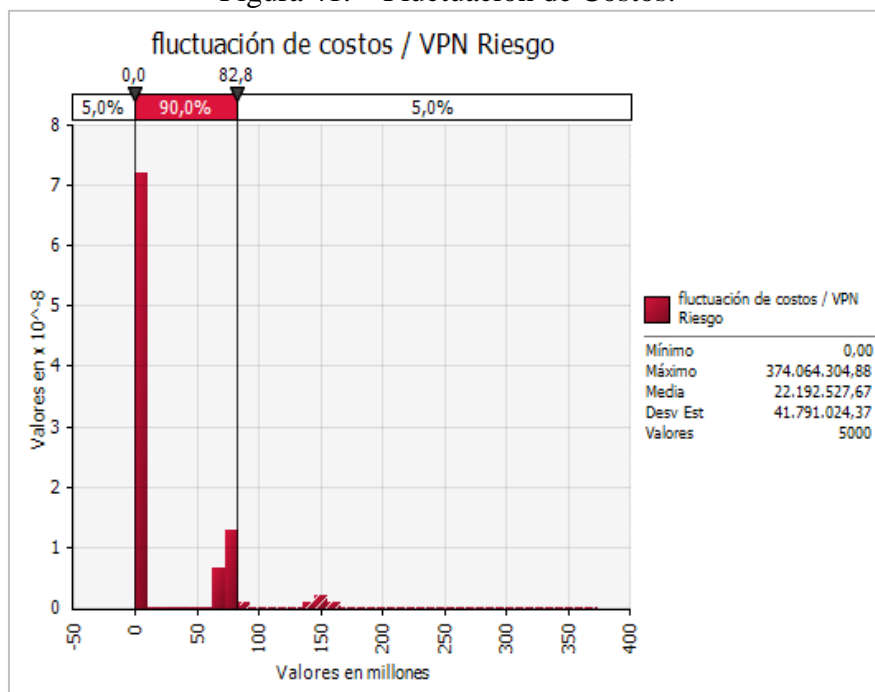
Fuente: Elaboración propia

### Funciones de pérdida agregada

A continuación, se realizará un análisis de cada una de las funciones de pérdida agregada del modelo del proyecto corrido con @RISK, con las determinantes anteriormente mencionadas y con una confiabilidad del 90%.

**Fluctuación de costos:** en la figura número 29 se puede observar que el costo máximo de la fluctuación de costos se presenta por un valor de \$ 374.064.304,88, con una media de \$ 22.192.527,67 y una desviación estándar de \$ 41.791.024,37.

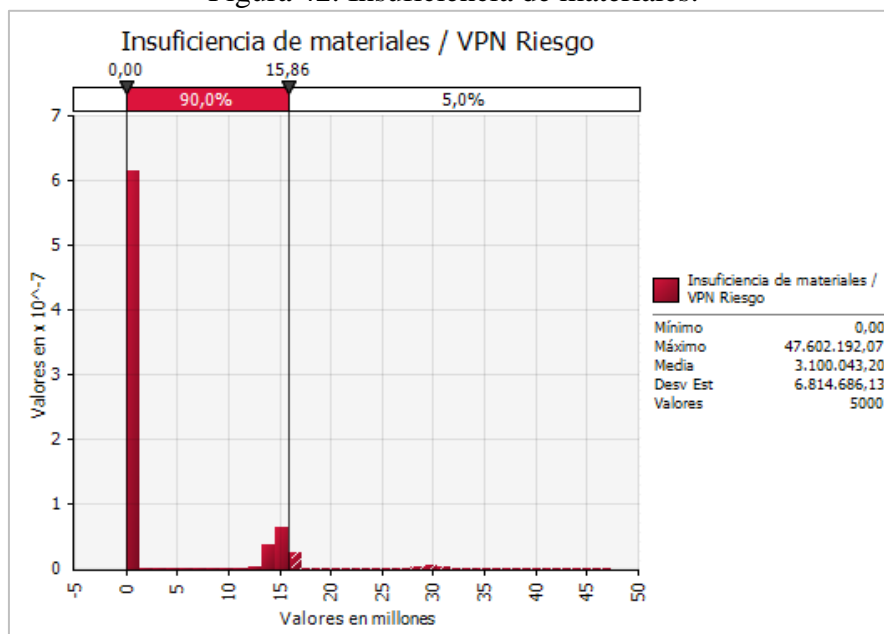
Figura 41. Fluctuación de Costos.



Fuente: Elaboración propia

**Insuficiencia de materiales:** en la figura número 30 se puede evidenciar que el costo máximo de la Insuficiencia de materiales se presenta por un valor de \$ 47.602.192,07, con una media de \$ 3.100.043,20 y una desviación estándar de \$ 6.814.686,13.

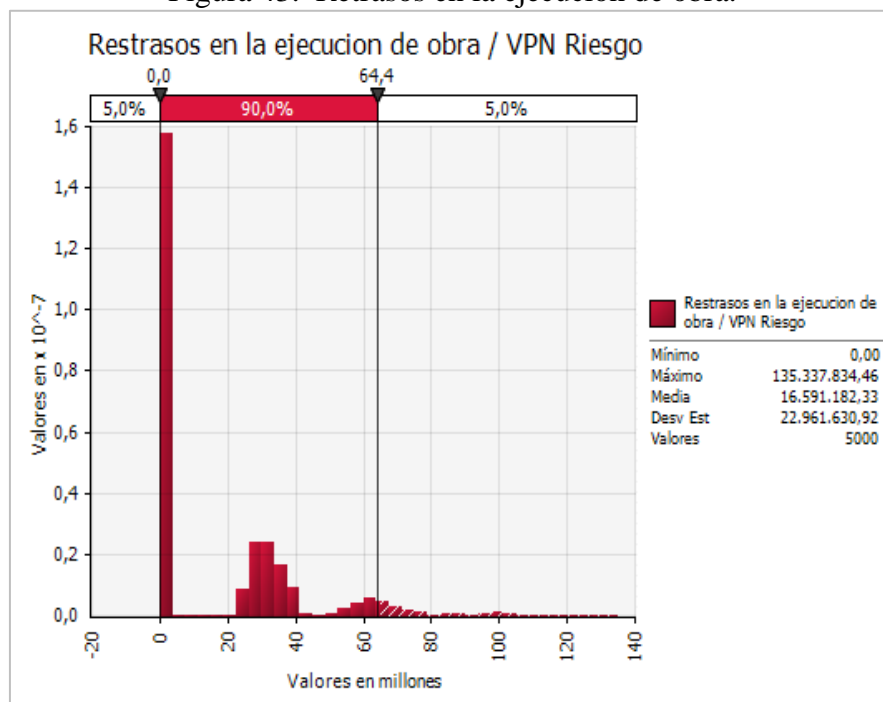
Figura 42. Insuficiencia de materiales.



Fuente: Elaboración propia

**Retrasos en la ejecución de obra:** en la figura número 31 se puede evidenciar que el costo máximo de los retrasos en la ejecución de obra se presenta por un valor de \$ 135.337.834,46, con una media de \$ 16.591.182,33 y una desviación estándar de \$ 22.961.630,92.

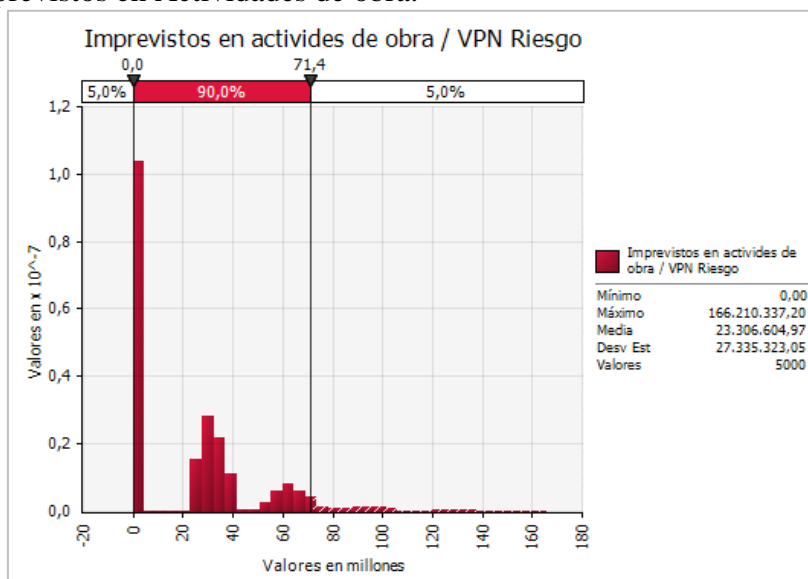
Figura 43. Retrasos en la ejecución de obra.



Fuente: Elaboración propia

**Imprevistos en Actividades de obra:** en la figura número 32 se puede evidenciar que el costo máximo de los imprevistos en actividades de obra se presenta por un valor de \$ 166.210.337,20, con una media de \$ 23.306.604,97 y una desviación estándar de \$ 27.335.323,05.

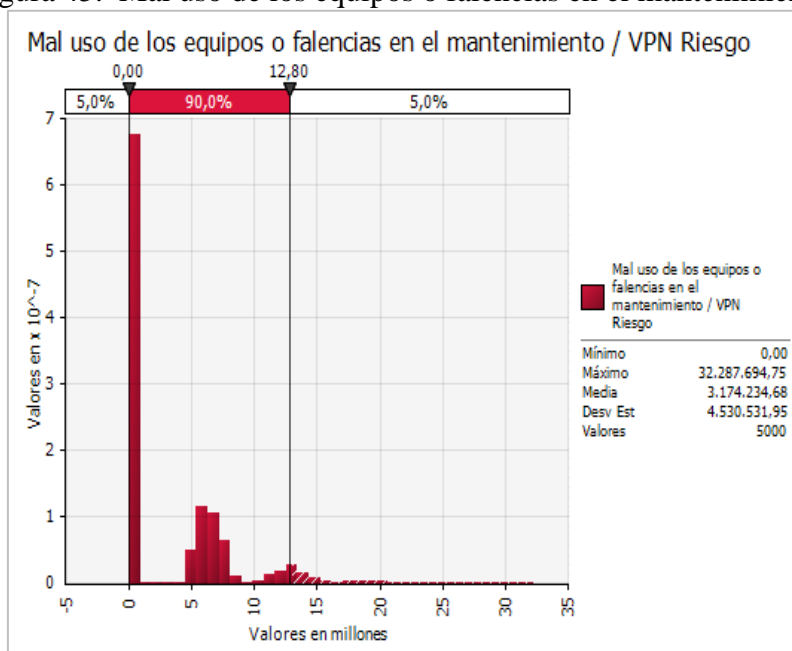
Figura 44. Imprevistos en Actividades de obra.



Fuente: Elaboración propia

**Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento:** en la figura número 33 se puede evidenciar que el costo máximo por el mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento se presenta por un valor de \$ 32.287.694,75, con una media de \$ 3.174.234,68 y una desviación estándar de \$ 4.530.531,95.

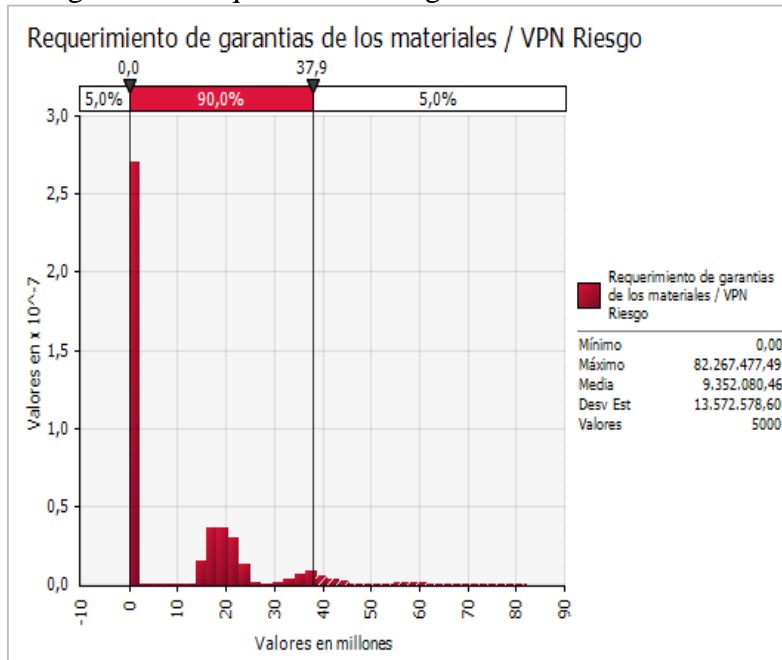
Figura 45. Mal uso de los equipos o falencias en el mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia

**Requerimiento de garantías de los materiales:** en la figura número 34 se puede evidenciar que el costo máximo por requerimiento de garantías de los materiales se presenta por un valor de \$ 82.267.477,49, con una media de \$ 9.352.080,46 y una desviación estándar de \$ 13.572.578,60.

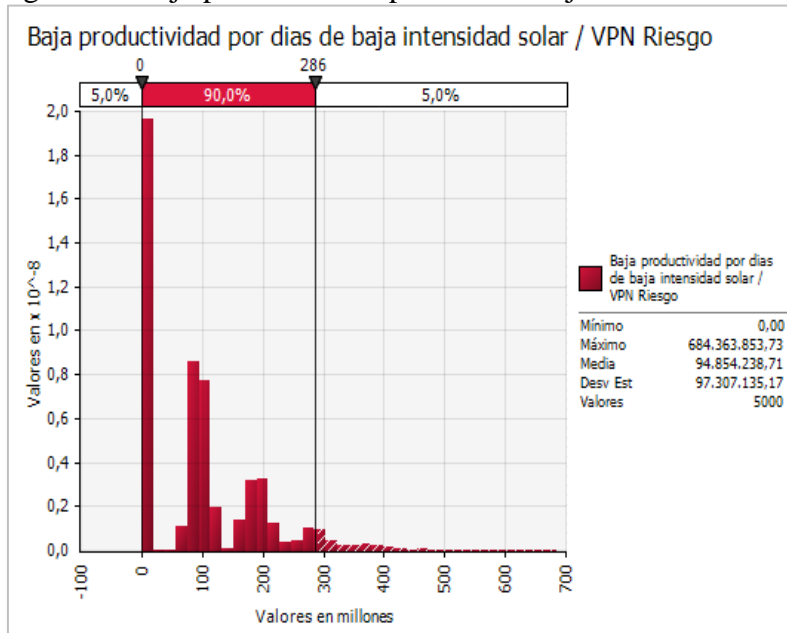
Figura 46. Requerimiento de garantías de los materiales



Fuente: Elaboración propia.

**Baja productividad por días de baja intensidad solar:** En la figura número 35 se puede evidenciar que el costo máximo por la baja productividad por días de baja intensidad solar se presenta por un valor de \$ 684.363.853,73, con una media de \$ 94.854.238,71 y una desviación estándar de \$ 97.307.135,17.

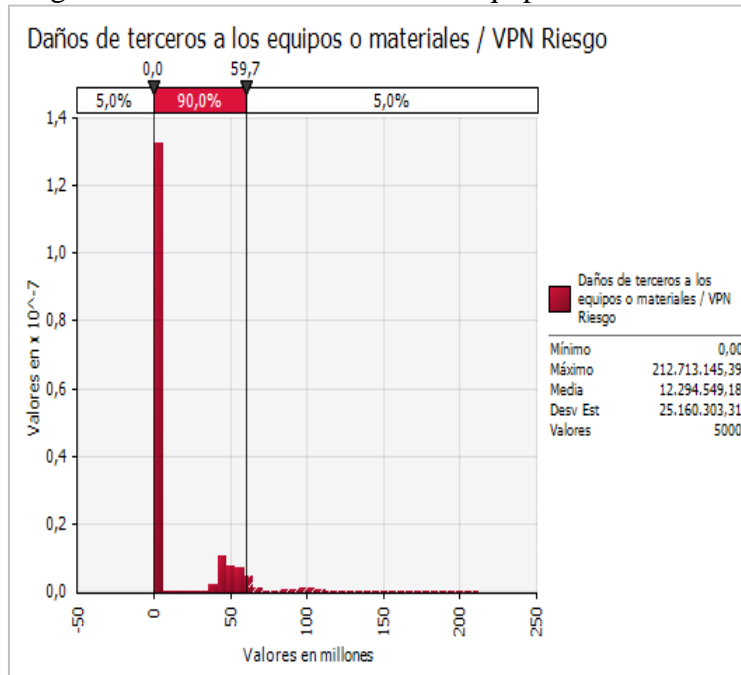
Figura 47. Baja productividad por días de baja intensidad solar.



Fuente: Elaboración propia.

**Daños de terceros a los equipos o materiales:** en la figura número 36 se puede evidenciar que el costo máximo por daños de terceros a los equipos o materiales se presenta por un valor de \$ 212.713.145,39, con una media de \$ 12.294.549,18 y una desviación estándar de \$ 25.160.303,31.

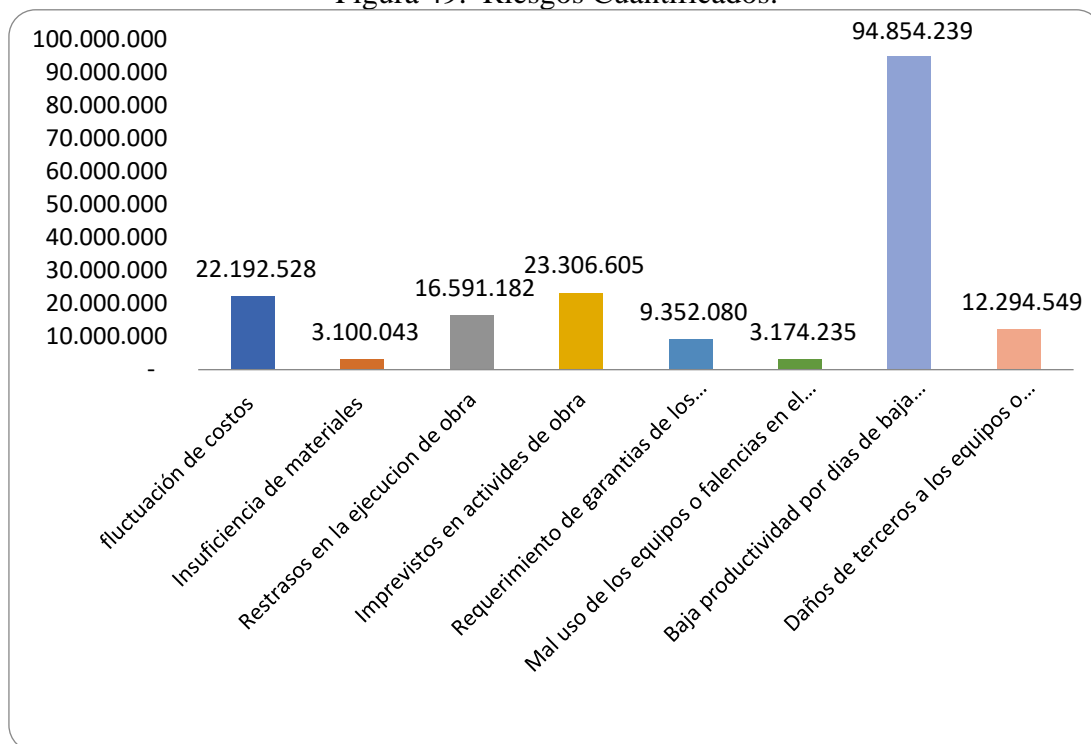
Figura 48. Daños de terceros a los equipos o materiales.



Fuente: Elaboración propia.

Según lo anteriormente descrito, y como se puede observar en la figura 37, de los riesgos cuantificados se puede observar que el mayor valor de riesgo que presenta el proyecto es baja productividad por días de baja intensidad solar presentado por un valor de \$ 94.854.239, y el menor valor de riesgo es insuficiencia de materiales por un valor de \$ 3.100.043.

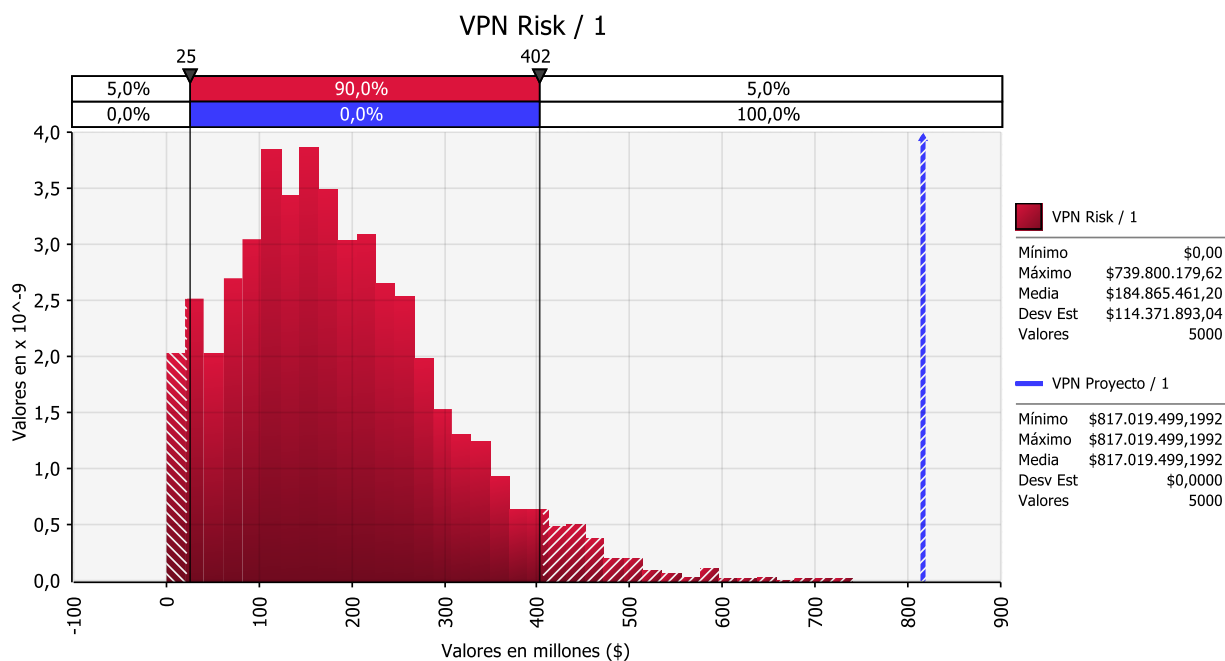
Figura 49. Riesgos Cuantificados.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 38, de la simulación en @risk corrida con 5.000 iteraciones para la estimación del proyecto, arrojó que el valor mínimo para el VPN de los riesgos es de \$ 0 y el valor máximo es \$ 739.800.179,62, con un valor medio de \$ 184.865.461,20. Mientras que para el proyecto el valor del VPN siendo mínimo, máximo y medio es de \$ 817.019.499,19. Lo anterior se logra determinar con una probabilidad del 90%.

Figura 50. VPN RISK



Fuente: Elaboración propia.

Así las cosas y una vez corrido el @RISK, se obtienen los siguientes resultados, la TIO para el proyecto es del 9%, según el VPN RISK es por \$ 63.272.505,43, el valor esperado del total de los riesgos es por \$ 184.865.461,2, y teniendo como base que el VPN del proyecto es por \$ 817.019.499,2, el valor obtenido del VPN del proyecto, menos el VPN de los riesgos es de \$ 632.154.038, obtenido así un VPN libre de riesgo con un 77,37%.

Tio	9,0%
VPN Risk	\$ 63.272.505,43
VERI (Valor esperado de los riesgos)	184.865.461,2
VPN Proyecto	\$ 817.019.499,20
VPN Real o de Evaluación	632.154.038
RRV (Relacion Riesgo VPN)	22,63%
VPN libre de Riesgo	77,37%
Prob (Risk >=VPN Proyecto)	0,00%

Tabla 19. Resultados de Riesgos VPN.

Fuente: Elaboración propia

*Gerencia de Proyectos-2021*

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los diferentes estudios realizados se logró evidenciar que el problema de investigación enfocado a la instalación de paneles solares fotovoltaicos cumple con los criterios de autosostenibilidad y viabilidad financiera, lo que lo convierte en un atractivo proyecto de inversión, principalmente debido al ahorro en el consumo energético que se obtiene luego de su implementación y que es cercano al 50;57%, reflejando así una considerable reducción en el costo de la facturación por mes de \$3'225.133.

Es posible evidenciar que, según la simulación realizada sobre los riesgos, el proyecto es viable dado que los valores obtenidos del VPN de los riesgos son menores que los valores totales del proyecto, obteniendo un VPN libre de riesgo con un 77,37%.

Dados los resultados obtenidos en cuanto a los riesgos, según la simulación realizada, el mayor riesgo que presenta el proyecto es baja productividad por días de baja intensidad solar, presentado por un valor de \$ 94.854.239, lo que indica, como primera medida que la ubicación de estos paneles solares es fundamental, y que se haga en una posición en la cual se tenga la mínima afectación de sombra posible, de igual manera, se debe realizar una limpieza constante de los mismos.

La viabilidad del estudio de implementación de soluciones fotovoltaicas responde de manera positiva ante de los retos y políticas encaminadas a incentivar la implementación con sistemas no convencionales de energía, que confirme el panorama alentador que la República de Colombia espera y estima para dar cobertura a la demanda energética a través de fuentes limpias y renovables.

De acuerdo con los resultados de la evaluación financiera, se analiza que el retorno de la inversión responderá de forma positiva y acelerada, observando que el retorno se tiene estimado para el año 6 con 11 meses, luego de su implementación y a partir de este período se ven reflejados beneficios económicos desde el año 7 hasta los 25 años; tiempo en que culmina el plazo de la garantía de los paneles. En ese sentido, se estima un periodo de 18 años en el que el sistema solar fotovoltaico arroja beneficios económicos.

Luego de realizada la evaluación financiera se puede deducir que el proyecto responde de forma positiva ante la viabilidad en materia financiera, debido a que la tasa interna de retorno incremental TIRI arroja un 14,8%, cifra-porcentaje que es superior a la tasa social de descuento del 9% EA, con la que fue analizado el proyecto.

Por medio del problema investigación adelantado se logra confirmar la gran ventaja competitiva que posee Colombia debido a su ubicación geográfica privilegiada y en este caso de gran peso estratégico para el tipo de proyecto a implementar, principalmente por encontrarse en zona tropical, lo que asegura un gran potencial de irradiación energética en un lapso de 5 a 6 horas diarias, específicamente para el eje cafetero como zona de influencia para el proyecto a implementar.

En cuanto al marco normativo, actualmente se cuentan con grandes beneficios de los que Colombia no tenía precedentes, ya que por medio de la ley 1715 de 2014, se incentiva de manera privilegiada el desarrollo de nuevas tecnologías y el uso de energías renovables no convencionales, generando un entorno de alivio económico para el desarrollo de pequeños y grandes proyectos basados en energías limpias.

Teniendo en cuenta la vida útil de los paneles solares, estimada para 25 años, asociada a la garantía entregada por los fabricantes, y según estudio técnico, se identifica que para el tipo de infraestructura y área disponible son requeridos 74 paneles solares con una potencia de 540W, con el fin de disponer de una efectiva implementación del sistema solar fotovoltaico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aburra, A. M. (2019). *Área Metropolitana Valle del Aburra*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/Energias-Renovables.aspx>
- Aburra, A. M. (s.f.). *Área Metropolitana Valle del Aburra*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/Energias-Renovables.aspx>
- Acciona. (2020a). *Acciona as unusual*. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- Acciona. (2020b). *Energías Renovables*. Obtenido de [https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894)
- Alcaldía de Chinchiná Caldas. (2020). *Plan de Desarrollo*. Obtenido de Alcaldía de Chinchiná Caldas: <http://www.chinchina-caldas.gov.co/>
- Aptus. (2019). *Curso para aprender a instalar paneles solares y térmicos*. Obtenido de <https://aptus.com.ar/curso-para-aprender-a-instalar-paneles-solares-y-termicos/>
- Autosolar. (2022). *Autosolar*. Obtenido de <https://autosolar.co/paneles-solares-24v>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson Educación.
- BID, B. I. (2019). *La matriz de Colombia se renueva*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>  
*Gerencia de Proyectos-2021*



<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/MGA/Tutoriales%20de%20funcionamiento/Manual%20conceptual.pdf>

DNP, D. n. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Departamento Nacional de planeación. Obtenido de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>.

DUITAMA, K. P. (08 de Octubre de 2021). En septiembre, 86,70% de la energía que se generó fue a través de recursos renovables. *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/en-septiembre-86-70-de-la-energia-que-se-genero-fue-a-traves-de-recursos-renovables-3244408>

Engi. (22 de Septiembre de 2020). *El verdadero Impacto Ambiental de los Paneles Solares*. Obtenido de engi: <https://engi.co/impacto-paneles-solares/>

Flores, R. C. (2018). *Energía solar en hogares y negocios*. Obtenido de: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2018000200151](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2018000200151)

Limpia, E. (2017). *Energía Limpia XXI*. Obtenido de <https://energialimpiaparatodos.com/2017/04/05/preguntas-claves-antes-de-instalar-panel-solar-en-casa/>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto 2143 del 4 de Noviembre de 2015. *Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energías, 3-4-5-6-7*. Colombia.

Murcia, H. R. (2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*.

Obtenido: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>

Planeación, D. D. (2015). *Manual conceptual de la Metodología General Ajustada (MGA)*.

Obtenido de:  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/MGA/Tutoriales%20de%20funcionamiento/Manual%20conceptual.pdf>

Presidencia de la República (2015). *Promoción, desarrollo y utilización de las fuentes no convencionales de energía - FNCE*. Decreto 2143 del 4 de noviembre de 2015, pp. 3, 4, 5, 6, 7.

Obtenido de  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=64682>

Procolombia. (21 de diciembre de 2018). *Procolombia*. Obtenido de  
[https://investincolombia.com.co/es/articulos-y-herramientas/articulos/colombia-y-su-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=876161ed9006c78f2667ce92c8e440c9a3f98bf3-1625435058-0-AQdIZebVIOJ0jMhj7ZTcsqOoQiHc61egwY4Q2LqVvaERwpRCT09J0b](https://investincolombia.com.co/es/articulos-y-herramientas/articulos/colombia-y-su-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables?__cf_chl_jschl_tk__=876161ed9006c78f2667ce92c8e440c9a3f98bf3-1625435058-0-AQdIZebVIOJ0jMhj7ZTcsqOoQiHc61egwY4Q2LqVvaERwpRCT09J0b)

Redevet. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica.

Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>

Sanabria, A. (s.f.). *Análisis costo/beneficio de la implementación de tecnologías de energía con paneles solares en la ESE Hospital San Cristóbal*. Obtenido

*Gerencia de Proyectos-2021*

de:<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14931/SanabriaOrozcoAndresFelipe2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Systems, C. P. (2021). *La Energía Solar en Colombia, Legislación*. Obtenido de <https://chintpowerlatinoamerica.com/blog/energia-solar/la-energia-solar-en-colombia-legislacion/>

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2017). Resolución 585 de 2017. *por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 162*. Obtenido de [http://www1.upme.gov.co/Normatividad/585\\_2017.pdf](http://www1.upme.gov.co/Normatividad/585_2017.pdf)

Unidad de Planeación Minero-Energética. (2022). *Plan de Acción Indicativo PROURE Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía*. Obtenido de [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento\\_PROURE\\_2022-2030\\_v4.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf)

UPME. (2015). *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario energetico 2050*. Obtenido de: [https://www1.upme.gov.co/Documents/PEN\\_IdearioEnergetico2050.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf)

UPME, U. D. (2021). Proyección de demanda energía eléctrica. Obtenido de: [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME\\_Proyeccion\\_Demanda\\_Energia\\_Junio\\_2021.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME_Proyeccion_Demanda_Energia_Junio_2021.pdf)

VALORA ANALITIK. (2020). Así fue demanda eléctrica en Colombia en relación con el PIB en primer trimestre: Asoenergía. <https://www.valoraanalitik.com/2020/06/02/asi-fue-demanda-electrica-de-colombia-en-relacion-con-el-pib-en-primer-trimestre-asoenergia/>